

ÉLÉMENTS  
D'HISTOLOGIE



~~BV-10~~

161.209

D<sup>r</sup> ED. RETTERER

DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PROFESSEUR AGRÉGÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

# ÉLÉMENTS D'HISTOLOGIE

STRUCTURE ET ÉVOLUTION  
DE LA MATIÈRE VIVANTE

Vivre, c'est se transformer



PAYOT, PARIS

106, BOULEVARD S<sup>t</sup>-GERMAIN

---

1924

Tous droits réservés.

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.  
*Copyright 1924, by Payot, Paris.*

## PRÉFACE

---

Tout être vivant débute à l'état d'un élément le plus souvent invisible à l'œil nu ; les organismes les plus immenses, tels que le chêne, l'éléphant ou la baleine ont pareille origine et ne sont, en somme, qu'une association ou un produit de ces petits éléments microscopiques qui ont reçu le nom de *cellules*<sup>1</sup>.

Plusieurs générations de travailleurs ont, depuis un siècle, consacré leur existence à cette étude en y appliquant les procédés les plus ingénieux et les verres grossissants les plus puissants pour surprendre le mode de multiplication et d'accroissement, ainsi que les changements de forme et de structure que les cellules subissent au cours de leur évolution et sous l'influence des facteurs internes ou externes. Faire connaître à tous, et surtout à ceux qui n'ont ni le loisir ni les moyens de faire ces études microscopiques, les résultats généraux de ce labeur séculaire, tel est le but de ce livre. Pour être compris de tous, nous avons banni toute érudition stérile de mots savants, tout étalage de conceptions hasardées.

Mais, en l'écrivant, nous n'avons pas uniquement songé à faire une œuvre de curiosité. Les cellules ou éléments vivants évoluent selon des lois déterminées.

En prenant connaissance des conditions dans lesquelles ils acquièrent leur plein développement et de celles où ils dépérissent, chacun saura éviter les actions qui dérangeront le cours normal des phénomènes vivants ; il tiendra l'équilibre entre les forces qui accroissent ou conservent et celles qui épuisent. Connaître les conditions d'existence et de durée est le meilleur moyen de vivre de la vie naturelle.

Pour étudier un être vivant, comme pour connaître un pays, il faut commencer par considérer sa forme, sa constitution et ses

1. La taille des cellules animales oscille entre 0<sup>mm</sup>, 01 et 0<sup>mm</sup>, 02.

rapports avec le reste du monde. On se convainc ainsi très vite que le Chêne a des instruments ou organes conformés différemment que ceux du Chien ou du Cheval. Le Chien lui-même possède des membres dont les divisions terminales diffèrent de celles du Cheval. Chez l'Oiseau, les membres antérieurs ou ailes se terminent encore d'une autre façon. Les parties solides des membres de ces divers animaux présentent des formes qui varient considérablement ; il en est de même des muscles et des nerfs qui les animent. Les premiers observateurs se sont appliqués à décrire ces ressemblances et ces différences apparentes et ont cherché à mettre en évidence le plan variable qui préside à la distribution des pièces squelettiques, des muscles, des vaisseaux et des nerfs. De cette façon, les anatomistes ont réussi à nous présenter un tableau détaillé des organes qui concourent à former la machine des animaux et celle de l'Homme en particulier. Pour les liquides de l'organisme, il en a été de même.

Quant à la matière qui constitue les organes des êtres vivants, on savait qu'après la mort elle retourne à l'état de poussière. Il fallait donc supposer qu'à l'état vivant, des principes particuliers venaient l'animer. Descartes admettait l'existence « d'esprits animaux » qui circulaient dans des nerfs et communiquaient la vie aux diverses parties du corps. Pour ce qui est de l'homme en particulier, l'âme gouvernait les esprits animaux au moyen de la glande pinéale.

Vint Bichat à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Au lieu de se contenter de l'énumération des organes et de leur description morphologique, Bichat porta son attention sur la nature des parties qui entrent dans la constitution de chaque organe. « Tous les animaux, écrivit-il, sont un assemblage de divers organes, qui, exécutant chacun une fonction, concourent, chacun à sa manière, à la conservation du tout. Ce sont autant de machines particulières dans la machine générale qui constitue l'individu. Or, ces machines particulières sont elles-mêmes formées par plusieurs tissus de nature très différente et qui forment véritablement les éléments de ces organes... L'anatomie a ses tissus simples, qui, par leurs combinaisons quatre à quatre, six à six, huit à huit, etc., forment les organes. »

Bichat distingue ainsi 21 tissus, tels que le *cellulaire*, le *nerveux*, le *musculaire*, le *cartilagineux*, l'*osseux*, etc. « L'estomac, par exemple, est composé de tissu séreux, musculaire organique, muqueux, et de plus de tous les tissus communs, comme de l'artériel, du veineux, etc., dont on peut faire abstraction. »

Pour connaître leurs propriétés, Bichat « a soumis chaque tissu à l'action du calorique, de l'air, de l'eau, des acides, des alcalis, des sels neutres, etc. La dessiccation, la putréfaction, la macération,

la coction, etc., ont altéré de diverses manières chaque sorte de tissus. »

C'est ainsi que Bichat créa l'anatomie *générale*, alors que jusqu'à lui on ne connaissait que l'anatomie *descriptive*.

Pour animer les tissus, il leur prêta des propriétés *vitales*.

« Les êtres vivants, dit en effet Bichat, sont pourvus, comme les corps inertes, de *gravité*, d'*élasticité*, d'*affinité*, etc., mais de plus, ils possèdent la *sensibilité* et la *contractilité*. » Le végétal est surtout pourvu de *sensibilité*, c'est-à-dire de la faculté de sentir l'« impression de fluides avec lesquels ses fibres sont en contact, et de réagir sur eux d'une manière insensible, pour en favoriser le cours ». Telle est la *sensibilité organique*. Ces deux propriétés (*sensibilité organique* et *contractilité organique*) « président, non seulement à la circulation végétale, qui répond à peu près à celle du système capillaire des animaux, mais encore aux sécrétions, aux exhalations des végétaux ». La *contractilité organique sensible* ou *irritabilité* prend un grand développement chez les animaux, surtout dans les classes supérieures où « la *sensibilité animale* et la *contractilité animale* se perfectionnent d'autant plus qu'on s'approche des quadrupèdes ». Opposant les propriétés (contractilité et sensibilité) des êtres vivants aux propriétés *physiques* des corps inertes, Bichat leur donne le nom de propriétés *vitales*. Poursuivant méthodiquement ces recherches, Bichat soumet tous les organes, tous les tissus à l'inspection pour noter leurs différences physiques (couleur, densité, résistance, etc.). De plus, il a eu recours à divers réactifs (calorique, air, eau, acides) pour savoir comment la dessiccation, la putréfaction, la macération, la coction agissent sur les uns et les autres. Par cette analyse, Bichat est ainsi arrivé à distinguer les 21 tissus différents (cellulaire ou conjonctif, nerveux, osseux, cartilagineux, fibreux, musculaire, etc.).

Les propriétés vitales siègent, d'après Bichat, essentiellement dans les solides; les phénomènes maladifs ne sont que des altérations des propriétés vitales. Cependant les fluides commencent à jouir de quelques rudiments de propriétés vitales, car ils sont les principes des solides. En étudiant, en effet, l'apparition des tissus dans le premier âge, Bichat constate qu'à l'origine tous les organes, tous les tissus sont représentés par une masse plus ou moins fluide, muqueuse et homogène en apparence. Elle devient plus dense, plus résistante à mesure qu'elle est pénétrée d'une substance nutritive propre. Ce sont les artères qui déposent cette dernière substance. Tous les organes se trouvent à l'origine dans un état *muqueux* qui peu à peu laisse distinguer les fibres propres de chaque tissu, de chaque organe.

Donc, pour Bichat, la matière vivante se distingue des corps bruts par ce fait, qu'outre les propriétés physiques, elle possède

des forces vitales (sensibilité et contractilité). Les lois qui régissent la matière vivante sont différentes de celles des corps bruts. La vie, c'est « l'ensemble des forces qui résistent à la mort ».

Bordeu et Bichat avaient vu que les organes vivants débutaient sous la forme d'une masse gélatineuse, à l'état muqueux. Un demi-siècle plus tard, Schwann (1838) soumit les tissus jeunes à l'examen microscopique et découvrit un fait considérable : tant qu'ils sont mous et gélatineux, végétaux et animaux sont entièrement composés de petites masses ou *cellules*, formant chacune une individualité distincte, une unité comparable à une cerise et comprenant un corps (chair) et un corpuscule central, mou, qui reçut le nom de *noyau*. C'est de ces cellules que dérivent les végétaux, les tubes ou vaisseaux, les fibres ou les cellules de l'adulte ; ce sont les cellules originelles du jeune animal qui donnent naissance aux fibres, aux masses gélatineuses ou dures, aux éléments qui entrent dans la constitution de tous les tissus, de tous les organes.

En un mot, Schwann a vu que, chez les végétaux et les animaux, tous les organes, tous les tissus apparaissent à l'état de petites masses ou cellules, atteignant un ou deux centièmes de millimètre. A force de se transformer, ces cellules produisent des êtres aussi complexes que le Chêne ou l'Homme.

Schwann et ses successeurs examinaient les tissus frais en en prenant des parcelles ou des lamelles qu'ils écrasaient pour les rendre plus transparentes ou bien en en dilacérant et dissociant les éléments qu'ils additionnaient d'une goutte d'acide, de potasse ou de glycérine. Ils confirmèrent les données de Bichat et montrèrent que chaque tissu est formé de cellules ou d'éléments de structure et de propriétés spéciales, souvent caractéristiques. Vers 1860, on découvrit un autre fait d'une grande portée : des tissus frais, plongés dans des liquides tels que l'alcool, le sublimé, etc., conservent la structure qu'ils avaient vivants et si l'on colore de minces lamelles ou fragments avec des colorants, tels que le carmin, l'hématoxyline, l'éosine, etc., etc., certains éléments de la cellule ou du tissu prennent *électivement* l'une ou l'autre couleur. Ces procédés plus perfectionnés permirent d'approfondir la structure cellulaire, de comparer entre elles les cellules aux divers états fonctionnels et d'établir la filiation des éléments au cours de l'évolution.

Par l'emploi de fixateurs plus précis, de colorants plus appropriés ou plus intenses, on a pu établir l'origine des cellules et leur filiation et montrer que toute cellule descend d'une cellule pré-existante. On a réussi de cette façon à approfondir la structure des cellules et des substances qui en dérivent. Mais il ne suffit pas de décrire les faits, de noter les apparences différentes que présentent les objets ; il faut remonter aux circonstances ou aux

causes qui font varier les dimensions, la structure, la consistance ou la durée des éléments. Au lieu de chercher à élucider les facteurs externes ou internes qui déterminent ces variations structurales et évolutives, on s'est complu à cumuler les faits descriptifs et à multiplier les noms. La nomenclature s'est compliquée de telle sorte que le même objet, le même élément est désigné par des noms multiples. Au lieu d'employer le mot *cellule*, il en est qui parlent de *protoblaste*, de *plastide*, etc.

Pour les premiers observateurs qui examinèrent au microscope les cellules sans y ajouter de réactifs coagulants ou colorants, les cellules apparaissaient chacune comme une vésicule contenant un noyau et remplie d'une masse fluide ou demi-fluide, à laquelle ils donnèrent le nom de *protoplasma* (*protos*, premier, *plasma*, ouvrage modelé). Vers 1880, on découvrit dans le protoplasma des granulations et des filaments (*paraplasma* ou *métaplasma*). Les granulations furent dites *microsomes* (*micron*, petit, *soma*, corps). La plupart considèrent le protoplasma fluide et amorphe comme essentiellement vivant, mais quelques-uns, avec Altmann, émirent l'opinion contraire : les granulations seules seraient vivantes ; d'où leur nom de *bioblastes* (*bios*, la vie). Vers 1900, on découvrit des granulations dans l'élément reproducteur mâle ou spermatozoïde et on les appela *mitochondries*, parce qu'elles sont rangées en séries ou filaments (*mitos*, filament ; *chondros*, grain). Les filaments eux-mêmes reçurent le nom de *chondriomites*. On retrouva les mitochondries et les chondriomites dans l'ovule, dans les cellules du jeune être en voie de développement. On tira de là les deux conclusions suivantes : lors de l'union du spermatozoïde et de l'ovule (condition *sine qua non* du développement d'un nouvel organisme), les mitochondries du père et celles de la mère se transmettent directement au jeune être qui recevrait de la sorte les propriétés ou qualités paternelles et maternelles. Les mitochondries représenteraient donc des particules ou éléments continus d'une génération à l'autre ; elles seraient immortelles. Ce n'est pas tout : les mitochondries seraient les agents de la formation des diverses espèces de tissus (musculaire, conjonctif, cartilagineux ou osseux). Ce seraient les *plastosomes* (*plastein*, modeler ; *soma*, corps). Il y aurait ainsi autant d'espèces différentes de mitochondries ou de plastosomes qu'il se développe de tissus particuliers. Or, jusqu'à présent, on n'a pas réussi à distinguer un plastosome conjonctif d'un plastosome musculaire ou cartilagineux ou osseux.

*Concluons.* Les granulations et les filaments qui existent dans le protoplasma non figuré sont réels ; mais nous ignorons leur rôle dans l'évolution et la vie des cellules et des tissus. Leur imposer des noms grecs et leur attribuer des propriétés supérieures au

point de vue formateur, c'est jeter un voile sur notre ignorance et émettre des hypothèses contraires à des faits qu'il est facile de contrôler par l'observation directe (voir plus loin).

Pour le moment, bornons-nous à dire que toutes ces distinctions, ces dénominations multiples ne nous apprennent pas grand'chose sur la matière vivante et jettent la confusion dans l'esprit.

Il en est de même des termes *exoplasma*, *endoplasma*, *plasmosomes*, *caryosomes* qui ne répondent qu'à des détails purement descriptifs.

Le globule rouge a reçu le nom d'*hématie* ; bien que dépourvue de noyau, l'hématie des Mammifères adultes, est appelée *érythrocyte*. La cellule d'où dérive l'hématie porte le nom d'*hématoblaste*, d'*érythroblaste*, de *normoblaste*, de *mégalo-blaste polychromatique* ou *orthochromatique*, de *normocyte*, de *poïkilocyte*, etc., etc.

On applique à un seul et même objet des noms multiples. Le prolongement le plus souvent unique qu'émet la cellule nerveuse, par exemple, pour former une fibre nerveuse, est désigné tantôt sous le nom de *prolongement de Deiters*, tantôt sous celui de *prolongement nerveux* tout court, tantôt sous celui de *cylindre-axe*, tantôt sous celui de *neurite*, tantôt sous celui de *axone*.

Donc multiplication de termes pour un seul et même objet et création de mots nouveaux pour des détails dont on ignore la signification.

C'est ainsi que l'histologie a fini par devenir une nomenclature aride et obscure qui dégoûte de la science.

Le protoplasma montre donc, outre les substances fluides ou amorphes, des granulations ou des filaments qui, dans chaque espèce de cellules, auraient des propriétés différentes. On est arrivé ainsi à établir la liste des *microsomes*, des *mitochondries*, des *chondriocotes*, des *tonofibrilles*, etc., dont la nature varierait selon l'espèce cellulaire. A chaque mitochondrie, à chaque chondriocote, on a attaché une nouvelle divinité. Au lieu de se simplifier, l'histologie est devenue un catalogue de mots grecs ou latins. A lire les traités d'histologie moderne, les professionnels du microscope désapprennent ce qu'ils savaient. Quant à ceux qui doivent l'apprendre, ils oublient les notions qu'ils avaient acquises en disséquant. Les exemples suivants sont instructifs. Je les emprunte à la pratique des examens.

Quelle est la couleur de la fibre nerveuse ? — Elle est noire. — Vous n'avez donc jamais vu de nerf radial ou sciatique ? — En anatomie le nerf est blanc, et, en histologie, il est noir. — Comment cela se fait-il ? ... Le malheureux étudiant n'en sait rien. A quoi peut lui servir la vue d'une fibre nerveuse, traitée par l'acide osmique, lorsqu'il ne comprend pas l'action de ce réactif sur les matières grasses ?

Quelle est la couleur des fibres et du tissu élastique ? — Il est noir violet. — Vous n'avez jamais disséqué un ligament jaune ou sectionné une aorte ? — Ces organes sont jaunes dans la salle de dissection et noirs en histologie. — Pourquoi ? ... Pas de réponse.

Quels sont les éléments qui caractérisent l'ovaire ? — C'est l'ovocyte, d'une part, l'ovule, de l'autre. — Qu'est-ce qui distingue l'ovule de l'ovocyte ? ... Et le pauvre étudiant s'évertue à trouver des caractères distinctifs de l'ovule et de l'ovocyte.

Pour les mêmes raisons, l'axone et le cylindre axe passent pour deux éléments distincts de la fibre nerveuse

Il est nécessaire que l'historiogiste cherche à établir dans ses recherches des distinctions entre les éléments qui évoluent et qui prennent au cours du développement des formes et une structure différentes. Mais à quoi peut servir à un étudiant qui n'a jamais fait une préparation de tissu nerveux qu'on lui énumère les *limitantes interne et externe* de l'épithélium qui constitue à l'origine la moelle épinière ? Ce *neuro-épithélium* montre des *cellules germinatives* et des *spongioblastes de 1<sup>re</sup> génération*, ces derniers élaborant un *neurosponge*. Les cellules *épendymaires* dérivent de ces premiers spongioblastes.

Les cellules *germinatives*, après s'être divisées nombre de fois, finissent par donner naissance aux cellules nerveuses proprement dites ou *neuroblastes* et aux *spongioblastes de la dernière génération* (névroglie proprement dite).

Il me serait facile d'allonger la liste de ces termes qui, je le répète, sont utiles pour le chercheur, mais qui ne peuvent que fausser l'esprit de l'étudiant et le dégoûter de l'histologie.

J'admets que ces mots barbares et incompréhensibles lui inspirent une grande admiration pour le savoir de ses maîtres.

Que les histologistes adoptent la langue d'Homère pour chanter les merveilles de l'organisation, c'est leur droit ; mais qu'ils sachent se borner, ne donnant qu'un nom à chaque objet et ne continuent pas à désigner un seul et même détail par de multiples mots différents.

Je prétends qu'il est possible et avantageux de faire comprendre à chacun, même s'il n'est pas histologiste, les résultats magnifiques que nous avons obtenus, grâce au microscope, dans l'étude de l'évolution et de la structure de la matière vivante. Pour cela, il faut sacrifier tous les détails dont la signification nous échappe et parler un langage simple et clair. Je sais bien que cette manie de multiplier les termes, de draper les objets d'un manteau grec a fait bien des ravages et continue à faire rage chez tous ceux qui veulent faire du neuf sans avoir découvert un fait nouveau.

Le fléau du néologisme a sévi en zoologie, comme aujourd'hui il continue de sévir en histologie. A la fin du xviii<sup>e</sup> siècle, Georges Cuvier, ayant égard à la forme, à l'organisation et à la nature des animaux qui peuplent la terre, les divisa en : 1<sup>o</sup> *Vertébrés*; 2<sup>o</sup> *Mollusques*; 3<sup>o</sup> *Articulés* et 4<sup>o</sup> *Rayonnés*. Bientôt ce langage parut trop simple, trop vulgaire : les Vertébrés devinrent les *Ostéozoaires*; les Mollusques, les *Malacozoaires*; les Rayonnés, les *Actinozoaires*. Les Mammifères furent appelés *Pilifères*, et furent subdivisés en *Célérigrades*, en *Gravigrades*, en *Onguigrades*, en *Subongulés*, etc.

Puis vinrent les *arctocéphales*, des *calocéphales*, des *chrysoclores*, des *dichobunes*, des *glossophages*, des *macroglosses*, des *oryctéropes*, etc.

Les poissons désignés sous des noms gracieux, tels qu'*aphyostomes*, *éleuthéronomes*, *syphonostomes*, *ophichthyoctes*, etc., se présentent dans le règne animal de Cuvier sous ceux de *acanthoptérygidus* à *pharynx labyrinthiforme*, de *plectognathes*, de *lophobranches*, de *malacoptérygiens subrachiens*, etc.

Les reptiles eurent aussi des noms très agréables, et parmi les jargonneurs les plus avancés, on cite l'auteur des *atryptodontopholidophides* et des *diadactylobatraciens*.

Les néologues scientifiques des temps modernes sont encore plus habiles que ceux du xix<sup>e</sup> siècle. Un seul exemple suffit. Il existe dans le sang et les tissus des éléments incolores, appelés *globules blancs* ou *leucocytes* (*leucos*, blanc; *cyté*, cellule).

Les uns ont un petit noyau de 0<sup>mm</sup>,005 en moyenne, bordé d'un liséré protoplasmique d'un demi-millimètre ou d'un millimètre. Ce sont là les *lymphocytes*, ainsi nommés parce qu'ils abondent dans la lymphe. D'autres leucocytes montrent un noyau analogue, constitué par une petite masse unique et compacte, mais entouré d'un corps ou protoplasma large, de sorte que le leucocyte atteint une taille de 0<sup>mm</sup>,015 à 0<sup>mm</sup>,025. On donne à cette seconde forme le nom de *leucocyte uninucléé*. D'autres leucocytes à corps cellulaire de 0<sup>mm</sup>,010 à 0<sup>mm</sup>,015 se distinguent par un noyau qui offre des étranglements ou des incisures; le noyau semble divisé en plusieurs petits noyaux : ce sont là les leucocytes *multinucléés*. Parmi ces derniers, les uns ont un corps protoplasmique chargé de granulations tantôt fines, tantôt grosses, les unes avides de colorants acides, les autres de colorants basiques ou neutres.

Enfin, il existe dans le sang des millions de corpuscules ou granulations incolores ne dépassant pas les dimensions de 0<sup>mm</sup>,001 à 0<sup>mm</sup>,002; ce sont les *plaquettes sanguines*.

Les divers leucocytes ont un corps nu, sans membrane et présentant souvent des contours déchiquetés attribués d'ordinaire à des prolongements dits amiboïdes qu'émettraient *volontairement*

ces éléments, tandis qu'à mon avis, ces prolongements résultent de la fonte des parties intermédiaires du corps cellulaire.

*En résumé*, les leucocytes se ramènent aux formes suivantes : 1° *lymphocytes* ; 2° *uninucléaires* ; 3° *multinucléaires*, à granulations soit fines ou grosses, avides de colorants acides, basiques ou neutres.

Au lieu de ces dénominations simples et claires, on trouve chez les auteurs la synonymie suivante :

*Amibocytes*. — Leucocytes à mouvements amiboïdes.

*Clasmatocytes*. — Leucocytes à réticulum ou à granulations.

*Hématoblastes*. — Granulations libres ou plaquettes sanguines.

*Globulins*. — 1<sup>re</sup> variété de leucocyte ; noyaux d'origine ; lymphocytes ; petits mononucléaires ; leucocytes jeunes ; leucoblastes ; microcytes.

*Lymphatique*. — Cellule lymphatique ou leucocyte en général.

*Lymphoblaste*. — Cellule originelle ou souche des lymphocytes.

*Lymphocyte*. — Lymphocyte leucocytoïde, leucocytoïde.

*Lymphogonie*. — Synonyme de lymphoblaste.

*Macrocytes*. — Grands uninucléaires, macrophages, leucocytes adultes ou vieux.

*Macrophages*. — Grands lymphocytes adultes.

*Microcytes*. — Globulins.

*Myélocytes*. — Leucocytes de la moelle osseuse, les uns manquant de granulations ou médullocelles ; ce sont les *myéloblastes* de certains auteurs ; les autres à granulations variées.

Cette liste est loin d'être complète, car elle ne parle ni de *promyélocytes*, ni des *pseudo-lymphocytes* ni d'une série d'autres formes intermédiaires.

A lire ce tableau, on croirait que les efforts des histologistes tendent non à guider et à instruire, mais à dérouter celui qui veut apprendre. Je le répète : un fait nouveau mérite d'être noté par un mot nouveau et les chercheurs en ont besoin pour distinguer les objets et pour marquer les étapes parcourues. Mais n'adoptons pas une langue inconnue pour exprimer nos idées et admirons la sagesse qui parlait par la bouche d'Etienne Geoffroy Saint-Hilaire<sup>1</sup>, quand, il y a un siècle, il disait à ses collègues du Jardin des Plantes : « Nous sommes ici pour enseigner au peuple, dans la langue qu'il parle, les choses qui peuvent lui être utiles. Nous ne devons pas oublier dans quel but a été institué cet établissement, et ce serait manquer à l'honneur, au devoir, à la raison que de suivre une voie qui nous rendrait méprisables et ridicules. La science gagne en grandeur en se vulgarisant. Toutes les plus hautes conceptions peuvent être

1. Voir S. de Gosse (Fréd. Gérard), *Histoire naturelle des professeurs du Jardin des plantes*, 1847, p. 19.

nettement exprimées dans notre langue et nous ne devons pas cacher sous un jargon prétentieux et inintelligible, la pauvreté de la science. Disons simplement, et en français, ce que nous savons et ne dissimulons pas notre ignorance. Une langue barbare n'est autre chose qu'un voile commode pour la médiocrité. »

Nous ne pouvons mieux faire que de suivre ces excellents conseils.

Soyons sobres dans la création et l'emploi d'expressions et de mots grecs ou latins et ne nous en servons que pour un objet ou un fait nouveau. Réagissons surtout contre la fâcheuse tendance à remplacer un terme déjà usité par un autre qui exprime à peu près la même chose.

---

## INTRODUCTION

---

A quoi servent l'histologie et l'histogénèse? Commençons par le côté pratique qu'envisagent seul le plus grand nombre des médecins.

Les renseignements que le microscope fournit à la clinique sont nombreux et bien connus : la numération des éléments figurés du sang, la richesse hémoglobique des hématies, les variations des leucocytes donnent des indications précises dans les affections du sang. L'étude des tissus altérés par la maladie n'est pas moins importante pour le médecin ; la composition et la structure d'un néoplasme sont des éléments précieux de diagnostic et de pronostic.

Pendant cet examen, pour être concluant, exige certaines précautions : il faut fixer les tissus encore vivants, c'est-à-dire frais, faire des sections minces et les colorer de façon précise. La comparaison de la forme, des granulations, des filaments et des masses amorphes qui constituent les éléments nous renseigne sur l'état et le stade évolutif des tissus et des organes.

En évoluant, la matière vivante subit des transformations de structure successives auxquelles sont intimement liées les manifestations phénoménales. Or, la structure et les phénomènes physiologiques changent avec les conditions dans lesquelles est placée la matière vivante. Si nous modifions ces conditions, nous trouverons qu'un seul et même élément acquiert et montre une structure différente. Par conséquent, la matière vivante et les formes organiques subissent sous l'influence des facteurs externes et internes, sous celle du milieu et de l'exercice, des transformations morphologiques et structurales, qui retentiront sur ses

fonctions. En admettant des *lois préétablies*, c'est-à-dire des formes organiques et un protoplasma invariables, on méconnaît cette influence que le milieu, les habitudes, l'exercice exercent sur la composition et la structure de la matière vivante. Il est facile de comprendre les raisons pour lesquelles les physiologistes nient ces transformations ; leurs expériences ont une durée trop courte (plusieurs minutes, quelques heures ou peu de jours), pour qu'elles impriment un changement morphologique ou structural appréciable. Il en est tout autrement des modifications que des habitudes ou un milieu séculaires ont produites sur les générations ayant vécu dans des conditions analogues. Sur certains tissus, tels que le cartilage et l'os, nous pouvons, comme nous le verrons, déterminer par l'expérimentation des changements de structure qui rappellent ceux que présentent ces parties dans la série animale. Le microscope permet de préciser le rôle des substances amorphes et figurées des éléments vivants. En ce qui concerne, par exemple, la fibre musculaire, il suffit de savoir si c'est la partie amorphe ou figurée qui joue le rôle actif dans la contraction. Comme nous le verrons, plus la contraction est énergique, plus la partie amorphe est abondante. C'est donc celle-ci qui est essentiellement contractile.

Le ganglion lymphatique est un amas d'éléments libres dans un réseau ou réticulum. Telle est l'image qu'on obtient après un examen superficiel d'un ganglion (dissociation ou coupes). On en a conclu que le ganglion lymphatique est un lieu de refuge pour le globule blanc, venu de plus loin et qui, après s'y être multiplié, fournit de nouvelles générations de globules blancs. Si l'on étudie, par contre, le ganglion lymphatique, dans des conditions bien déterminées (après la saignée, après la ligature des vaisseaux efférents), on ne tarde pas à s'apercevoir que le tissu primitif du ganglion est plein ; il n'y existe pas d'éléments libres ; ceux-ci (globules blancs), s'y forment par liquéfaction d'une partie du protoplasma et, une fois formés, ces éléments se transforment en globules rouges. Bien que le microscope ne nous montre que les apparences, la comparaison des formes différentes obtenues dans des conditions bien déterminées nous permet même d'établir les relations de cause à effet.

L'exemple suivant est démonstratif.

Au niveau des articulations de la main, par exemple, les tendons fléchisseurs et extenseurs présentent des épaississements connus sous le nom de *sésamoïdes*. Il y a des sésamoïdes dans la main humaine du côté de la flexion et du côté de l'extension. La plupart restent à l'état fibreux, d'autres sont fibro-cartilagineux, d'autres encore deviennent osseux. Tout histologiste qui sait distinguer une cellule conjonctive d'une cartilagineuse ou osseuse pourra aisément constater le fait. Alors se pose la question de savoir pour quelles raisons les uns deviennent fibreux ou cartilagineux, tandis que les autres sont toujours osseux.

Si l'on fait l'étude des mêmes articulations sur des mammifères qui font des mouvements différents des nôtres, on pourra aisément, à l'aide du microscope, résoudre le problème.

L'histologie à elle seule ne saurait par elle-même dévoiler tous les mystères de la nature. C'est un moyen précieux, indispensable, d'observation et de contrôle ; mais, s'il n'est pas précédé ou accompagné des résultats fournis par d'autres procédés d'investigation, il conduit à des conclusions erronées. Un seul exemple qui le démontre. Les chevaux de course héritent de leurs générateurs des propriétés squelettiques et musculaires que ne possèdent pas les autres races chevalines. Un jeune chien de chasse, élevé loin de ses parents, est dressé sans peine, en quelques séances, tandis que l'éducation d'un dogue ou d'un mâtin exigerait des mois et des années d'efforts.

Ces faits prouvent que les qualités des cellules nerveuses se transmettent des parents aux enfants. Or que prétendent les histologistes qui font abstraction de tous les enseignements étrangers à leur science ? Ils partagent les cellules du jeune être en corporelles (*soma*) et en sexuelles ou germinatives (*germen*). Les cellules *somatiques* seules subiraient l'influence du milieu extérieur tandis que les cellules *germinatives* conserveraient toujours les propriétés, les qualités ou les défauts des ancêtres.

L'expérience séculaire donne un démenti formel à ces théories fondées uniquement sur l'histologie.

Les cellules, l'une paternelle, l'autre maternelle, qui forment le jeune être, possèdent non seulement les propriétés des ancêtres éloignés, mais encore les qualités acquises par les générations intermédiaires, c'est-à-dire les parents directs. Le microscope est

impuissant à nous les déceler. Je doute même qu'un histologiste soit capable de distinguer un ovule de lapin de celui d'un chien. L'évolution seule nous rend compte des différences qui caractérisent l'un ou l'autre ovules.

Ce qui est commun à l'un et l'autre type et ce qui nous est décelé par le microscope, c'est le processus même du développement. La formation du jeune être n'est que la répétition du miracle bien connu de la multiplication des pains : c'est la division cellulaire. La cellule due à l'union de l'ovule et du spermatozoïde, se divise en deux, les deux cellules nouvelles font de même et ainsi de suite pour constituer un assemblage cellulaire dont les édifications aboutiront à la formation d'un être semblable aux parents. Mais à partir d'un certain stade, nombre de cellules prennent des caractères différents des autres et produisent des éléments de forme diverse.

On a l'habitude de dire que des cellules nées de l'ovule fécondé *se différencient* en éléments conjonctifs, cartilagineux, osseux, musculaires, nerveux, etc. C'est là une façon de parler qui cache notre ignorance ; il s'agit de déterminer les facteurs qui déterminent les cellules à devenir les unes conjonctives, les autres cartilagineuses, les autres osseuses, d'autres encore musculaires ou nerveuses.

Les glandes sécrètent des sucs, les uns acides (suc gastrique), les autres muqueux ou séreux (glandes salivaires), d'autres encore amers (foie) ; nous savons que ces sucs agissent tout différemment sur les aliments. Comment les cellules, les unes et les autres épithéliales de ces diverses glandes, acquièrent-elles la faculté d'élaborer des produits de sécrétion à propriétés si dissemblables ?

Les glandes génitales (testicules et ovaires) ne donnent pas uniquement l'élément qui perpétue l'espèce ; elles versent dans le sang un produit qui influence tout l'organisme. Même si l'on supprime, par la greffe du testicule ou de l'ovaire, le développement du spermatozoïde ou de l'ovule, ces deux glandes continuent à élaborer le produit de sécrétion interne. Par la ligature ou la résection des canaux excréteurs du testicule, on arrive à conserver l'une et l'autre fonction au testicule, mais les spermatozoïdes ainsi formés restent inclus dans les cellules qui les ont produites.

La connaissance de ces faits, le microscope seul est impuissant

à nous la donner ; il faut préalablement placer les organes dans des conditions anormales, mais bien déterminées, pour que l'examen microscopique, qui, nous montrant les différences structurales, puis évolutives des éléments, nous éclaire sur la signification de ces variations.

L'examen d'un seul stade, soit physiologique, soit expérimental, soit pathologique est insuffisant pour nous renseigner. La comparaison des structures différentes et la connaissance des conditions qui ont modifié les structures sont seules capables de jeter de la lumière sur le travail protoplasmique. Voilà pourquoi l'étude des préparations faites par d'autres sur les tissus dits normaux n'est qu'un trompe-l'œil. Il faudrait de toute nécessité placer, à côté de la préparation dite normale, une préparation faite sur le même organe ayant fonctionné dans des conditions différentes, mais bien déterminées.

La plus belle image dont les éléments sont teints de façon élective n'apprendra rien à qui n'a jamais fait une préparation ni coloré une cellule épithéliale ou cartilagineuse par le carmin ou l'éosine.

En un mot, il est inutile de parler technique à qui n'a jamais fait une préparation et de surcharger sa mémoire de mots qui n'ont aucun sens pour lui. Cependant il est indispensable que le futur praticien connaisse les lois évolutives de la matière vivante, l'influence des facteurs externes et internes sur la structure des éléments, car celle-ci conditionne le fonctionnement des tissus et des organes. Au lieu de l'empirisme qui préside le plus souvent au traitement, le médecin qui a connaissance des conditions qui maintiennent la structure et le fonctionnement physiologiques des tissus et des organes, saura prescrire un régime préservatif et peut-être curatif.

Telles sont les considérations et les réflexions qui m'ont engagé à présenter un tableau d'ensemble de l'évolution et de la structure de la matière vivante. Les nombreux mémoires que j'ai publiés sur la plupart des tissus et des organes permettront à chacun de remonter aux sources de mes opinions<sup>1</sup> et de lire les

1. J'ai passé quarante ans à observer et à expérimenter. J'ai publié les résultats : 1° dans le *Journal de l'Anatomie*, 1884 à 1914 ; 2° dans les *Comptes*

raisons pour lesquelles j'adopte telle théorie plutôt que telle autre. De tous les termes savants qui émaillent la littérature histologique, je n'ai retenu que les plus simples, les plus usités de façon à m'exprimer dans un langage compréhensible de tous et même de ceux qui ne sont point histologistes.

Il est bien entendu qu'en histologie comme dans toutes les sciences biologiques, il faut montrer la réalité. Mais cette réalité se présente sous des aspects, sous des faces si variables, que, pour les voir toutes, il faudrait un temps considérable et une technique que l'étudiant ne saurait acquérir avec les faibles moyens dont il dispose.

Comme nous l'avons déjà dit, les préparations toutes faites ne sauraient atteindre le but, parce qu'elles montrent une image dont l'étudiant ne saisit pas la signification. Il se perd au milieu des détails. Les plus belles préparations restent pour lui lettre morte, parce qu'il n'a pas manipulé lui-même la réalité et ignore les efforts qu'il a fallu à des générations de chercheurs pour la comprendre. Celui qui n'a pas passé des semaines et des mois dans un laboratoire d'histologie est incapable de lire un mémoire original et d'interpréter les figures qui cependant correspondent à la réalité.

Avouons également que toutes les reproductions des images les plus réelles sont toujours plus ou moins schématiques, car les colorants dits électifs ne mettent en relief que certains éléments et laissent tous les autres dans l'ombre. Pour connaître la réalité, nous sommes obligés de colorer plusieurs préparations du même objet de façons diverses et c'est en combinant les images ainsi obtenues que nous arrivons à nous faire une idée approximative des substances constituantes, c'est-à-dire de la réalité.

En passant plus de quarante ans à travailler matin et soir au laboratoire, j'ai examiné la plupart des organes et des tissus, soit sur mes propres préparations soit sur celles des autres. Mais pour connaître l'évolution d'un organe ou d'un tissu, il ne suffit pas de

*rendus de la Société de Biologie*, 1885 à 1922 ; 3° dans les *Comptes rendus de l'Association des Anatomistes*, 1899-1914 ; 4° dans la *Bibliographie anatomique* ; 5° dans les *Annales des Sciences naturelles*, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du cancer*, 1910 et 1914, et dans diverses autres revues. Les mémoires que j'ai publiés sur les dents ont paru en *Odontologie*, années 1919 à 1922 et dans la *Revue de Stomatologie*, 1921 et 1922.

voir une image ; il faut l'étudier à tous les stades évolutifs et comparer les variations de structure qu'il présente dans des conditions différentes de milieu ou de fonctionnement. Aussi en suis-je réduit, pour de nombreux tissus et organes, à m'en rapporter aux résultats généraux auxquels d'autres histologistes sont arrivés. Les figures *théoriques* ou *schémas* sont amplement suffisants pour comprendre leurs conclusions, puisque je ne puis ni les contrôler ni en faire la critique.

Il m'a été impossible de reproduire toutes les figures annexées à mes mémoires originaux. Je ne puis que résumer les faits dans une figure théorique ou schéma. Voilà pourquoi j'ai adopté surtout les dessins schématiques qui permettent de donner une idée claire de la structure de la matière vivante, de décrire les modifications et les transformations qu'elle subit sous l'influence des facteurs externes et internes.

Les professionnels de l'histologie ne manqueront pas de me reprocher d'être trop peu exact ; d'autres ne verront dans cette tentative que le côté théorique ou philosophique et prétendront que le médecin n'a pas besoin de rechercher ou de connaître le secret des choses. Tout en ne pouvant vérifier les résultats histologiques, le médecin ne saurait que tirer profit de la connaissance de l'évolution de la matière vivante et de celle des conditions qui modifient sa structure, et, par suite, son état normal.

Au point de vue de la connaissance pure, il est peu d'hommes qui soient de force à faire les calculs de Newton pour démontrer la gravitation universelle. Cependant nous en saisissons tous les lois. On m'objectera qu'il est indifférent au point de vue pratique de croire que le soleil tourne autour de la terre ou de savoir que c'est nous qui tournons autour de lui. Que nous restions en place ou que nous tournions, il importe de vivre et de durer. Or, pour durer, il faut bien se porter. La santé est le bien suprême. Jusqu'aujourd'hui c'est l'empirisme qui a été le plus souvent la base de toute hygiène. Mais comment en appliquer les principes, lorsqu'on ignore les lois de l'organisation et de l'évolution ? Si nous nous mettons en travers du mouvement évolutif, le courant nous emporte et nous submerge. Il ne nous reste que la seule ressource d'étudier minutieusement et scrupuleusement la matière vivante sous toutes ses faces, à en déterminer les conditions de

vitalité, ainsi que l'influence que les facteurs externes et internes exercent sur ses transformations et sa résistance.

C'est au prix de ces efforts et de ces acquisitions que nous saurons prévenir les défaillances et les altérations de la matière vivante, et, rétablir, au besoin, l'équilibre rompu. Un esprit averti est seul capable de prescrire et de faire observer les règles qui remettent l'organisme dans les conditions naturelles.

*En résumé*, nous possédons d'excellents livres d'histologie, mais ceux-ci sont faits pour les histologistes et pour ceux qui veulent devenir histologistes. Un étudiant sur cent apprend, à Paris du moins, à faire des préparations. Les autres voient et étudient des préparations toutes faites, ils voient la réalité, mais ignorant les procédés d'examen, ils n'y comprennent pas grand'chose. Il est inutile de donner des détails techniques à ceux qui ne les appliquent pas. La grande majorité des étudiants, futurs praticiens, sont réduits à connaître les lois d'évolution de la matière vivante, comme ils sont incapables de vérifier par eux-mêmes les expériences relatives à la biologie et à l'action des microbes.

Le médecin doit savoir qu'une seule cellule est l'origine de l'organisme le plus compliqué; de la division successive de cette cellule proviennent tous les éléments anatomiques.

Selon la place que les jeunes cellules occupent dans le corps en voie de développement, elles donnent naissance à des tissus et à des organes de fonctions différentes. *L'hérédité*, ainsi que les *facteurs internes* et *externes* impriment aux éléments une forme et des propriétés distinctes. Le secret de ces modifications gît, selon l'expression de Bichat, dans « la simplicité des causes réunies à la multiplicité des effets ».

Dans l'exposé de la structure, je ne retiendrai que les résultats acquis; j'emploierai des termes simples pour décrire les faits et je ne ferai qu'effleurer les détails dont la signification nous échappe actuellement.

*Au point de vue général*, l'histologie est, à l'heure qu'il est, en contradiction avec l'embryologie et l'anatomie comparée. Je ne connais pas un histologiste qui soit transformiste. Il existerait autant d'espèces cellulaires qu'il s'en produit lors de la différenciation des feuilletts blastodermiques.

Au cours de l'évolution individuelle, nulle cellule de l'orga-

nisme jeune ou adulte, ne se transformerait plus en une cellule d'une autre espèce. Mon regretté maître, Mathias-Duval, par exemple, était transformiste dans son enseignement à l'école d'anthropologie, mais est resté cuviériste dans ses publications originales. C'est que les histologistes, bornant leurs études aux grenouilles sortant des mêmes mares ou aux lapins provenant du même clapier, voyant les éléments évoluer identiquement chez toutes les grenouilles et tous les lapins, concluent à la fixité de l'espèce cellulaire.

L'expérimentation et l'histologie comparée m'ont convaincu du contraire. Un tendon qui glisse dans une atmosphère de tissu conjonctif lâche n'aura jamais que des cellules et des fibres conjonctives ou tendineuses. Mais qu'à la *traction*, il s'ajoute de la *pression*, les cellules conjonctives du tendon se transforment, dans les points où s'exerce la pression, en cellules cartilagineuses ou osseuses. Nous verrons qu'il en va de même dans tous les organes qui subissent de pareils changements, mis jusqu'à présent par les histologistes sur le compte des « substitutions et des remaniements ».

L'origine blastodermique des cellules est chose secondaire : le revêtement épithélial de la panse des Ruminants, quoique de provenance endodermique, se revêt d'une couche cornée comme celui de leur cavité buccale qui est d'origine ectodermique. Ici le facteur mécanique opère cette évolution spéciale.

Ces exemples prouvent que les conditions dans lesquelles fonctionne un organe modifient la structure et l'évolution de ses éléments.

« S'il n'existait point d'animaux, écrivait Buffon en 1753, la nature de l'homme serait encore plus incompréhensible. » C'est l'étude des organes et des cellules des animaux placés dans des conditions différentes des nôtres, qui nous explique notre organisation et notre évolution et jette du jour sur les propriétés de la matière vivante.

Tel est l'esprit qui a présidé à la rédaction de ce petit livre lequel ne sera ni une introduction à l'histogénèse ni une histophysiologie. J'ai tenté de présenter le tableau des progrès que nous devons aux études faites par l'expérimentation et vérifiées par le microscope. Ce tableau n'est pas historique; quant au progrès, il ne consiste pas, à mon avis du moins, dans la décou-

verte et l'énumération des particularités et des fins détails histologiques ; il me semble résulter de la connaissance des lois générales qui s'observent dans l'évolution de la matière vivante, selon la place qu'ont occupée les ancêtres et les parents directs sur l'échelle des êtres, ainsi que suivant le milieu et les conditions particulières dans lesquelles évolue l'organisme.

De pareilles notions instruiront, si je ne m'abuse, un tout chacun et seront de quelque utilité au médecin praticien, car elles pourront le guider dans le choix des règles à suivre pour entretenir ou faire rentrer les organes dans les conditions et la structure normales.

Je suis loin de me dissimuler les nombreuses lacunes qu'on ne tardera pas à trouver dans cet essai. Pour les combler, je compte moins sur mon propre savoir que sur la bienveillance et la science de mes collègues.

---

## CHAPITRE PREMIER

### CELLULE

A. FORME ET ASPECT. — En examinant au microscope des portions de végétaux plus ou moins altérées par la mort, les observateurs des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles les virent formées par une série de cavités séparées par des cloisons. L'ensemble rappelait l'aspect des alvéoles d'une ruche d'abeilles. Ils donnèrent aux cavités le nom de petites outres (utricules) ou de *cellules* ; ils supposèrent que leur intérieur était, sur l'être vivant, rempli par les fluides ou sucs vivants.

Ce n'est qu'au XIX<sup>e</sup> siècle qu'on découvrit le fait capital, à savoir que le contenu de la cavité, affectant la forme d'un globule ou d'une masse molle précède et produit les cloisons ou parois des utricules ou cellules. On ne continua pas moins à conserver le nom de *cellule* pour désigner la masse centrale et les cloisons. On ne tarda pas à découvrir, dans chaque cellule, une petite sphère, qui fut comparée au noyau d'une cerise et reçut le nom de *noyau*.

Notons tout de suite que le noyau mis en présence des matières colorantes, telles que le carmin, l'hématoxyline (principe colorant du bois de campêche), les attire avec plus d'énergie, c'est-à-dire qu'il se teint de façon plus intense que la partie environnante de la cellule. Cette dernière a reçu le nom de *corps cellulaire*, *cytoplasma* (κυττα, cavité) ou *protoplasma* tout court (*plasma*, plassein, former).

Pour se faire une première idée de la cellule et sa structure, il est nécessaire d'examiner quelques cellules empruntées à des tissus très simples et colorés préalablement.

La figure 1 représente la section de l'extrémité d'un doigt recou-

vert d'un épiderme épais (embryon de Porc). En 1 est une lamelle osseuse de la dernière phalange ; en 2, se trouve un tissu clair rempli de petites cellules et présentant une série de crêtes claires (papilles) dans l'intervalle desquelles pénètrent des prolongements (noirs) du revêtement cutané ou *épiderme* (3). Les éléments qui composent la portion superficielle de cet épiderme sont disposés les uns à côté des autres comme les pavés de la rue et, de plus,

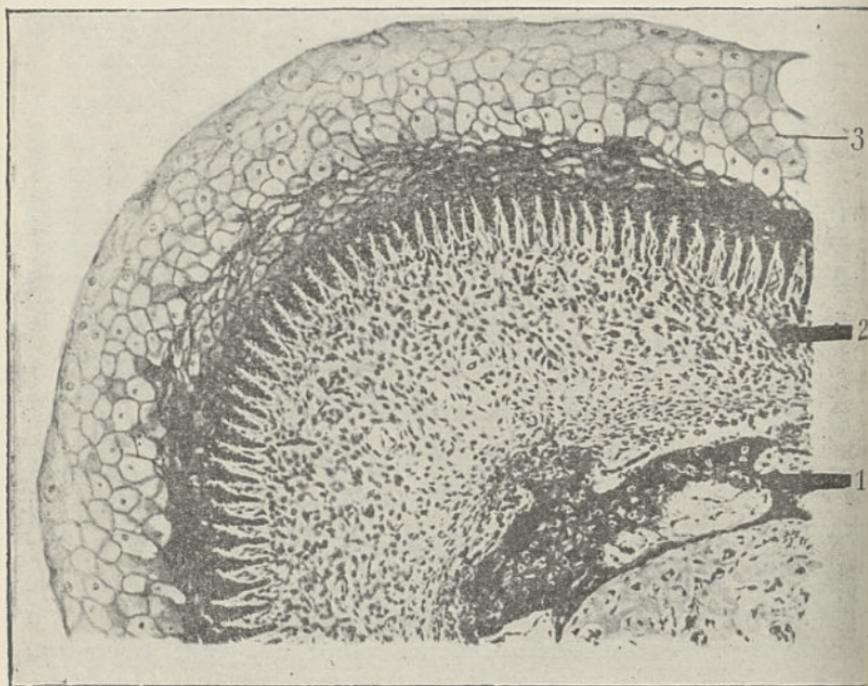


FIG. 1. — Microphotographie de l'extrémité du doigt d'un embryon de porc.  
1, os ; 2, tissu conjonctif du derme avec papilles ; 3, épiderme de l'onglon.

superposés en assises nombreuses. Chaque pavé représente une cellule, dite *épithéliale*, montrant un contour plus ou moins foncé, un corps cellulaire clair et un point sombre, central, le *noyau*.

A un grossissement très fort, les cellules épithéliales ou épidermiques de l'ongle se présentent telles que les montre la figure 2 : le noyau à peu près central est entouré d'un corps ou protoplasma clair, à peine sillonné par quelques stries sombres. Quant au contour sombre périphérique, il est séparé de celui des cellules voi-

sines par des lignes alternativement sombres et claires. Ces lignes portent le nom d'*espaces intercellulaires* (voir plus loin).

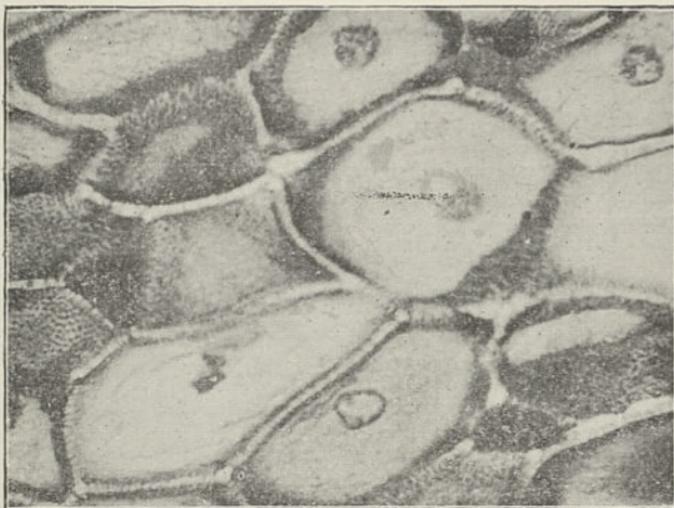


FIG. 2. — Cellules épithéliales de l'épiderme (onglon de porc) à un grossissement très fort (Imm. Stiasnie 1/15 ; Oc. 1).

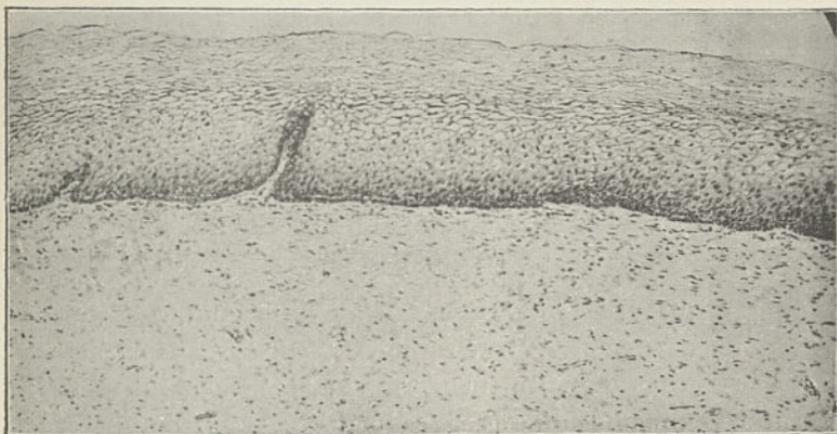


FIG. 3. — Epithélium pavimenteux stratifié du museau de tanche (femelle).

Les cellules qui constituent l'épiderme forment un tissu dit *épithélium pavimenteux stratifié*. Sauf quelques variantes, l'épiderme de la peau humaine possède des cellules de composition et de structure semblables.

Un autre exemple d'épithélium pavimenteux stratifié est représenté dans la figure 3, qui reproduit une coupe du museau de tanche (utérus de femelle); en haut, se trouvent les nombreuses assises épithéliales dont les superficielles sont aplaties; en bas, le derme ou chorion, formé de tissu conjonctif.

Au lieu d'être polyédriques et superposées en plusieurs assises, les cellules épithéliales sont, dans d'autres organes, prismatiques ou cylindriques et ne forment qu'une rangée unique (fig. 4 et 5).

La figure 4 représente le revêtement épithélial de l'intestin d'un triton : la partie centrale claire, parsemée de noyaux sombres, est



FIG. 4. — Villosité intestinale de Triton (Obj. 5 de Stiasnie; Oc. 1).

le chorion vasculaire (voir *tissu conjonctif*). Sa surface est recouverte d'une rangée de hautes cellules : leur base, adhérente au chorion, est occupée par un noyau sombre (fortement coloré); quant à l'extrémité libre de la cellule, elle est granuleuse et se termine par un plateau sur la plupart d'entre elles, tandis que sur d'autres, elle est occupée par une masse claire dite *mucus*. L'intestin du triton, comme celui des mammifères, est revêtu, en dedans, d'un *épithélium cylindrique simple*.

La figure 5 représente une coupe de l'œsophage du triton qui est recouvert encore d'un *épithélium cylindrique* semé de cellules

muqueuses. De plus, l'extrémité libre des cellules épithéliales est surmontée de prolongements très courts rappelant les poils d'une brosse. Ces prolongements portent le nom de *cils vibratiles*, parce que sur le vivant, ils exécutent constamment un mouvement de va-et-vient, s'abaissant et se relevant avec une régularité parfaite.

Citons encore d'autres exemples de *cellules*. Les figures 6 et 7 représentent des coupes de cartilage hyalin à des grossissements différents. Les cellules sont ici la plupart distantes les unes des



FIG. 5. — Coupe transversale de l'œsophage du triton.

autres et séparées par une masse qui est transparente et hyaline sur le cartilage frais, mais qui a été colorée en noir. Il existe donc entre les cellules, non pas des espaces intercellulaires comme dans l'épithélium, mais une masse intercellulaire ferme, dite *substance fondamentale ou intercellulaire*. Quant aux cellules elles-mêmes, elles sont comme situées dans des logettes ou cavités limitées par une membrane à double contour ou capsule. Toutes ces cellules ont un noyau, mais la coupe ayant porté sur la périphérie de

quelques-unes, le noyau n'y est point visible. Comme dans l'épithélium, le noyau s'est teint de façon intense; d'où son aspect sombre sur la microphotographie. Le protoplasma ou corps cellulaire se présente sous l'aspect d'un réseau sombre dont les mailles sont occupées par une substance claire. Les filaments du réseau semblent eux-mêmes constitués par des granulations rangées en série, tandis que la masse claire qui en remplit les intervalles ou mailles, est homogène, sans structure.



FIG. 6. — Cartilage hyalin.

Toutes les figures que nous venons de décrire représentent la réalité; mais pour rendre évidents les détails, on a dû *fixer*, c'est-à-dire plonger les tissus frais dans un réactif (alcool, solution de sublimé, etc.) et colorer les éléments par des colorants, tels que l'hématoxyline. Ces colorants se portant avec plus d'intensité sur les filaments ou les granulations des cellules que sur la masse hyaline ou amorphe, mettent en évidence des détails de structure qu'on ne peut observer sur les tissus frais.

L'inspection de ces figures prouve donc que les tissus sont formés d'*individualités* ou *cellules* qui sont structurées, c'est-à-dire

composées de substances de caractères différents. Dans certains tissus, ces cellules sont superposées et juxtaposées sans qu'on distingue dans leurs intervalles une substance abondante ; dans d'autres, au contraire, les intervalles cellulaires sont occupés par une substance intercellulaire dont la masse l'emporte sur l'ensemble des cellules.



FIG. 7. — Cartilage hyalin (à un grossissement fort).

B. COMPOSITION. — Si l'on dessèche en chauffant à 100 ou 110° des êtres ou des tissus vivants, on arrive à les réduire en une masse analogue à du blanc d'œuf desséché et contenant toujours de l'azote.

C'est là ce qu'on appelle une matière albuminoïde (*albumen*, blanc d'œuf) contenant, comme le montre l'analyse, environ 18 pour 100 d'azote, 50 pour 100 de carbone, 7 pour 100 d'hydrogène, 20 pour 100 d'oxygène, 1 pour 100 de soufre, des traces de phosphore et d'éléments minéraux.

Il n'existe pas d'êtres vivants dont le corps soit dépourvu de matières albuminoïdes ; autrement dit, la vie est incarnée dans les matières albuminoïdes. Comme tous les végétaux et tous les ani-

maux descendent d'êtres ou de parents semblables, il est facile de remonter à l'origine cellulaire des êtres actuels. Mais d'où vient la première cellule? Comment a pris naissance la matière organisée, le premier protoplasma? Nous l'ignorons totalement. Ceux qui admettent qu'une puissance supérieure l'a créé de toutes pièces, émettent une hypothèse que nous ne pouvons pas vérifier, pas plus que celle avancée par d'autres qui supposent que le premier protoplasma s'est formé, par génération spontanée, au fond de l'Océan ou au sommet des montagnes.

C. STRUCTURE. — Si l'on examine une cellule au microscope, lorsqu'elle est vivante ou dans un fluide transparent, on n'aperçoit le plus souvent qu'une petite masse fluide contenant de fines granulations ou quelques filaments des plus déliés. Qu'on plonge préalablement la cellule dans l'alcool pour en conserver et fixer tous les éléments, qu'ensuite on la colore avec le carmin ou d'autres colorants, il sera facile de voir dans le protoplasma (noyau et corps cellulaire), deux parties teintées avec une intensité très différente : comme le montrent les figures 6 et 7, qui représentent des photographies de cartilage hyalin, les noyaux figurent des taches sombres formant un bloc à peine marqué de quelques points clairs. Nous y reviendrons plus loin.

Quant au corps cellulaire ou protoplasma proprement dit, il se présente comme un fin réseau sombre dans les mailles duquel se trouve une substance claire.

Des noms multiples ont été donnés à ces deux parties, l'une figurée, l'autre amorphe : nous désignerons la partie figurée sous le nom de *réseau* ou *réticulum*, et, la substance amorphe, sous celui d'*hyaloplasma* (*hyalos*, transparent; *plasséin*, former). La question qui se pose immédiatement est la suivante : de l'*hyaloplasma* ou du *réticulum* quel est celui qui apparaît le premier, ou bien les deux préexistent-ils dans le protoplasma? Si l'on observe des cellules jeunes, provenant d'une cellule qui vient de se diviser (fig. 8), les deux noyaux qui résultent de la division d'un seul noyau, sont entourés chacun d'*hyaloplasma* (fig. 8, A) et ce n'est qu'ultérieurement que le *réticulum* se forme dans le milieu du protoplasma qui sépare les deux noyaux (fig. 8, B). Le *réticulum* est donc de date plus récente que l'*hyaloplasma* qui, en devenant plus dense, pro-

duit des granulations se rangeant en série et donnant naissance à des filaments réticulés.

Quant au *noyau*, il a une structure identique, avec un réticulum plus abondant et plus serré. D'après les nuances de coloration, on a distingué dans le noyau : 1° des filaments sur lesquels sont disposées des granulations ; 2° un corpuscule qu'on a appelé *nucléole* (*nucléolus*, noyau du noyau) ; 3° une masse fluide ou *nucléoplasmâ*.

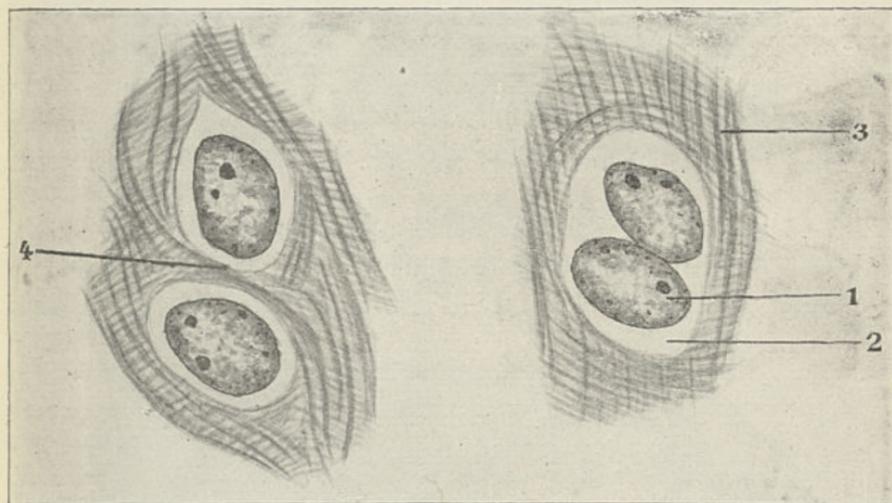


FIG. 8. — Cellules épithéliales jeunes résultant de la division d'une cellule épithéliale.

A. 1, noyau ; 2, protoplasma homogène ou hyaloplasma ; 3, protoplasma figuré ou réticulé. — B. 4, cloison de protoplasma figuré qui s'est développé aux dépens de l'hyaloplasma.

Les granulations, surtout quand elles sont rangées en série, forment une charpente très avide de matières colorantes ; de là le nom de *chromatine* (*chroma*, couleur) donné à la substance qui les constitue.

D. MULTIPLICATION CELLULAIRE. — a. — *Division indirecte*. La multiplication des cellules, c'est-à-dire la formation d'unités ou d'individualités nouvelles est le caractère distinctif de la matière et des êtres vivants. Comment une cellule peut-elle donner naissance à des cellules plus ou moins semblables à elles-mêmes ?

L'étude des tissus en voie de croissance active nous renseigne à cet égard. Les figures 9 et 10 représentent des coupes fines colorées d'une façon intense de racines de jeune jacinthe : le

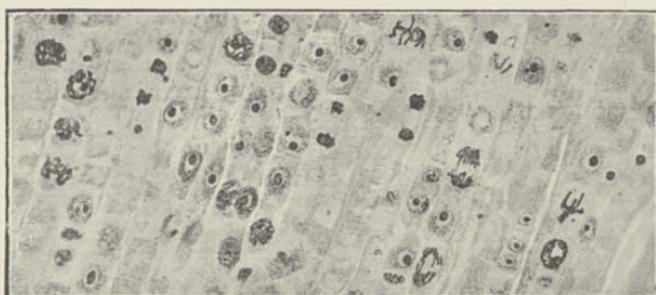


FIG. 9. — Coupe d'une racine de Jacinthe.

tissu est formé, à cet âge, de cellules de  $0^{\text{mm}},01$  environ, un peu plus allongées dans l'axe de la racine que transversalement ; les cellules sont constituées chacune par un corps cellulaire et un

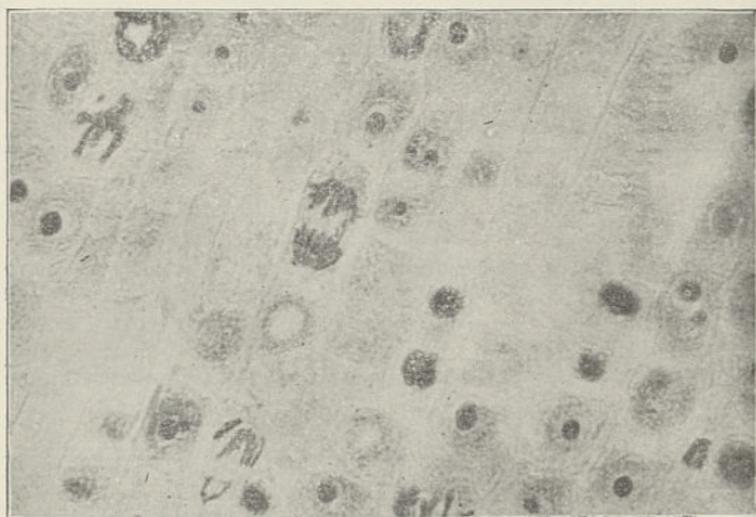


FIG. 10. — Même coupe à un grossissement plus fort.

noyau, ce dernier plus sombre parce que le réticulum y est plus abondant et plus serré que dans le corps cellulaire. Les cellules sont réunies entre elles et séparées les unes des autres par des cloi-

sons transparentes d'une substance, dite *cellulose*, uniquement constituée par un hydrate de carbone ( $\text{H}^{\text{eau}}_2\text{O} + \text{C}^{\text{carbone}}$ ).

Ces cloisons sont regardées comme une membrane ou une coque enveloppant le corps cellulaire.

Si certaines cellules semblent manquer de noyau, c'est que la coupe passe en deçà ou au delà du noyau qui a été détaché. Parmi les noyaux les uns se présentent sous la forme d'un bloc ou d'un grain noir ; ce sont des noyaux *au repos*, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas en voie de division.

D'autres montrent les filaments du réticulum épaissis et disposés de façon à figurer une rosette, comme s'il s'était pelotonné autour du centre du noyau. C'est là le début de la division ou le stade de la *rosette* ou de l'*étoile nucléaire* (*nucléus*, noyau). Remarquons de plus que plusieurs noyaux de ce stade montrent des filaments indépendants comme si les filaments du réseau primitif s'étaient coupés en *tronçons* ou *anses*. D'abord très épaisses, ces anses se dédoublent en long (fig. 11), c'est-à-dire que chaque anse se fend en long pour donner naissance à deux anses filles.

Lorsque ces phénomènes de sectionnement en travers, puis de dédoublement en long sont effectués, les anses s'orientent de telle sorte que le sommet des anses dédoublées regarde en haut (vers l'extrémité supérieure de la cellule), tandis que le sommet des anses de l'autre moitié se tourne en bas (vers l'extrémité inférieure de la cellule). Ainsi disposées, les anses des deux moitiés du noyau figurent une *double étoile*, ou plutôt *une étoile en voie de dédoublement*.

Chaque moitié de cette étoile contient par conséquent la moitié des filaments du réseau ou anses, et la moitié de l'hyaloplasma. Reculant davantage vers l'extrémité correspondante de la cellule, chaque moitié du noyau représentera un nouveau noyau qui s'accroîtra et se séparera de l'autre jeune noyau par un protoplasma que ne tardera pas à diviser une nouvelle cloison cellulosique. Une seule et même préparation montre des images qui figurent chacune des phases que nous venons de décrire. Le fait capital qui ressort de cette étude, c'est que les deux jeunes noyaux sont dus à la division d'un noyau unique, et, le mode de cette division a pour résultat de répartir la substance du noyau (réticulum et hya-

loplasma) en deux moitiés égales et équivalentes. Ensuite, quand il se sera formé un nouveau corps cellulaire autour de chacun des noyaux, deux cellules existent à la place d'une seule cellule.

Tels sont les phénomènes les plus apparents de la division cellulaire chez les Végétaux en voie de croissance. Le fait qui frappe le plus, ce sont les modifications que subit la chromatine du noyau et qui permettent de suivre sa répartition dans les deux jeunes noyaux. Mais l'analyse des phénomènes montre qu'outre la chromatine, le plasma du noyau, le cytoplasma ou corps cellulaire sont eux-mêmes le siège de changements considérables.

Les dessins de la figure 11 qui se rapportent à une cellule animale dépourvue de membrane cellulaire permettent de suivre les modifications et du corps cellulaire et du noyau. Remarquons d'abord, dans le cytoplasma (fig. 11, a), la présence d'une sphère minuscule, claire et souvent réticulée qui contient un corpuscule d'une finesse extrême, le *corpuscule central*. Au début de la division, le corpuscule central se divise et les deux nouveaux corpuscules (fig. 11, b) se dirigent chacun vers l'un des pôles opposés de la cellule. Tout en s'écartant l'un de l'autre, ils continuent à être reliés par des filaments dont l'ensemble figure un fuseau peu colorable ou achromatique (fig. 11, c).

Le noyau de la cellule qui va se diviser (fig. 11, a) commence par présenter la chromatine sous la forme d'un cordon formant un peloton chromatique. En même temps, le nucléoplasma augmente. A mesure que le nucléoplasma devient plus abondant, le peloton se fragmente, c'est-à-dire qu'il se coupe en une série de tronçons ou anses qui sont les mêmes pour la même espèce animale (24 chez la Salamandre et probablement chez l'Homme).

Pour ne pas compliquer la figure nous n'en représenterons que 4. Ces anses grossissent et se disposent sur le ventre enflé du fuseau achromatique (fig. 11, b et c). L'angle de l'anse chromatique semble adhérer à un filament achromatique et l'ensemble de ces anses figure une couronne disposée au ventre renflé ou équateur de la cellule.

Cette couronne équatoriale ne tarde pas à montrer un phénomène des plus curieux : au lieu de 4 (24) anses chromatiques, on en compte bientôt 8 (48). Cette multiplication des anses est due à la scission longitudinale de chacune des anses primitives, c'est-

à-dire à son *dédoublement*. Une fois que l'anse mère s'est dédoublée, l'une des anses filles émigre vers le pôle supérieur de la cellule, et, l'autre vers le pôle inférieur (fig. 11, *e*).

A la couronne ou étoile équatoriale unique succède une double étoile dont chacune occupe l'un des pôles de la cellule (fig. 11, *e*). Ensuite les anses de chaque étoile se rapprochent l'une de l'autre

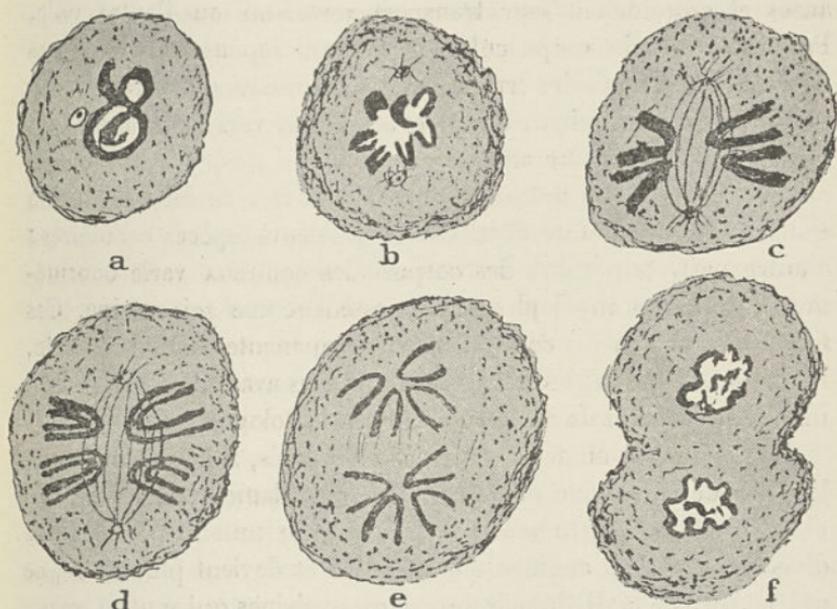


FIG. 11. — Division cellulaire, dite indirecte ou mitotique.

*a*, Début de la division, caractérisée par la formation d'un peloton chromatique avec la sphère à gauche ; *b*, le peloton est divisé en segments et la sphère unique s'est divisée en deux sphères occupant chacune l'un des pôles opposés de la cellule ; *c*, fuseau achromatique et segments chromatiques rangés à l'équateur de la cellule ; *d*, dédoublement en long de chacun des segments chromatiques ; *e*, les segments fils ont gagné moitié par moitié les pôles opposés de la cellule ; *f*, les segments chromatiques reforment, en se mettant bout à bout, un réticulum chromatique ; le fuseau achromatique a disparu et le corps cellulaire s'étrangle par le milieu pour individualiser les deux jeunes cellules.

et se fusionnent en un cordon ou peloton unique (fig. 11, *f*) qui finira par former le réseau ou réticulum chromatique du noyau fils au repos. Enfin, le protoplasma se groupera par moitié autour de chaque noyau fils, et, c'est ainsi qu'une cellule mère a donné naissance à deux cellules filles.

Nous devons nous demander quelles sont les forces ou agents

qui dirigent tous ces mouvements et du corps cellulaire et du noyau? Quelle est, en un mot, la cause de la division cellulaire?

Les anses ou segments chromatiques allant se placer d'abord à la surface du ventre du fuseau achromatique, on a pensé, qu'au *début* de la division, le corpuscule central repoussait les segments chromatiques, tandis que plus tard le corpuscule central et la sphère qui le contient exerçaient une véritable attraction sur ces anses et entraînaient leur transport vers l'un ou l'autre pôle. Pour d'autres, le corpuscule central seul repousserait les anses chromatiques, mais les irradiations ou filaments du fuseau achromatique les attireraient, en se contractant, vers la sphère qui a reçu le nom de sphère attractive.

En somme, nous ne connaissons pas le rôle de cette formation qui n'a pu encore être décelée dans plusieurs espèces cellulaires; d'autre part, le nombre des corpuscules centraux varie énormément; certaines myéloplaxes en possèdent une soixantaine. Ces formations n'étant ni constantes, ni permanentes dans la cellule, il convient d'attendre de nouvelles lumières avant d'en parler dans un exposé général de nos connaissances histologiques.

Si nous nous en tenons aux faits observés, il nous semble que la cause de la division mitotique (*mitosis*, filament) doit être cherchée dans un apport abondant de matériaux nutritifs. Avant de se diviser, la cellule augmente de volume et devient plus claire, ce qui permet de la distinguer des cellules voisines qui sont au repos. Pour produire dans les tissus de nombreuses divisions, il suffit de faire jeûner un triton pendant plusieurs jours, puis de le nourrir copieusement en lui servant de nombreuses larves: sous l'influence de cette alimentation surabondante, un grand nombre de cellules épithéliales se mettent à se diviser.

Pour quelle raison le peloton chromatique se coupe-t-il en travers? Comment se fait-il que les segments, anses ou bâtonnets chromatiques se fendent ensuite, en long, c'est-à-dire qu'ils se dédoublent? Quelle est la force qui pousse les anses vers l'équateur de l'œuf d'abord, puis la moitié d'entre eux vers l'un des pôles et l'autre moitié vers l'autre pôle?

Quelle qu'en soit la cause, le noyau et la cellule s'agrandissent au début de la division, à partir du centre, et se renflent au niveau de l'équateur. Plus tard, il y a allongement du côté de chacun des

pôles cellulaires. Il se forme, vers le centre du noyau et de la cellule un nouveau protoplasma clair qui repousse l'ancien protoplasma vers la périphérie. Le fait est patent, car toute limite entre le noyau et le corps cellulaire disparaît. Je me demande même si l'ancien protoplasma qui est structuré et filamenteux ne donne pas lieu, quand il est refoulé à la surface, à l'image du fuseau achromatique. Il me paraît infiniment probable que le filament chromatique lui-même se coupe, puis se dédouble sous l'influence de cette poussée. C'est cette même poussée qui rassemble d'abord les anses chromatiques du côté de l'équateur et ensuite les répartit autour de l'un ou l'autre pôle.

L'examen de deux jeunes cellules issues de la division d'une cellule mère démontre la réalité de ces assertions (fig. 8). Le protoplasma qui entoure immédiatement le noyau, la portion périnucléaire de la cellule est claire, c'est-à-dire constituée par de l'hyaloplasma, alors que la portion périphérique ou corticale est réticulée. Ultérieurement la portion périnucléaire deviendra également réticulée, grâce au développement des éléments figurés.

*b. — Division directe ou amitotique.* — Si l'on examine certains éléments, tels que les globules blancs (voir p. 185) dans leur milieu naturel, la lymphe, par exemple, on voit le globule blanc changer de configuration : il apparaît à sa périphérie des saillies ou expansions ; enfin le globule blanc s'étire. Le noyau fait de même, de sorte que le globule blanc se présente à un moment donné comme formé de deux moitiés réunies par un pont étroit ou filament qui s'amincit et finit par se rompre. Il en résulte deux petites cellules, chacune munie d'une moitié de corps cellulaire primitif et d'une moitié du noyau primitif.

Notons expressément que la masse réunie des deux cellules-filles n'atteint jamais le volume de la cellule-mère. Ce fait indique que le corps cellulaire a disparu en partie par fonte. Le globule blanc s'hydrate, gonfle, change de forme ; de là les lobes et les expansions qui se produisent. Enfin une portion du protoplasma se dissolvant, la cellule primitive se trouve coupée en deux. Il ne s'agit pas dans ce cas (division directe) de la multiplication d'une cellule aboutissant à la formation de deux cellules actives et vivantes : la division directe est un phénomène de mortification.

Jamais d'ailleurs on n'a réussi à produire à l'aide de globules blancs des éléments ou des tissus jeunes. Le globule blanc sur lequel on a surtout étudié la division directe, n'est qu'une cellule tronquée, usée et vieillie, en voie de régression.

Donc, en ce qui concerne le globule blanc, il ne me paraît pas que sa division sans image mitotique aboutisse au développement de deux cellules vivaces et durables. Cependant nous voyons des cellules se diviser, sans qu'il se produise une image mitotique, et, l'une d'elles au moins, sinon les deux, continuent à s'accroître et à durer pour finir par se diviser comme la cellule-mère.

Pour fixer les idées, voyons ce qui se passe dans les cellules épithéliales des glandes.

Lorsque les glandes préparent lentement leurs produits de sécrétion, l'épithélium sécréteur présente les mêmes phénomènes évolutifs que celui des assises profondes des épithéliums de revêtement. Le meilleur exemple à citer est celui des glandes sébacées. L'assise profonde des culs-de-sac glandulaires se divise en offrant des images typiques de division indirecte. Les cellules qui prennent ainsi naissance refoulent vers le centre du cul-de-sac les cellules plus anciennes qui élaborent de la graisse et finissent par éclater pour produire le *sébum* (voir p. 113).

Dans la plupart des autres glandes, on ignore le mode de multiplication de la cellule épithéliale qui revêt les tubes glandulaires. Et cependant ces cellules se divisent et se reproduisent. Cela tient-il à la rapidité avec laquelle se fait la division ou bien à la rareté de la masse chromatique ?

Dans la mamelle par exemple, dont le produit de sécrétion contient également des globules graisseux, la cellule glandulaire ne présente plus les images caractéristiques de la mitose. Dans les glandes mammaires des animaux qui nourrissent leurs petits, on observe un revêtement épithélial très variable d'un cul-de-sac glandulaire à l'autre ou même dans un seul cul-de-sac (fig. 12). En un point, l'épithélium est formé de cellules hautes, bien délimitées dont l'extrémité profonde ou adhérente montre des filaments granuleux très abondants et très serrés, tandis que l'extrémité interne ou libre est remplie de nombreux globules graisseux. Les noyaux sont souvent au nombre de deux dans chacune de ces cellules. En d'autres points, le revêtement épithélial est réduit à une mince

couche de protoplasma clair, sans filaments, ni globules gras dans laquelle les noyaux sont répartis de façon uniforme. Enfin, il est des tubes dans lesquels on voit une bande interne de protoplasma clair, remplie de boules grasses ; quelques noyaux se séparent, par étranglement ; il se forme une solution de continuité due à la fonte du protoplasma qui les unissait aux extrémités adhérentes du revêtement épithélial.

Quant aux noyaux, ils ne semblent guère modifier leur structure : ce sont des noyaux globuleux, circonscrits par une membrane nucléaire très nette et remplis d'un nucléoplasma abondant transparent, semés de fines granulations chromatiques rares. Peu de ces granulations sont réunies entre elles par des filaments.

C'est dans le dernier stade seulement, lorsque la cellule est haute qu'on y observe deux noyaux. Donc la présence de ces deux noyaux démontre qu'il y a multiplication ; mais la rareté des grains de chromatine et probablement la grande vitesse avec laquelle la division s'effectue n'aboutissent point à la formation d'une image mitotique.

Cependant il ne faudrait pas assimiler cette division à celle d'un globule blanc en train de se fragmenter en deux débris en voie de dégénération. Dans la glande mammaire *en voie de sécrétion*, le noyau interne subit seul la régression et se présente souvent dans le lait et surtout les premiers jours après la mise bas comme un globule blanc. Quelque temps avant la naissance des petits, ces cellules à noyau et à protoplasma gorgé de graisse sont encore plus caractéristiques, car le protoplasma qui n'a pas subi de fonte en fait de grosses cellules dites *corpuscules* du colostrum.

On a voulu voir dans ces divers éléments nucléés du lait des *globules blancs*, ou *leucocytes*, venus des vaisseaux sanguins et immigrés dans la lumière des culs-de-sac glandulaires. On a expliqué de la même façon la présence des éléments cellulaires dans la salive et d'autres produits de sécrétion.

En réalité, l'exemple de la glande mammaire, la présence de leucocytes dans le lait justifient toutes les conclusions que nous avons tirées de l'étude des globules blancs ou leucocytes. Dès qu'une cellule, munie de son noyau, se détache, par fonte de son cytoplasma cortical, des cellules réunies en tissu, elle commence à subir la régression : son cytoplasma continue à se liquéfier et

dans la mamelle en particulier, les filaments du réticulum se transforment en graisse. Ici comme partout ailleurs le leucocyte n'est qu'une vieille cellule en voie de dégénérescence (fig. 12).

Dans le rein, j'ai pu établir *expérimentalement* la provenance épithéliale des éléments cellulaires libres qu'on trouve dans la

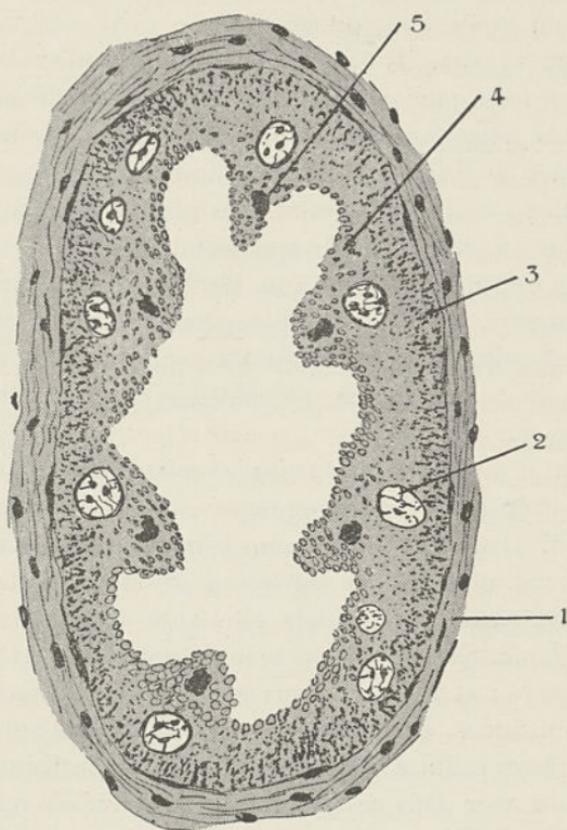


FIG. 12. — Coupe d'un cul-de-sac glandulaire de la mamelle en lactation.  
1, paroi conjonctive; 2, noyau des cellules internes et externes ( $\beta$ ); 4, protoplasma des cellules internes ou superficielles, avec leurs noyaux (5).

lumière des tubes urinaires. Si l'on soumet un Cobaye au régime du son, c'est-à-dire *sec*, il *n'urine plus*. Cependant il continue à vivre pendant plusieurs jours. Sacrifié après quelques jours de régime sec, le Cobaye montre les tubes urinaires, les segments contournés comme les autres, remplis de cellules épithéliales en voie de désagrégation et un revêtement épithélial continu autour

de ces éléments desquamés. Sans insister ici sur les déchets que contiennent ces derniers, retenons ce fait essentiel, c'est que l'épithélium du tube urinaire se divise constamment pour fournir, d'une part, les éléments qui éliminent les produits urinaires, et, de l'autre, une assise cellulaire qui continue à revêtir le tube. Or, *jamais observateur n'a pu voir une cellule glandulaire se détacher par voie mitosique pendant que la glande fonctionne* (voir p. 151).

*Concluons.* La division amitotique d'un globule blanc produit deux éléments qui ne tardent pas à disparaître par hydratation. La division amitotique d'une cellule glandulaire en voie de fonctionnement donne naissance à deux cellules filles, dont l'une desquame, tandis que l'autre remplace la cellule mère, fonctionne comme elle et ne tarde pas à se diviser de même.

Bien que ces déductions aient besoin de nouvelles lumières, elles répandent quelque clarté sur la nature et le rôle de la chromatine. Nous verrons que la partie de l'élément mâle ou femelle qui transmet les propriétés paternelles ou maternelles est constituée essentiellement par le noyau et en particulier par la chromatine de ce dernier. Or, la chromatine, c'est-à-dire les anses chromatiques s'accroissent et cela aux dépens de l'hyaloplasma ou suc nucléaire. La chromatine est donc le dernier terme cumulant les caractères spécifiques des cellules et des individus. Elle dirige et gouverne l'accroissement de la cellule et en assure la durée; sous son influence, la cellule est capable de grossir considérablement et de se partager en deux moitiés dont chacune évolue comme la cellule mère.

---

## CHAPITRE II

### ORIGINE DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX ET FORMATION DES ORGANES

Tout être vivant débute sous la forme d'une petite masse de matière vivante, dite *cellule*. La cellule originelle (œuf) est de forme généralement arrondie ou ovoïde (œuf de poule, de grenouille) et de dimensions variées. Chez la plupart des mammifères et l'homme en particulier, elle est encore visible à l'œil nu, car elle atteint quelques dixièmes de millimètres (*ovule*, petit œuf). Rappelant une cerise, l'ovule (fig. A) se compose : 1° d'une enveloppe ; 2° d'une substance transparente et granuleuse, formant le corps de la cellule et appelée *protoplasma* (*protos*, premier ; *plasséin*, former) ; 3° d'un corpuscule sphérique et brillant placé au centre du protoplasma : c'est le *noyau*.

Si cet œuf ou ovule est fécondé, il donne naissance à un être semblable aux parents. Le processus de ce développement est d'une simplicité remarquable. Il se multiplie par division cellulaire d'après le mode que nous avons décrit sous le nom de division indirecte ou mitotique. C'est ainsi qu'il se divise en deux petites masses, segments ou cellules, contenant chacune la moitié de l'ovule ou cellule originelle. Les deux nouvelles cellules restent accolées, s'accroissent, puis chacune se divise à son tour ; les quatre cellules font de même et ainsi de suite pour les générations successives (fig. 13 B, C et D).

Le développement du jeune être aux dépens de l'ovule se fait avec la plus grande simplicité chez les animaux inférieurs qui vivent dans la mer et y pondent leurs œufs. Nous prendrons pour type un œuf d'étoile de mer. L'œuf ou ovule (fig. 15, A) est une cellule

qui ne tarde pas à se diviser en deux cellules (B). Celles-ci font de même, et, il en résulte un amas plein de cellules réunies les unes aux autres (C et D). Peu à peu, les cellules, tout en continuant

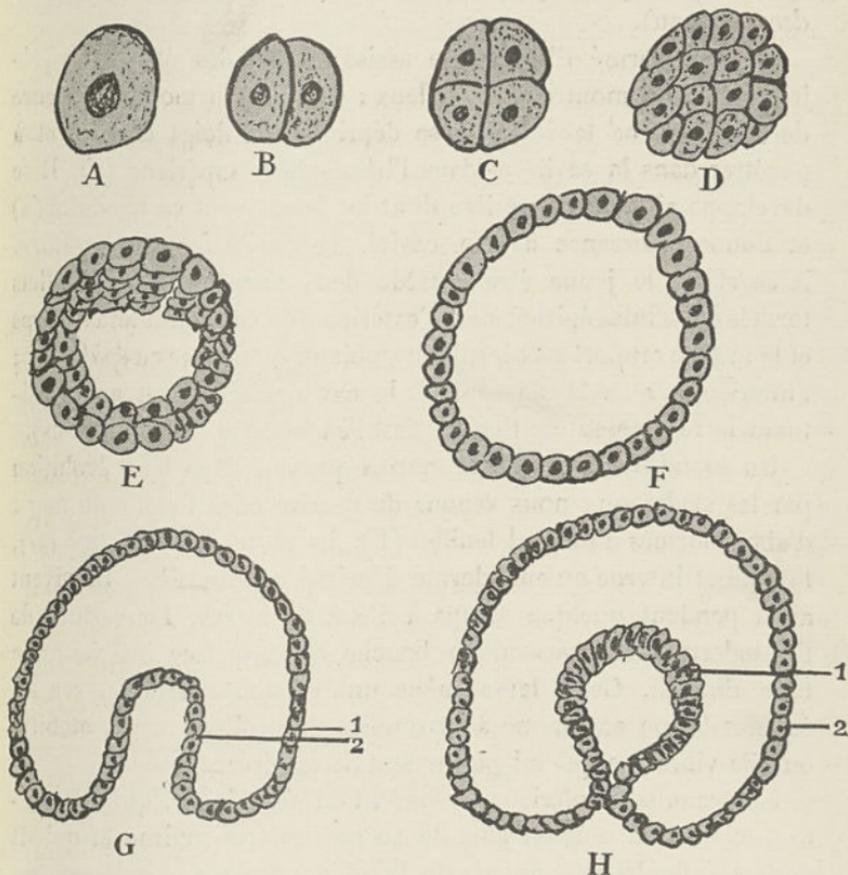


FIG. 13. — Développement d'un animal inférieur (Étoile de mer).

A, ovule; B, 1<sup>re</sup> division; C, divisions successives des deux cellules primitives; D, amas de jeunes cellules; E, les cellules s'écartent du centre d'où formation d'une cavité; F, toutes les cellules se disposent en une rangée unique (ectoderme) autour de la cavité centrale; G, le pôle inférieur se déprime en doigt de gant: début de la formation du feuillet interne ou *endoderme* (2 en G et 1 en H); H, les bords de l'ectoderme se soudent au point où s'est formé l'endoderme (2) qui constitue un tube inclus dans le tube extérieur ou ectoderme (1 en G et 2 en H).

à se multiplier, gagnent la périphérie (E) et laissent au centre de l'amas une cavité. Finalement (en F), toutes les cellules se rangent en une assise unique, circonscrivant la cavité centrale. Le jeune être est donc constitué à ce stade par une membrane, composée

de cellules disposées comme les pavés de la rue ; on donne à ces membranes formées de cellules juxtaposées le nom d'*épithélium*. En un mot, au stade F, le jeune être est composé d'une membrane épithéliale unique, le *feuillet externe* ou *ectoderme* (*ectos*, extérieur ; *derma*, peau).

D'abord formé d'une seule assise de cellules épithéliales, le jeune être en montre bientôt deux : en effet, la moitié inférieure de la sphère ne tarde pas à se déprimer en doigt de gant et à pénétrer dans la cavité et dans l'hémisphère supérieur (1). Il se développe ainsi une gouttière dont les bords vont se rejoindre (2) et donner naissance à une cavité, la *cavité intestinale future*. A ce stade, le jeune être possède deux membranes ou feuillets formés de cellules épithéliales : l'extérieure (2 en H) limitera le corps et le met en rapport avec le milieu ambiant (*ectoderme* ou *épiderme*) ; l'intérieure (1 en H) circonscrit la cavité digestive et en constituera le revêtement épithélial, c'est l'*endoderme* (*endos*, dedans).

Un grand nombre d'êtres marins passent dans leur évolution par les stades que nous venons de décrire chez l'étoile de mer ; d'abord formés d'un seul feuillet (F), ils montrent la forme (G), le feuillet interne ou endoderme déprimé en gouttière. Ils vivent ainsi pendant quelque temps à l'état de larves, l'ouverture de l'endoderme leur servant de bouche et sa surface intérieure de tube digestif. Cette larve mène une existence errante, car les cellules de son ectoderme sont munies de prolongements mobiles ou cils vibratiles qui lui permettent de se déplacer.

Un organisme inférieur, le *lancelet* ou *amphioxus*, qui a la conformation d'un poisson long de 10 centimètres environ et qui vit dans les fonds sablonneux de l'Océan offre un développement analogue. Cependant ni lui ni la larve d'étoile de mer ne persistent dans cet état : entre l'ectoderme et l'endoderme primitif viennent s'intercaler d'autres cellules. En effet, l'un et l'autre feuillets primitifs produisent, par divisions cellulaires, des bourgeons ou prolongements qui vont se loger entre l'ectoderme et l'endoderme et qui constitueront les tissus de l'être adulte, c'est-à-dire les organes de soutien et de mouvement (squelette et muscles).

Par opposition à l'ectoderme et à l'endoderme, on a l'habitude de désigner tous les tissus qui se développent dans leur intervalle sous le nom de *mésoderme* (*mésos*, milieu). On réserve de plus le

nom de *mésenchyme* aux tissus mous et lâches qui ne présentent que des cellules rondes ou étoilées contenues dans une masse fluide ou demi-fluide.

Tel est le mode de formation des deux premiers feuilletts chez les organismes qui se développent librement dans l'eau. Le processus est plus compliqué chez les Vertébrés supérieurs, les Mammifères en particulier. Outre l'embryon, l'ovule, en se divisant, donne naissance à des cellules claires qui se multiplient rapidement pour former une enveloppe qui fixe l'œuf sur les tissus maternels.

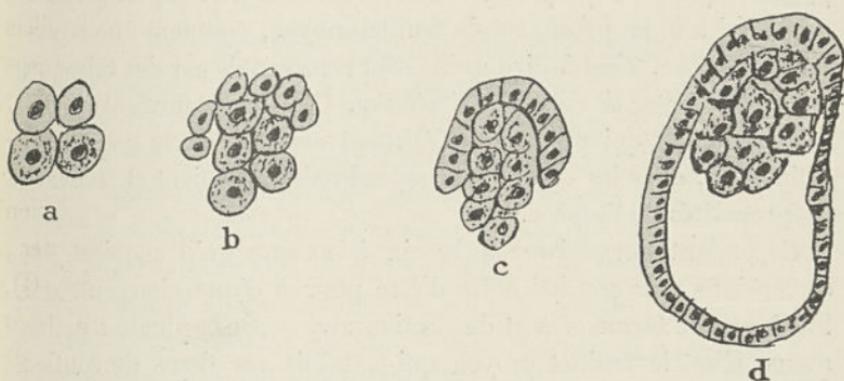


FIG. 14. — Premier développement de l'ovule de la chauve-souris (d'après M. Duval).

a, division de l'œuf en quatre cellules ; b, les cellules supérieures claires forment un croissant dont les branches contournent l'amas de cellules centrales plus sombres c ; d, les cellules claires enveloppent l'amas central pour former un organe nutritif et transitoire aux cellules centrales qui seules donnent naissance au corps même de l'embryon.

La figure 14 représente l'ensemble des cellules qui constituent l'ébauche d'une Chauve-Souris : la couche externe formée de cellules claires représente l'enveloppe éphémère de l'amas central, qui seul prendra part à la formation du corps du jeune être. Les cellules d'où provient l'amas central sont d'abord disposées en une assise unique (a), puis en deux (b) et enfin en trois couches qui correspondent aux trois feuilletts ci-dessus indiqués.

Les divers organes du jeune être se produiront aux dépens de ces trois feuilletts. Le système nerveux, par exemple, se développe le long du plan médian du dos par la formation d'une gouttière dont les bords ne tardent pas à se rejoindre pour constituer un

canal qui s'étend de la tête à l'extrémité postérieure du tronc (voir plus loin). Les cellules épithéliales des feuillets externe et interne végéteront de même en de nombreux points pour donner naissance à des prolongements en doigt de gant ou *glandes*. C'est ainsi que prennent naissance, dans le tube digestif : 1° le poumon ; 2° le pancréas ; 3° le foie. Le bourgeon primitif se ramifie comme le tronc d'un arbre et produit des grains dont l'ensemble rappelle le fruit du chêne ou *gland* ; de là le nom de *glandes* donné à ces organes dont la plupart continuent à communiquer avec la surface où ils ont pris naissance et sur laquelle ils versent les produits qu'ils ont préparés. Certaines glandes (le rein, les glandes génitales) tout en provenant du feuillet moyen, prennent une structure analogue, c'est-à-dire qu'ils sont représentés par des tubes ou des sacs *revêtus de cellules épithéliales*. C'est constamment la cellule épithéliale qui représente l'élément essentiel d'une glande, la cellule qui, dans les organes de reproduction, contient et conserve les propriétés de l'espèce.

Cependant l'organisme a besoin à mesure qu'il acquiert des dimensions plus considérables d'être pourvu d'une charpente qui lui donne sa forme et sert de soutien aux organes plus ou moins mous. C'est le feuillet moyen qui produit les tissus de soutien (cartilage, os, masse, conjonctive). Les éléments du squelette sont des dérivés de cellules molles dont nous étudierons plus loin les transformations. Les organes des sens qui nous mettent en rapport avec le monde extérieur proviennent principalement du feuillet externe.

---

### CHAPITRE III

## ÉPITHÉLIUMS

Au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, Ruysch, anatomiste hollandais, a pu détacher sur le cadavre « une pellicule fine qui recouvre le mamelon » (*thélé*, mamelon ; *épi*, sur). Il lui a donné, en raison de son origine, le nom d'*épithélium*. Toute la surface libre de la peau, des muqueuses digestives, des voies urinaires, ainsi que celle des séreuses, des vaisseaux sanguins et lymphatiques est revêtue d'une pellicule analogue, mais dont l'épaisseur varie considérablement. L'examen microscopique montre que ce revêtement est essentiellement constitué par des cellules juxtaposées, comme le sont celles de l'ébauche embryonnaire.

L'épithélium de la peau, de la muqueuse vaginale (fig. 1 à 3), comprend non seulement des cellules juxtaposées sur une assise, mais de nombreuses rangées de cellules superposées ; les cellules profondes sont cylindriques, les moyennes, polyédriques, et les superficielles, aplaties. On donne à de pareils revêtements le nom d'*épithéliums pavimenteux stratifiés*.

D'autres épithéliums, tels que celui de l'œsophage du Triton (fig. 5), de la trachée, des bronches, de la portion respiratoire des fosses nasales, etc., montrent deux ou plusieurs assises de cellules hautes. L'extrémité libre de l'assise superficielle est hérissée de prolongements et animée, sur le vivant, de mouvements. Un semblable revêtement est dit *épithélium cylindrique stratifié à cils vibratiles*.

Dans le tube digestif, à partir du cardia jusqu'à l'anus, il n'existe qu'une assise de cellules cylindriques dont l'extrémité libre (fig. 4) est limitée par un liséré homogène et strié, dit le plateau. Cette variété d'épithélium est appelée *épithélium cylindrique simple*.

Ce dernier est en somme l'homologue de l'assise profonde de l'épithélium pavimenteux stratifié.

Citons enfin le revêtement des séreuses, des vaisseaux, etc. : il n'est constitué que par des cellules aplaties, d'une minceur extrême (1 ou 2  $\mu$ ) et larges de 40 à 50  $\mu^1$ .

Les cellules épithéliales sont le plus souvent nettement limitées par une ligne qui se colore de façon plus intense que le corps de la cellule. Le nitrate d'argent se réduit le long de ces lignes et y détermine la formation de traits noirs. Aussi a-t-on décrit la substance de ces lignes comme une sorte de ciment qui accolerait et réunirait les cellules.

En réalité, les lignes intercellulaires appartiennent au protoplasma dont les filaments deviennent plus nombreux et plus serrés à la périphérie de chaque cellule et forment des *cloisons mitoyennes*. En de nombreux points, on voit partir des ramifications de ces cloisons et se prolonger plus ou moins loin du côté du noyau. D'autres fois, on constate, entre les cellules épithéliales, la présence d'espaces traversés par des filaments, dans l'intervalle desquels se trouve un fluide transparent (fig. 2). On donne à ces espaces réticulés le nom d'*espaces intercellulaires*. Si l'on étudie attentivement le trajet de ces filaments, on les voit se continuer dans les corps cellulaires des cellules adjacentes où ils se ramifient pour y former un réticulum à mailles larges, rempli d'hyaloplasma. Les espaces intercellulaires ne sont donc que la portion corticale des cellules épithéliales dans laquelle les filaments, ou *ponts d'union*, ont pris un plus grand développement, pendant que l'hyaloplasma est devenu plus fluide et plus abondant (voir fig. 2).

*Influence du facteur mécanique sur l'évolution de l'épithélium.* — L'épithélium varie de forme et d'épaisseur selon les actions physiques ou mécaniques qui s'exercent sur lui. Dans les organes (poumon, plèvre, mésentère, membrane interne ou commune du système vasculaire, etc.), le revêtement épithélial n'est constitué que par des cellules plates, épaisses à peine de 1 ou 2  $\mu$ . C'est l'extension des dernières ramifications pulmonaires qui transforme,

1.  $\mu$  désigne 1 millième de millimètre (0<sup>mm</sup>,001); c'est une lettre grecque qu'on prononce *mu*.

lors des premières inspirations, l'épithélium jusqu'alors cubique, en une plaque très mince. La pression des feuillettes pleuraux ou péritonéaux, celle du sang sur la paroi vasculaire agissent de même sur les cellules de la membrane ou tunique interne.

Nous voyons apparaître des cils vibratiles sur l'extrémité libre des cellules épithéliales sur les surfaces où se déposent des corpuscules étrangers, du mucus, des ovules, etc.

Quant au revêtement des téguments externe et interne, la forme et l'épaisseur des cellules, ainsi que leur évolution dépendent essentiellement du facteur *mécanique*.

La muqueuse buccale, celle du pharynx (portion inférieure), celle de l'œsophage sont revêtues d'un épithélium pavimenteux stratifié dont les couches superficielles sont nucléées et non cornées (sans kératine). Chez le Chien déjà, les cellules superficielles, quoique nucléées, commencent à se kératiniser. Chez nombre de carnivores (Chat), d'herbivores (Cobaye, Bœuf, Cheval), les couches superficielles de ces muqueuses se transforment en une épaisse couche cornée. Chez les Ruminants même et les Oiseaux granivores, la panse (*rumen*) et le gésier se revêtent d'une couche ou plaque cornée.

Chez les Batraciens, les muqueuses buccale et œsophagienne sont ciliées et les cils transportent, par leurs mouvements propres, les insectes ou particules alimentaires, jusque dans l'estomac. Si les aliments sont durs, coriaces et exercent une action mécanique énergétique sur la membrane muqueuse, les cellules épithéliales deviennent non seulement pavimenteuses, mais subissent, dans leurs couches superficielles, la transformation cornée.

Chez les Ruminants, cette modification s'étend sur les poches stomacales qui ne servent que de réservoirs alimentaires.

A partir du cardia, chez la plupart des Mammifères, l'épithélium de la muqueuse digestive se compose d'une assise de cellules cylindriques, correspondant manifestement à l'assise profonde des épithéliums pavimenteux stratifiés. Partout où les aliments imprégnés de sucs n'exercent plus d'action mécanique, le revêtement épithélial se réduit à une assise cellulaire qui ne sert plus qu'aux échanges et à l'absorption.

## CHAPITRE IV

### TISSU CONJONCTIF

Bordeu décrit le premier, vers 1760, un tissu filamenteux infiltré d'une masse gélatineuse et collante; c'était le tissu *muqueux*. Bichat en fit une analyse soignée, ainsi que des variétés voisines. A l'œil nu, il vit, surtout en l'examinant à contre-jour, des fibres parallèles ou s'entre-croisant en divers sens. En y injectant ou insufflant de l'air, il y développa une série de cavités ou cellules; de là le nom de *tissu cellulaire*, terme qui continue à être employé par les anatomistes pour désigner le tissu lâche, souvent infiltré de graisse qui enveloppe les organes, tels que les muscles. Par l'action des acides, Bichat gonfla et rendit ce tissu transparent. En le soumettant à l'ébullition, il le transforma en colle. Certains modernes ont cru faire une grande découverte en lui imposant le nom de *collagène*, caractère peu spécifique puisque le tissu osseux fournit également par la coction de la gélatine.

Les fibres du tissu cellulaire sont souvent disposées en lamelles; aussi Ch. Robin proposait-il le nom de *tissu lamineux*. Réunissant les divers organes les uns aux autres, ce tissu fut ensuite appelé *tissu conjonctif*. Bien qu'il les sépare les uns des autres aussi bien qu'il les réunit, nous conserverons ce nom, pour ne pas innover. Remarquons cependant qu'aucun des termes employés jusqu'à présent pour désigner ce tissu ne convient pour toutes les variétés ou tous les stades de développement. Dans les premières époques de son développement, les fibres collagènes en particulier y font complètement défaut.

Si l'on pousse dans le tissu conjonctif sous-cutané, par exemple, à l'aide d'une seringue, comme fait Ranvier, un liquide, on y

développe une boule qui rappelle la peau infiltrée de sérosités. C'est la *boule d'œdème*. Le liquide écarte les fibres, et, si l'on y mélange des matières colorantes, telles que le carmin et l'acide picrique, on teint de façon différente les éléments qui entrent dans sa constitution. Les fibrilles conjonctives parallèles sont roses (fig. 15, 2); d'autres fibrilles anastomosées (3) en réseau (*fibrilles élastiques*) présentent une teinte jaune. Enfin, on voit des cellules avec un noyau rouge, les unes arrondies, d'autres étoilées dont

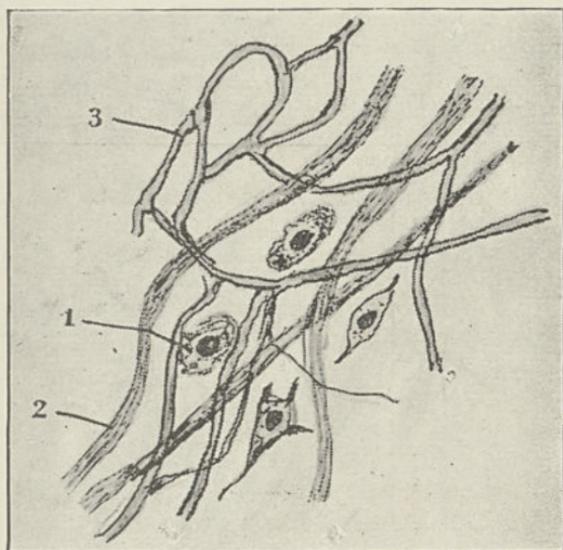


FIG. 15. — Éléments du tissu conjonctif lâche.

1, cellule conjonctive ; 2, fibre conjonctive ; 3, fibre élastique.

les prolongements ramifiés s'anastomosent avec ceux des cellules voisines (1).

Tels sont les éléments figurés que l'on rencontre dans le tissu conjonctif lâche sous-cutané : *cellules conjonctives*, *fibrilles réunies en fibres conjonctives*, *fibrilles élastiques*.

Une goutte d'acide acétique, ajoutée à la préparation montrera les propriétés différentes des fibres conjonctives et élastiques : les fibres conjonctives gonfleront et deviendront plus transparentes, tandis que les fibrilles élastiques persisteront et se verront mieux dans la masse devenue plus claire.

Le tissu conjonctif dense des aponévroses, des ligaments, des

*tendons*, etc., possède les mêmes éléments, mais en proportions différentes et autrement arrangés. Dans les aponévroses, les fibres

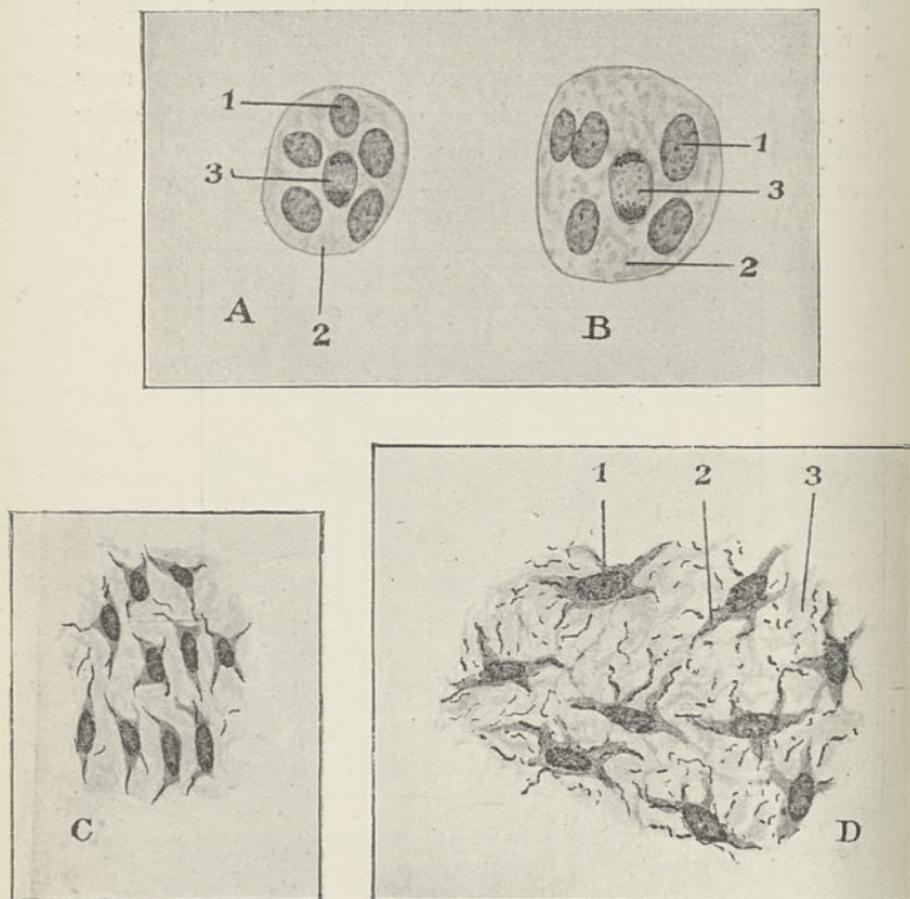


FIG. 16. — Développement du tissu conjonctif réticulé.

A. — *Tissu conjonctif primordial* du membre abdominal (embryon de lapin de 16 jours): 1, noyau au repos; 2, cellule en division; 3, protoplasma homogène et commun (syncytium).

B. — *Tissu conjonctif d'un tendon embryonnaire* de lapin de 18 jours (membre abdominal): 1, noyau au repos; 2, cellule en division; 3, protoplasma vaguement fibrillaire.

C. — *Apparition du tissu fibrillaire*: 1, noyau entouré de la zone granuleuse périnucléaire; protoplasma fusionné avec ébauches de fibrilles conjonctives.

D. — *Tissu réticulé à mailles pleines* (bourse achilléo-calcanéenne d'un embryon de lapin de 18 jours): 1, noyau entouré de la zone granuleuse périnucléaire, dont les ramifications (2) cloisonnent le protoplasma; 3, hyaloplasma.

conjonctives sont parallèles dans le même plan, mais ont une direction différente d'un plan à l'autre.

Dans les ligaments et les tendons, les fibres conjonctives sont parallèles toutes les unes aux autres et au grand axe de ces organes. Les cellules sont aplaties et semblent appliquées sur les fibres conjonctives. Les fibrilles élastiques sont très fines et rares.

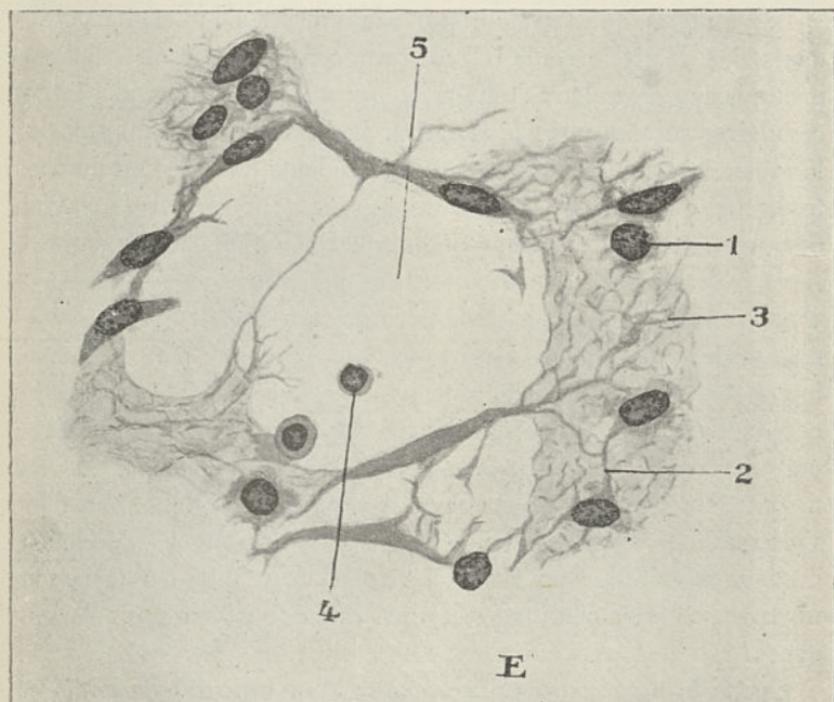


FIG. 16.

E. — Tissu réticulé à mailles en partie vides (même organe d'un embryon de lapin de 21 jours): 1 et 2, tissu réticulé à mailles pleines de substance muqueuse; 3, portions de cellules à zone périnucléaire granuleuse; 4, globules blancs; 5, alvéoles ou vides résultant de la fonte protoplasmique; *cl*, cloisons fibrillaires.

Dans le derme de la peau, les fibres conjonctives sont serrées et entre-croisées; les cellules sont d'autant plus abondantes qu'on considère une couche plus superficielle; le réseau élastique, enfin, est à mailles assez larges, mais d'une régularité très grande.

Toutes ces variétés de tissu conjonctif ont même origine, mais l'un ou l'autre de ses éléments constitutifs se développe à un degré différent.

Dans les premiers stades (fig. 16, A), le tissu conjonctif est partout représenté par des éléments constitués par des noyaux (1)

réunis entre eux par un cytoplasma commun (2). Puis (B), il apparaît dans ce cytoplasma des granulations qui se disposent en série et qui semblent débiter autour des noyaux (2). C'est ainsi que chaque noyau, entouré de prolongements granuleux, prend la forme d'une cellule granuleuse fusiforme ou étoilée (C).

Les auteurs qui n'avaient pas examiné les deux stades précédents ont décrit le stade (C) comme constitué par des cellules à protoplasma granuleux et étoilé et par une masse amorphe intercellulaire (*substance fondamentale*). Insistons sur ce point capital : la masse internucléaire des stades précédents (A et B) est du protoplasma qui ne s'est pas encore individualisé autour de chacun des noyaux et qui a encore une structure homogène et uniforme. A partir du stade C, ce protoplasma se transforme, en s'accroissant : 1° en protoplasma granuleux, périnucléaire d'abord, puis se munissant de prolongements qui s'anastomosent avec ceux des homologues des cellules voisines ; 2° en hyaloplasma qui édifie des fibrilles conjonctives. C'est ainsi que se développe un tissu (D) constitué par une trame de protoplasma granuleux (2) dans laquelle les noyaux occupent les points nodaux du réseau et dont les mailles sont remplies d'hyaloplasma (3). A partir du stade C, l'évolution du tissu se fait dans un sens différent selon qu'il se développe soit un tissu conjonctif mou, soit une cavité ou bien qu'il devient dense.

Quand le tissu conjonctif reste mou (tissu réticulé), on voit (*fig.* 16, E) l'hyaloplasma devenir de plus en plus clair ; il y apparaît des vacuoles puis des espaces vides (5). Par places, le noyau n'est plus entouré que de quelques prolongements granuleux. Plus tard ceux-ci se désagrègent eux-mêmes et il se développe alors des cellules libres ou leucocytes (4).

Le tissu réticulé prend ainsi naissance. Si l'ensemble d'un territoire du tissu réticulé subit cette transformation régressive, il se produira une cavité (bourses séreuses, cavités articulaires).

Dans le tissu conjonctif dense (tendons, ligaments, aponévroses), l'hyaloplasma élabore des fibrilles conjonctives qui forment des faisceaux fibrillaires dans les mailles de la trame nucléée et granuleuse.

Cette trame constitue des cloisons qui séparent partiellement les fibres conjonctives et qui subissent en certains points la trans-

formation élastique. Les fines fibres élastiques qu'on observe dans les tendons, les aponévroses, etc., n'ont pas d'autre origine.

Après cet exposé d'histogénèse, il nous sera facile de comprendre l'aspect et la structure du tissu conjonctif *dense*. La figure 17 représente un tendon grêle, filiforme, de la queue du Rat : vues de face (A), les cellules sont disposées en séries longitudinales et constituent des chaînes cellulaires. Chacune est formée d'un noyau et d'un corps cellulaire granuleux et aplati, d'où partent des prolongements ou expansions qui semblent se mouler sur les fibres

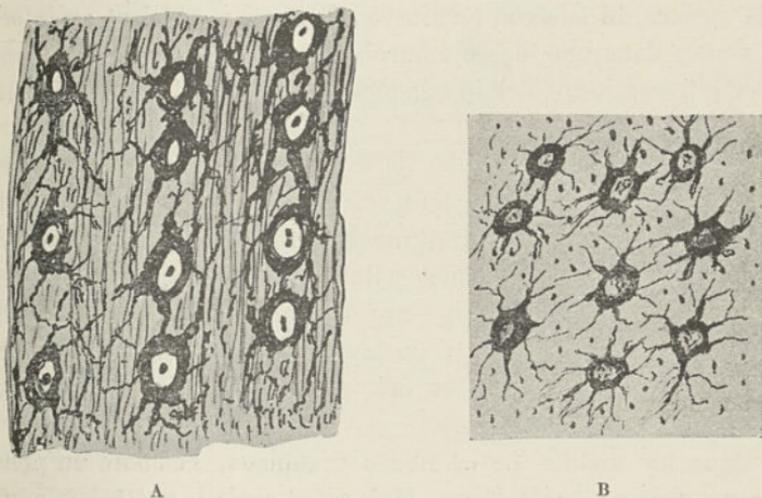


FIG. 17.

A, Coupe en long d'un tendon filiforme de la queue du Rat; B, Coupe en travers du même.

conjonctives ou tendineuses. Entre celles-ci les expansions s'épaississent en *crêtes*, comme si le corps cellulaire avait subi l'empreinte des fibres.

Une coupe transversale (fig. 17, B) nous renseignera mieux sur les relations des cellules et des fibres. Les cellules ont la configuration de celles du tissu conjonctif mou : autour du noyau s'étend une zone de protoplasma granuleux qui émet de tous côtés des prolongements également granuleux<sup>1</sup>, se divisant et se subdivisant

1. Ces prolongements granuleux sont les uns des filaments lorsque la section les a atteints selon leur longueur, ou des points, quand ils ont été coupés en travers.

pour s'anastomoser avec leurs homologues des cellules voisines. Comme dans le tissu conjonctif mou, les mailles de ce réticulum granuleux sont remplies par une masse transparente, mais, dans le tendon adulte, celle-ci est devenue en partie figurée, l'hyaloplasma primitif ayant élaboré des fibrilles conjonctives, toutes parallèles les unes aux autres.

Pendant longtemps, les histologistes se sont contentés de dissocier les tendons et de colorer faiblement : dans ces conditions, ils ont séparé mécaniquement une partie du corps cellulaire granuleux qui, vue de face, a paru être une *cellule aplatie*, appliquée à la surface du faisceau tendineux. Ceux-ci semblaient avoir pris naissance dans une masse amorphe, appelée *substance fondamentale*, qui aurait une origine indépendante des cellules tendineuses proprement dites.

L'étude de tous les stades de développement montre combien ces vues sont erronées ; toutes les variétés du tissu conjonctif (mou ou dense) ont une origine et un mode de développement identiques. Le protoplasma cellulaire est commun aux divers éléments ; autrement dit, les noyaux sont réunis par une masse protoplasmique indivise qui ne tarde pas à montrer une portion granuleuse périnucléaire et des expansions anastomosées avec celles des cellules voisines.

Dans les mailles de ce réseau granuleux, s'élabore un protoplasma clair ou *hyaloplasma*. Mais point capital, protoplasma granuleux et hyaloplasma constituent ensemble le corps cellulaire de chacune des individualités dont le centre est occupé par un noyau. Dans le tissu conjonctif *mou*, l'hyaloplasma reste muqueux ou se fluidifie ; dans le tissu conjonctif *dense*, l'hyaloplasma élabore des fibrilles conjonctives.

**TISSU ÉLASTIQUE.** — Une variété remarquable du tissu conjonctif est le tissu élastique qui atteint un grand développement dans les *ligaments jaunes* et dans le *ligament cervical* des grands Mammifères, ainsi que dans la tunique moyenne des grosses artères. Dans le ligament cervical (fig. 18), les fibres élastiques les plus volumineuses sont parallèles, mais émettent des branches latérales qui les relient entre elles. Dans les mailles du réseau se trouvent les restes cellulaires et quelque peu de tissu conjonctif.

Dans les *petites* artères, le réseau élastique ne s'épaissit qu'en deux points, du côté de la tunique *interne* pour former la lame ou *limitante interne*, et, du côté externe pour constituer la *limitante externe*.

Dans les *grosses* artères, le réseau élastique intermédiaire à ces deux limitantes prend également la forme de lames disposées concentriquement (dans l'aorte humaine au nombre de 60 environ). De distance en distance, ces lames montrent des espaces conjonctifs, qui figurent des trous; d'où le nom de lames ou *lamelles fenêtrées*.

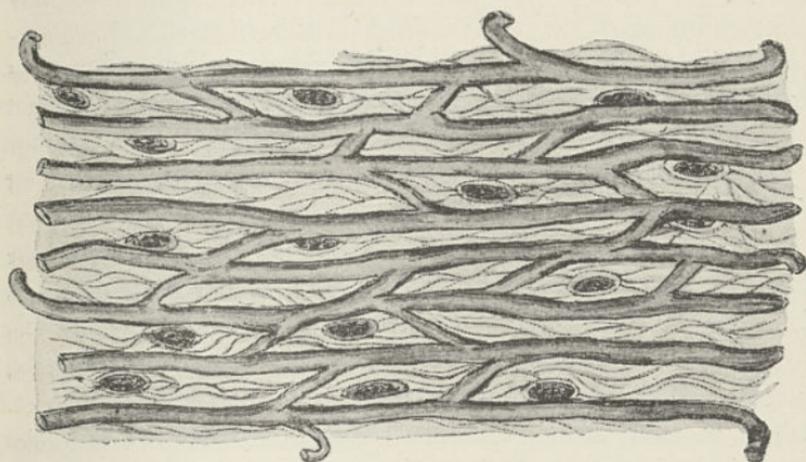


FIG. 18. — Coupe longitudinale du ligament cervical d'un chien jeune.  
Cordons élastiques anastomosés.

Le tissu élastique provient de la même ébauche conjonctive que le tissu conjonctif (tissu à protoplasma commun, puis tissu réticulé à mailles pleines). Au stade suivant, le protoplasma *granuleux* s'accroît plus rapidement que l'hyaloplasma. Les granulations abondantes se mettent bout à bout et se juxtaposent pour constituer de grosses fibres ou des lamelles, tandis que l'hyaloplasma n'élabore que peu ou point de fibrilles conjonctives. C'est ainsi que prennent naissance ces fibres, ces lamelles ou lames anastomosées qu'on observe dans les organes élastiques.

## CHAPITRE V

### CARTILAGE ET OS

A. **CARTILAGE.** — La plupart des segments squelettiques des embryons de Vertébrés sont formés d'un tissu homogène, résistant et élastique, qui porte le nom de *cartilage hyalin*.

Le squelette de la Raie et des Poissons cartilagineux reste à cet état.

Chez les Mammifères adultes, le cartilage hyalin persiste sur les surfaces articulaires, sur une grande longueur des côtes, dans le squelette du nez, dans la trachée et les bronches.

Les figures 6 et 7 représentent deux coupes de cartilage hyalin, colorées de façon intense. On y voit une masse intercellulaire, teinte en noir, et des cellules arrondies ou ovoïdes. Les cellules possèdent un noyau coloré en bloc, et un protoplasma montrant : 1° un réseau ou réticulum, 2° de l'hyaloplasma remplissant les mailles du réticulum. Une ligne à double contour (non distincte sur ces photographies) sépare le protoplasma d'avec la substance intercellulaire ou fondamentale.

La substance intercellulaire paraît homogène lorsqu'on examine le cartilage frais ou faiblement coloré. Mais par des colorations intenses ou après l'action de certains réactifs, on y distingue des fibres, des bandelettes ou des sphérules que les uns regardent comme des formations réelles, tandis que les autres en font des altérations.

En examinant la figure 7, on voit une cloison, entre les cellules associées deux par deux et qui figurent deux jeunes cellules venant de se diviser. Cette cloison commence à se teindre comme la substance intercellulaire ou fondamentale et cependant elle s'est

produite en plein protoplasma réticulé. La substance intercellulaire n'est donc que le protoplasma de la cellule cartilagineuse dont le réticulum ou substance granuleuse devient de plus en plus abondant.

Lorsque des cellules cartilagineuses entourées de capsules se trouvent dans une masse intercellulaire formée de fibres conjonctives, on parle de *fibro-cartilage* ou *cartilage fibreux*. Tels sont, par exemple, les *disques intervertébraux*.

Enfin, lorsque la substance intercellulaire montre un *réticulum élastique*, on appelle ce tissu cartilage *élastique*. Le pavillon de l'oreille et l'épiglotte en sont des exemples.

Cette description et cette classification des cartilages présentent un intérêt médiocre, si l'on fait abstraction des conditions dans lesquelles apparaissent les trois variétés de ce tissu. Remarquons cependant que le cartilage *hyalin* se développe et persiste à cet état dans les régions où il y a pression continue (membres des embryons, revêtement cartilagineux des surfaces articulaires de l'adulte). En supprimant cette pression, le cartilage hyalin se transforme en fibro-cartilage. M. S. Voronoff greffant la 5<sup>e</sup> articulation métacarpo-phalangienne à la place de la 3<sup>e</sup> sur un chien adulte, a vu le revêtement cartilagineux persister pendant plus d'un an; la mobilité du doigt semblait normale et la fente articulaire ne s'était point modifiée. Le Chien semblait se servir de la patte correspondant à la greffe, comme de l'autre patte.

L'examen microscopique confirma toutes ces données, sauf une, à savoir : la structure du cartilage. Au lieu de présenter du cartilage hyalin, le revêtement du métacarpe et de la 1<sup>re</sup> phalange n'était plus formé que du *fibro-cartilage*. Le Chien, en marchant, n'appuyait plus le 3<sup>e</sup> doigt sur le sol, c'est-à-dire que les cartilages articulaires de l'articulation greffée ne subissant plus de pression, étaient devenus fibro-cartilages.

B. Os. — Une coupe d'os ou une lamelle osseuse préalablement fixée, puis colorée montre les éléments suivants (fig. 19) : 1<sup>o</sup> des cavités à contours irréguliers, longues de 20 à 30  $\mu$  et moitié moins larges. Dans chaque cavité se trouve une cellule de même forme, à cytoplasma clair et à petit noyau. Le contour de la cavité est une capsule qui, par ses affinités colorantes se rapproche

du tissu élastique ; c'est la *capsule osseuse*. De cette capsule partent de distance en distance des prolongements granuleux qui se ramifient et finissent par s'anastomoser avec les ramifications émanant des cellules adjacentes. Il en résulte la formation d'une trame réticulée dont les mailles sont remplies par une masse amorphe calcifiée. Chez les Mammifères, les capsules des cellules osseuses sont closes et le cytoplasma de ces cellules n'est pas réticulé. Donc la trame ne peut être formée que par des trabécules qui s'implantent sur la capsule.

Le tissu osseux forme des lames ou des colonnes plus ou moins épaisses : il est entouré d'un tissu conjonctif (*périoste*) qui lui amène les vaisseaux et les nerfs. De plus, il est parcouru par un tissu conjonctif lâche (*moelle osseuse*) qui est très vasculaire.

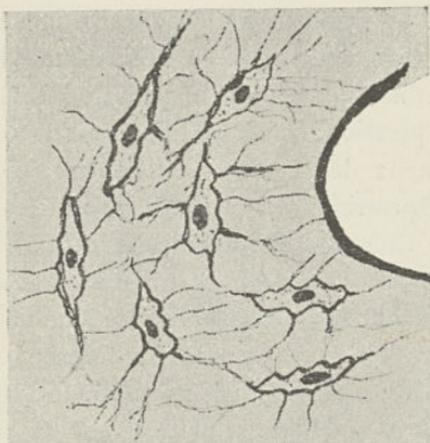


FIG. 19. — Lamelle de tissu osseux autour d'un canal de Havers.

La figure 20 représente la section transversale d'un fragment d'os long *jeune*. Les lamelles osseuses montrent des cellules formées d'un noyau (1) et d'un protoplasma transparent. La cellule est circonscrite par une coque ou capsule, qui émet des prolongements (2) se ramifiant et s'anastomosant. Dans les mailles du réseau ainsi formé se trouve une masse amorphe, calcifiée (3). La masse osseuse est creusée ou parcourue par des espaces ou canaux contenant un tissu mou (*moelle osseuse*) très vasculaire (4).

Si l'on nourrit un animal avec des aliments auxquels on a mêlé de la garance, la masse calcifiée seule se colore en rouge. Qu'on mélange du bleu de méthylène aux aliments ou qu'on applique du bleu de méthylène sur l'os dénudé d'un animal vivant, on colore la trame granuleuse. Ces faits expérimentaux confirment les résultats dus à l'étude des coupes microscopiques d'os quelconque.

Si l'on fait macérer un os, on détruit la cellule osseuse, ainsi

que la trame réticulée : de plus, les capsules se perforent de trous dans les points où les trabécules y ont pris naissance. Par la dessiccation, toutes ces cavités et les canalicules se remplissent d'air et l'on voit un système de cavités étoilées, ou osseuses, reliées entre

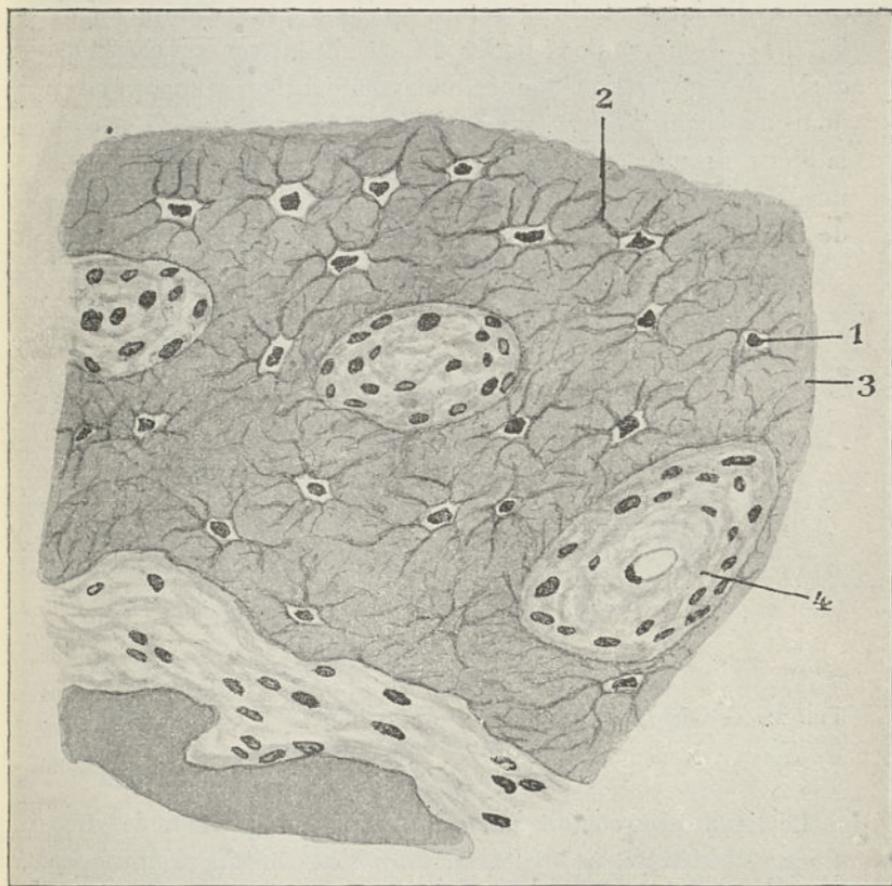


FIG. 20. — Portion de la coupe transversale de la diaphyse d'un radius d'un chat à la naissance.

1, cellule osseuse ; 2, capsule et prolongement capsulaire ramifié ; 3, substance amorphe ; 4, espace médullaire.

elles par des canalicules osseux, tel que l'ont décrit les micrographes qui se bornaient à l'étude des os macérés.

Toute lamelle osseuse a cette structure, qu'elle soit disposée autour d'un vaisseau sanguin (système de Havers) ; à la périphérie

de l'os ou dans l'intervalle de deux systèmes de Havers. On sait que les os spongieux n'ont que des systèmes intermédiaires.

Les os, dit-on, sont de provenance cartilagineuse ou conjonctive. La plupart reconnaissent, il est vrai, pareille origine. Signalons cependant, en passant, sauf à y revenir plus tard, un tissu osseux d'origine et de structure quelque peu différentes (voir fig. 21). Nous voulons parler du ciment ou cortical osseux qui dérive des générations de cellules épithéliales connues sous le nom d'*adamantoblastes* ou *améloblastes*. Un coup d'œil jeté sur la figure 21 montre que les cellules osseuses du cortical (1) ont une forme et une disposition différentes de celles des deux systèmes de Havers qui sont incluses dans le ciment.

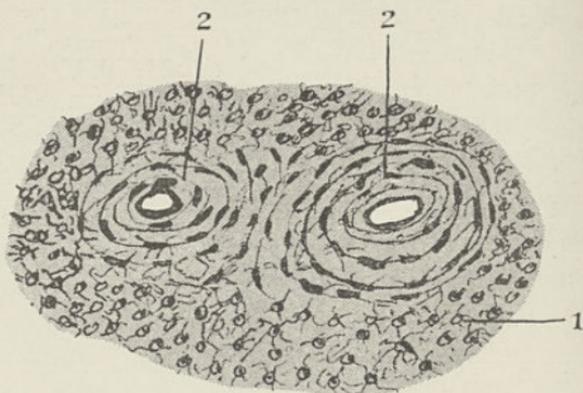


FIG. 21. — Ciment ou cortical osseux (1) d'une dent de chat âgé de 13 ans. 2, 2, deux systèmes de Havers.

Le tissu osseux subit sous l'influence de la pression des variations considérables de structure. Pour s'en convaincre, il convient de comparer deux os homologues du même animal, dont l'un fonctionne dans les conditions normales, tandis que l'autre est soumis au repos complet. Il suffit d'amputer la patte antérieure gauche, par exemple, à un jeune Cobaye, et, de le laisser vivre pendant deux ou trois ans. Dans ces conditions, le moignon du bras ou humérus gauche reste inactif pendant la survie, tandis que l'humérus de la patte droite fait un travail double puisqu'il supporte tout le poids du corps de l'animal. Dans l'os resté inactif (fig. 22, A), la trame réticulée acquiert un développement énorme,

tandis que la masse amorphe diminue et perd une grande partie de ses sels calcaires. Le tissu osseux devient plus mou. L'humerus, au contraire, qui a fait un travail double (fig. 24, B) montre une trame d'une grande finesse, une substance amorphe très développée et imprégnée d'une quantité très forte des sels calcaires.

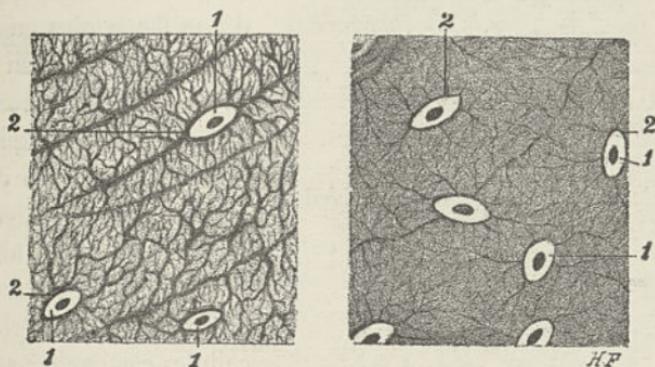


FIG. 22.

A, Os inactif ou au repos depuis trois ans ; B, os suractif ; 1, 1, cellule osseuse ; 2, 2, capsules et leurs prolongements granuleux ou chromophiles.

(Clichés Perrier, Anatomie et Physiologie animales, Librairie Hachette.)

C. OSSIFICATION. — Le tissu osseux est précédé de tissu conjonctif ou cartilagineux.

1. *Développement de l'os aux dépens du cartilage.* — Ce développement procède différemment, selon que le segment squelettique est le siège d'un allongement *considérable* ou *faible*. Dans les segments cartilagineux qui composent le premier squelette des membres des Mammifères, par exemple, le cartilage se multiplie abondamment et finit par produire un tissu qui se transforme en tissu osseux.

a) *Cartilage à allongement considérable.* — Sur le métacarpien d'un Chat nouveau-né, par exemple, on voit en allant de la tête du métacarpien vers la diaphyse (fig. 23) se succéder les couches suivantes : sur toute l'étendue de la cavité articulaire, existe (en 1) une couche de cellules lenticulaires, à grand axe parallèle à la surface articulaire. Au-dessous de cette couche (2), les cellules cartilagineuses sont arrondies ou ovalaires et séparées, comme dans la première couche, par une substance intercellulaire qui donne

au cartilage hyalin sa teinte opaque et bleuâtre quand on l'examine à la lumière réfléchie, et, qui est très transparente sur les coupes minces.

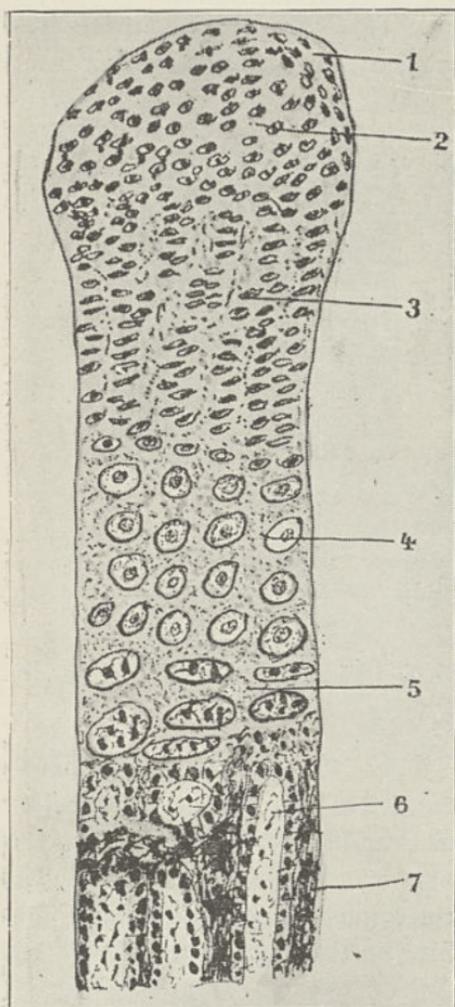


FIG. 23. — Métacarpien d'un chat nouveau-né.

1, cartilage de l'extrémité libre; 2, couche suivante; 3, cartilage sérié; 4, cartilage hypertrophié; 5, cartilage hyperplasié; 6, moelle osseuse; 7, travées osseuses.

Dans ces deux premières couches, les cellules cartilagineuses sont réparties d'une façon plus ou moins uniforme au milieu de la substance fondamentale. Dans la couche qui suit (en 3), les cellules cartilagineuses sont groupées en colonnes perpendiculaires à la surface; dans chacune de ces colonnes ou séries, les cellules cartilagineuses sont allongées parallèlement à la surface articulaire, c'est-à-dire que leur grand axe est perpendiculaire à la colonne. Ces cellules sont aplaties et semblent empilées comme des pièces de monnaie. Ces caractères ont fait désigner cette couche sous le nom de *cartilage sérié*.

Au-dessous du cartilage sérié se trouve une couche de grandes cellules, toujours entourées d'une capsule, mais dont la taille est double ou triple de celles des couches précédentes. Par la présence de ces cellules volumineuses qui ont 25 à 30  $\mu$ , cette couche mérite le nom de couche de *cartilage hypertrophié* (4). Outre un protoplasma réticulé, ces cellules hypertro-

phiées possèdent un noyau clair semé de granules chromatiques.

La substance intercellulaire de la couche hypertrophiée se caractérise par l'abondance des sels calcaires qui lui donnent un aspect blanc mat.

A la suite du cartilage hypertrophié on voit (en 5) une mince couche dont les éléments cellulaires sont tout différents : dans chaque capsule cartilagineuse, existent deux, puis quatre et enfin un plus grand nombre de petites cellules dont le noyau très chromatique n'a que 3 à 4  $\mu$ . et qui sont réunies entre elles par des prolongements très colorables. C'est une couche de *tissu hyperplasié*, qui est dû à la multiplication des cellules hypertrophiées. A mesure que ces petites cellules augmentent de nombre, la masse hyaline de la substance intercellulaire se résorbe ainsi que les capsules des cellules cartilagineuses.

Cette couche réticulée ou hyperplasiée fournira les éléments qui donneront naissance aussi bien aux travées du tissu osseux qu'au tissu mou ou médullaire qui en remplit les aréoles.

Au niveau de la couche de tissu *hyperplasié* ou *réticulé* qu'on appelle encore la ligne d'ossification, on voit à l'œil nu une *bande rouge* déjà signalée par Bichat. Cette bande rouge est due à la formation de globules rouges ou hématies aux dépens des noyaux du tissu réticulé. Cette sangui ou hématisation se poursuit pendant longtemps, même chez l'adulte, dans le tissu de la moelle osseuse (Voir p. 200). L'autre portion du tissu hyperplasié donnera naissance au tissu osseux proprement dit : les petites cellules se disposent en une rangée régulière à la surface des restes de substance intercellulaire cartilagineuse et prennent la forme de cellules polyédriques, juxtaposées comme celles d'un épithélium. Chaque cellule, dite ostéoblaste, se transforme en un élément polyédrique dont le protoplasma ou corps cellulaire s'hypertrophie : la portion périphérique se délimite de la portion centrale ou péri-nucléaire par le développement d'une capsule qui présente les réactions du tissu élastique. La portion intra-capsulaire ou péri-nucléaire constituera la cellule osseuse de l'os définitif avec un protoplasma clair et un petit noyau. La portion extra-capsulaire de l'ostéoblaste primitif donnera naissance, en se fusionnant avec les homologues des cellules voisines, à la substance intercellulaire ou fondamentale du tissu osseux. A cet effet, le protoplasma extra-

capsulaire élabore une trame granuleuse, constituée par des travées qui partent de la capsule de la cellule osseuse et qui se ramifient pour s'anastomoser avec les ramifications homologues des cellules voisines. Dans les mailles de cette trame se trouve une masse amorphe qui se calcifie.

b) *Cartilage à faible allongement.* — Dans les segments cartilagineux, tels que le rocher, qui ne sont le siège que d'un accroissement lent et minime, l'os se développe différemment : au lieu de s'hypertrophier et de s'hyperplasier pour former du tissu réticulé, les cellules cartilagineuses se modifient elles-mêmes pour devenir cellules osseuses.

Chez les enfants micromèles (nains), dont la nutrition générale est mauvaise, on observe dans les segments des membres les mêmes phénomènes de transformation directe des cellules cartilagineuses en cellules osseuses. Chez les Vertébrés inférieurs tels que le Triton, animal indolent, et, à croissance lente, la plupart des cellules cartilagineuses des segments des membres deviennent également cellules osseuses, sans préalablement donner naissance à un tissu réticulé ossificateur.

2. *Os non précédés de cartilage.* — Les os de la voûte du crâne, ceux de la face, ainsi que le tissu osseux qui se développe aux dépens du périoste se produisent directement dans le tissu conjonctif. Le processus est identique à celui que nous avons décrit dans les segments cartilagineux avec cette différence que le tissu réticulé, qui est le point de départ des ostéoblastes et des vaisseaux, provient *directement* de la prolifération des cellules conjonctives.

D. RELATIONS GÉNÉTIQUES ENTRE LES TISSUS CONJONCTIF, CARTILAGINEUX ET OSSEUX. — Les histologistes du XIX<sup>e</sup> siècle ont montré que les tissus conjonctif, cartilagineux et osseux ont des caractères communs : ils sont formés de cellules et de substance intercellulaire ou fondamentale. Ils ont vu que ces tissus se succèdent et se remplacent : le premier qui apparaît est le tissu conjonctif, ensuite se développe le tissu cartilagineux ; le tissu osseux succède à l'un ou à l'autre. Certains organes, la sclérotique, par exemple, restent toujours conjonctifs, chez l'Homme et les Mammifères ; chez les

Oiseaux, elle contient par places des nodules osseux; chez les Reptiles, ce sont des plaques osseuses, et, enfin chez la Grenouille, elle est particulièrement formée de cartilage hyalin. On a invoqué ces faits pour montrer la parenté de ces tissus qui se substituent volontiers l'un à l'autre.

La question se pose, à mon avis, tout autrement. Il s'agit de déterminer les facteurs qui transforment le tissu conjonctif en cartilagineux ou osseux.

Les tendons qui glissent librement dans le tissu conjonctif lâche restent toujours à l'état de tissu fibreux; ils sont soumis à la seule traction.

Les tendons (plantaire grêle du Chien et d'autres animaux, long péronier latéral, etc.) qui, sur un point de leur trajet, frottent sur une surface dure, se transforment, *en ce point*, en un tissu fibro-cartilagineux, cartilagineux ou osseux. Cette disposition devient héréditaire: le sésamoïde du long péronier latéral de la plupart des Singes est fibreux avant la naissance, devient cartilagineux dans le jeune âge, et, osseux chez l'adulte.

Les sésamoïdes des tendons fléchisseurs ou extenseurs de la main présentent des différences de structure semblables: la plupart restent fibreux ou fibro-cartilagineux chez l'homme, quelques-uns seulement passent à l'état osseux. Plus l'articulation est serrée, plus sont limités les mouvements, plus ils sont énergiques, plus vite se développe le stade osseux du sésamoïde. Voilà pourquoi les sésamoïdes métacarpo-phalangiens des Mammifères quadrupèdes sont osseux comme ceux de la même articulation du pouce humain. Il ne saurait être question de remplacement ni de substitution; il s'agit, en réalité, de l'action du facteur mécanique (pression, frottement) qui incite la cellule conjonctive à se modifier, à se transformer en cellule cartilagineuse ou osseuse. Lorsque le protoplasma a acquis la structure de cellule cartilagineuse, il élabore de la substance intercellulaire cartilagineuse. Il en va de même pour la cellule osseuse.

Lamarck, puis Darwin ont montré que les organes changent de forme lorsqu'ils sont placés dans des conditions différentes de milieu, de nutrition ou de fonctionnement. A la suite de modifications morphologiques, l'être se distingue de ses semblables, et, si les descendants continuent à vivre comme leurs parents, ils

forment un groupe ou une *espèce nouvelle*. Malheureusement ni l'expérimentation ni l'observation directe n'ont jusqu'aujourd'hui réussi à réaliser ces conditions de transformation d'une *espèce animale* en une autre.

Si l'on compare le même organe de deux animaux placés dans des conditions différentes, c'est-à-dire qu'on fasse l'histologie comparée de cet organe fonctionnant autrement, on acquiert la preuve que les cellules et les tissus se transforment. Un organe homologue (plantaire grêle, long péronier latéral, tendon des fléchisseurs ou extenseurs des doigts) reste *fibreux* tant qu'il n'effectue que la traction; s'il présente sur son trajet un nodule fibro-cartilagineux, cartilagineux ou osseux, selon l'intensité ou la répétition des frottements auxquels il est exposé, c'est que l'action mécanique (pression) modifie la structure et la nature de ses cellules. Celles-ci répondent à l'excitation en se transformant en une autre espèce cellulaire élaborant une substance intercellulaire différente. Que ces modifications portent sur plusieurs organes, l'ensemble de l'organisme ne tardera pas à différer profondément de celui de ses ascendants. L'hérédité transmettra aux descendants les mêmes changements, surtout s'ils continuent la manière de vivre de leurs parents. Cet exemple montre qu'il ne s'agit pas d'une tentative de recherche des causes premières; il n'y a là que la constatation d'un fait, à savoir que la matière vivante change de forme et de structure lorsqu'elle est exposée à des excitations d'intensité différente ou se faisant dans des sens variés.

---

## CHAPITRE VI

### MUSCLES

A l'œil nu, on a constaté de longue date que certains tissus, la *chair* ou les *muscles*, changent de forme; ils deviennent plus courts et plus épais; ils se *contractent*. Les uns ont un mouvement lent comme vermiculaire; ce sont les muscles à contraction la plupart *involontaire*, du moins chez les Vertébrés; les autres ont des contractions rapides, tels sont les muscles du squelette et ceux du cœur.

Examinés, au microscope, ces deux sortes de muscles présentent une forme et une structure différentes.

A. MUSCLES LISSES. — Ceux qui président aux mouvements *lents* montrent des cellules allongées, de figure fusiforme. Chacune de ces cellules possède un noyau en bâtonnet dans la portion renflée du fuseau. Ce noyau atteint le tiers, le quart ou moins de la longueur du corps cellulaire. Celui-ci montre des *fibrilles* (*myofibrilles*) et un protoplasma amorphe (*sarcoplasma* ou *hyaloplasma*) qui les réunit (fig. 24).

Les rapports des fibres-cellules sont très intéressants: elles sont disposées de façon que l'extrémité effilée de l'une corresponde au ventre renflé de l'autre. De plus, au point de contact, les fibrilles de l'une des cellules passent dans le corps de la cellule



FIG. 24. — Trois fibres musculaires lisses.

voisine et il en résulte un espace clair et réticulé analogue à ceux qu'on observe entre les cellules épithéliales. On a donné des interprétations diverses de cette disposition; on a parlé de *ponts intercellulaires*, de *tissu conjonctif intermédiaire* entre les fibres-cellules, etc.

L'étude du muscle de l'utérus à l'état *vide* ou *gravidé* éclaircira la question.

La figure 25 représente une section longitudinale d'un fragment

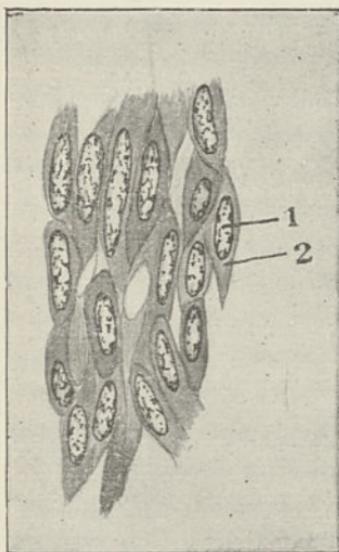


FIG. 25. — Fibres musculaires d'un utérus vide de cobaye.

1, noyau; 2, corps cellulaire et ligne intercellulaire.

musculaire d'utérus *vide* (en dehors de l'état de gestation). Le noyau (1) a la moitié de la longueur du corps cellulaire (2) qui est clair dans sa portion périnucléaire, et, sombre dans la portion corticale. Les fibres-cellules semblent séparées et réunies par une ligne sombre.

La fibre musculaire de l'utérus *gravidé* qui atteint une longueur d'un demi-millimètre à un millimètre, montre une structure bien différente (fig. 26).

Le noyau (1) est entouré d'un cytoplasma granuleux (3) qui se prolonge à chacune des extrémités du noyau en une traînée fort longue. Le reste du corps cellulaire (2) est représenté par un réticulum très délicat dont les mailles sont remplies d'un protoplasma transparent (hyaloplasma ou sarcoplasma).

On a donné le nom de *myofibrilles*, aux éléments figurés des fibres musculaires et on leur a attribué le rôle actif, c'est-à-dire contractile. La comparaison des figures 25 et 26 ne justifie point cette hypothèse: le muscle utérin au repos a peu de sarcoplasma et des fibrilles serrées et abondantes; l'utérus gravidé, quoique son tissu soit d'une grande mollesse et que la masse de son sarcoplasma l'emporte de beaucoup sur celle des fibrilles est, par contre, capable de contractions très énergiques et soutenues. A mesure que le muscle utérin s'hypertrophie au cours de la grossesse, c'est l'hya-

loplasma ou sarcoplasma qui augmente ; l'élément figuré, c'est-à-dire les myofibrilles sont plus rares. Cette hypertrophie du sarcoplasma s'accompagne d'un pouvoir plus intense de contraction.

De nombreux auteurs ont constaté les différences que nous signalons ; il est vrai qu'ils les ont expliquées en admettant la formation de ponts intercellulaires ou d'un cytoplasma spongieux entre les fibres musculaires ; en réalité, il s'agit du développement d'un sarcoplasma contractile plus abondant.

**B. MUSCLES STRIÉS.** — Les autres qui constituent les muscles du squelette et du cœur ont un aspect *strié* caractéristique : de là le nom de *muscles striés*.

Les fibres *musculaires striées* descendent également de cellules épithéliales qui, après avoir gagné la profondeur de l'organisme, se transforment en longues trainées. A cet effet, chaque cellule épithéliale s'allonge pendant que les noyaux se multiplient et que le protoplasma commun s'accroît en constituant un long cylindre. Enfin, on voit apparaître, à la surface du cylindre, des disques ou stries alternativement sombres et claires qui caractérisent les fibres musculaires striées.

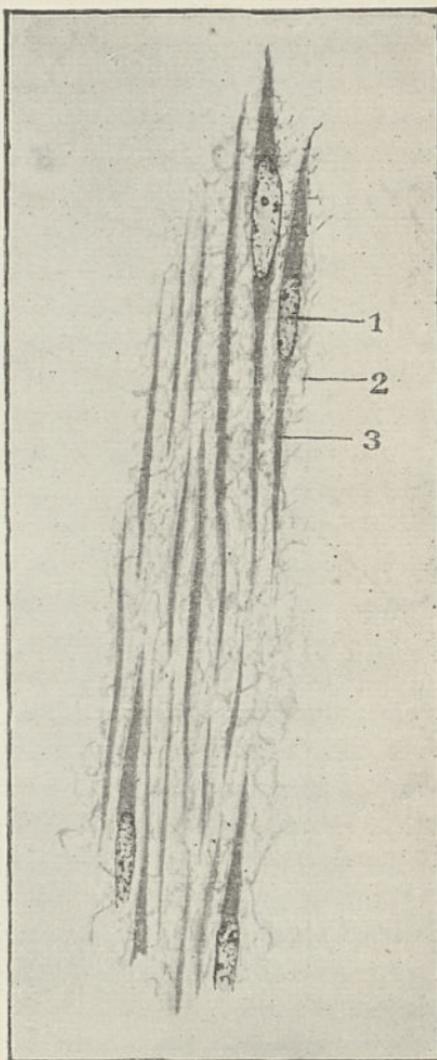


FIG. 26. — Fibres musculaires lisses d'un utérus gravide de cobaye.

1, noyau ; 2, cytoplasma cortical réticulé ; 3, protoplasma granuleux périnucléaire.

La figure 27 est la reproduction photographique d'une fibre musculaire striée du Ver de vase ou *Chironomus* : c'est une alternance de bandes alternativement claires et obscures. Remarquons



FIG. 27. — Fibre musculaire striée d'un ver de vase (*Chironomus*).

que la bande claire est divisée elle-même en son milieu par une fine bandelette obscure.

En donnant aux bandes obscures ou sombres le nom de *disques*, nous aurons donc des disques épais, des *disques* minces et des bandes claires. La figure montre bien que toutes ces parties (disques et bandes) sont continues ; elles sont essentiellement constituées

par des filaments ou fibrilles, les unes longitudinales, les autres transversales.

Il en résulte un quadrillage, un réseau ou réticulum d'une régularité remarquable. Autre fait facile à constater sur la photogra-

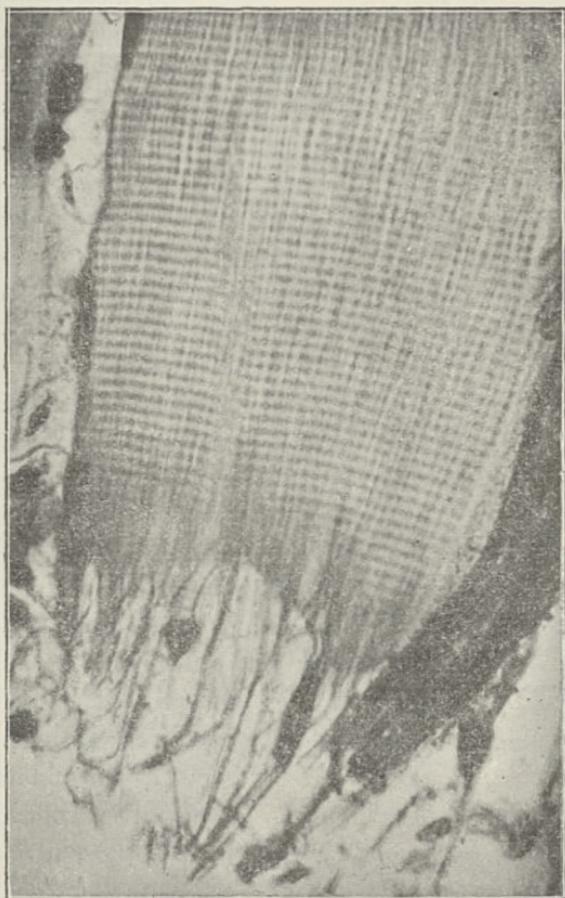


FIG. 28. — Coupe en long d'un muscle du squelette d'un têtard de grenouille, continu en bas avec le tendon.

phie : les fibrilles ou filaments sombres sont séparés par des traînées claires. Or, les filaments sombres présentent les réactions de fibres *élastiques*, c'est-à-dire qu'étirées, elles reprennent, dès que la traction cesse, leur longueur primitive comme fait un ruban élastique. Les traînées claires, au contraire, sont constituées par une substance ou masse amorphe et demi-fluide.

Si d'un Ver nous passons à un Vertébré, nous retrouverons une image analogue : la figure 28 représente une section en long d'un muscle du squelette d'un têtard de Grenouille, qui se continue en bas avec son tendon. Ici, comme chez le Chironomus, la substance musculaire se compose d'une série de disques sombres, placés au même niveau, et, de bandes claires qui alternent régulièrement.

Comment se comportent les disques sombres et les bandes claires pendant la contraction de la fibre musculaire ? Les fibres musculaires qui se contractent rapidement et dont les contractions se répètent un grand nombre de fois dans un court espace de temps présentent des disques sombres plus épais, et, une substance amorphe (*sarcoplasma*) plus rare que celles dont les contractions sont lentes et soutenues pendant longtemps.

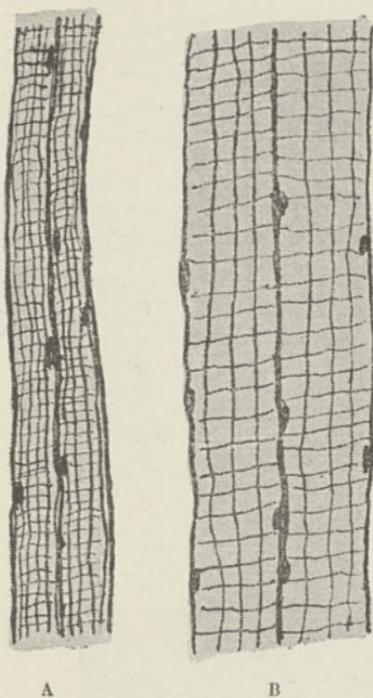


FIG. 29.

A, fibre musculaire du cœur du cobaye ;  
B, fibre musculaire du cœur du cheval.

le contraire qu'on observe dans le cœur du Cobaye qui se contracte 150 fois environ par minute (fig. 29, A et B).

Un muscle qui se contracte se raccourcit et s'épaissit. Pour expliquer ce fait, on a inventé de nombreuses hypothèses, la plupart fondées sur la supposition que la partie sombre et figurée représente l'élément contractile, la *myofibrille*, tandis que la partie amorphe, ou sarcoplasma, ne serait qu'un protoplasma nutritif ou banal. On a multiplié les termes désignant chaque strie sombre

ou bandelette claire par la lettre initiale d'un mot allemand (M, Q<sup>1</sup>, Q<sup>2</sup>, Z). Pour ceux qui ne comprennent pas cette langue, l'étude du muscle est un logogriphe indéchiffrable, et, pour les Allemands même, elle se réduit à une énumération de mots dont chacun désigne une apparence différente.

Cependant si l'on tient compte des réactions colorantes qui indiquent une nature autre, si, d'autre part, on se fonde sur les données physiologiques, on réussit à se faire une idée de la contraction musculaire. L'exercice et la fatigue augmentent la désassimilation de la fibre musculaire ; mais les éléments non azotés seuls fournissent un déchet plus considérable : l'azote n'est pas éliminé en proportion plus forte qu'à l'état de repos.

A force de faire contracter le muscle, c'est-à-dire de le soumettre à un travail plus intense, nous le voyons, au bout de plusieurs jours ou quelques semaines, non pas diminuer, mais augmenter ou s'hypertrophier. Donc l'assimilation l'emporte sur la désassimilation en même temps que le muscle devient plus consistant, plus dur et répondant aux excitations par des contractions de plus en plus énergiques.

Il serait intéressant de comparer à cet égard les muscles d'un Cheval de course à ceux d'un cheval de trait.

Je suis persuadé qu'on trouverait des différences analogues à celles que nous avons observées dans le cœur du Cobaye et le cœur du Cheval. Ces conclusions concordent, d'autre part, avec celles que nous avons tirées de l'étude du muscle utérin formé de fibres lisses.

## CHAPITRE VII

### VAISSEAUX

Bichat avait remarqué que tout le système vasculaire possède une *tunique commune*, celle qui est interne et qui s'étend des capillaires aux artérioles, aux artères, au cœur et aux veines. Les capillaires ne possèdent que cette tunique qui se double de deux autres dans les vaisseaux plus gros ; mais la structure de ces tuniques plus externes varie considérablement selon le calibre de l'artère ou la situation de la veine. Notons immédiatement que la distinction de deux ou trois tuniques est artificielle, car tous les éléments de la paroi artérielle ou veineuse forment un tout unique. Enfin, tout vaisseau débute à l'état de capillaire.

A. CAPILLAIRES. — Les capillaires de la plupart des organes constituent un système clos, c'est-à-dire que le sang est séparé des tissus par une paroi ininterrompue.

Dans la rate, ainsi que dans les tissus où il y a formation de vaisseaux sanguins et d'hématies, les capillaires ont des extrémités béantes et s'ouvrent dans les mailles du tissu propre.

Les capillaires ont un calibre de 6 à 10  $\mu$  ; ils sont limités par une membrane d'une finesse extrême (1  $\mu$ ) qui paraît amorphe ou anhiste et qui est semée de noyaux. Ce fait est général. Par certains réactifs, tels que le nitrate d'argent, on peut faire apparaître un trait noir au milieu du protoplasma qui sépare deux noyaux. Donc la plupart des capillaires (sauf les capillaires embryonnaires, les capillaires du foie adulte, peut-être ceux du glomérule rénal) semblent formés par la juxtaposition de cellules plates, longues de 30  $\mu$  environ, mais dont l'épaisseur n'est que de 1  $\mu$  en moyenne. On les a appelées *cellules endothéliales* (fig. 30, C).

B ARTÈRES. — Si, à l'inverse du cours du sang, on remonte des capillaires vers les artères, on voit le calibre des vaisseaux augmenter et en même temps, l'endothélium est renforcé par une

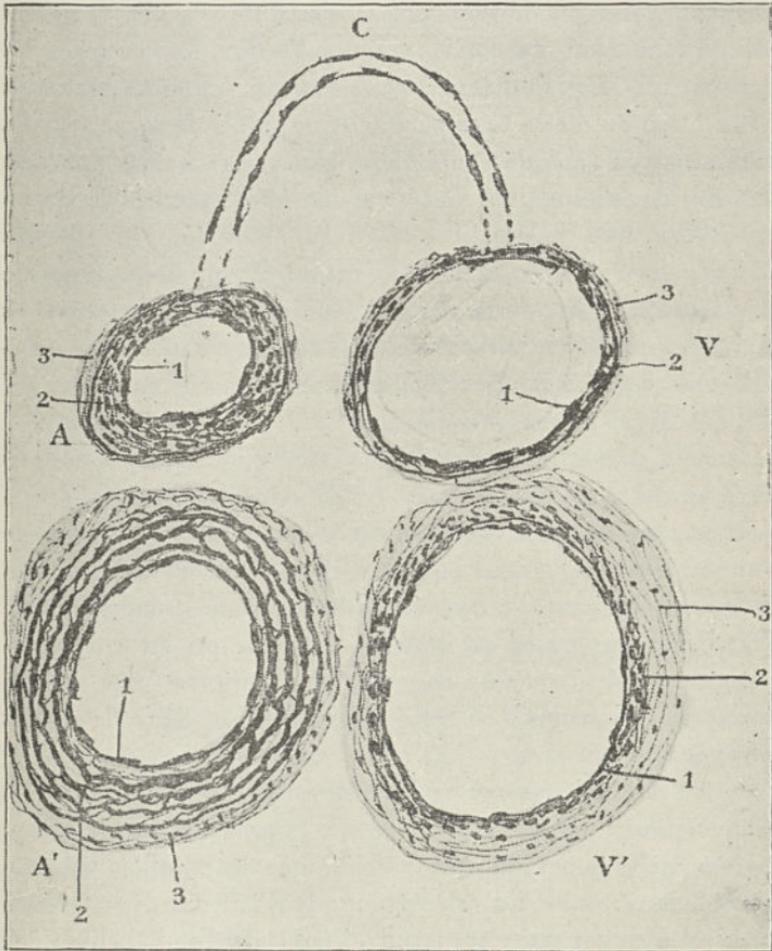


FIG. 30. — Structure des vaisseaux sanguins.

C, capillaires ; A, artériole ; A', grosse artère ; V, veinule ; V', grosse veine.  
i, tunique interne ou commune ; m, tunique moyenne ; e, tunique externe.

couche ou tunique externe (fig. 30, A). Déjà sur les artérioles, de 30 à 50  $\mu$ , les fibrilles élastiques apparaissent sous la forme d'une fine membrane *élastique* qui limite l'endothélium et sur ce squelette élastique s'attache un anneau musculaire formé de muscles lisses

à direction à peu près transversale ou circulaire. Il est bien entendu que le muscle lisse est séparé des tissus avoisinants par une mince membrane conjonctive (fig. 30, A).

A mesure que le calibre de l'artère augmente, les tuniques se modifient grâce au développement des fibres élastiques : l'endothélium repose sur une couche conjonctive dont les fibres élastiques prennent une direction longitudinale et qui s'anastomosent avec le réseau élastique de la tunique moyenne. Mais dans ces artères de calibre moyen (radiale, cubitale, tibiale), la couche musculaire comprise dans les mailles du réseau élastique reste très développée, c'est-à-dire que l'élément *contractile* prédomine sur l'élément *élastique*. La tunique *externe* contient un réseau élastique qui n'est que la continuation de celui de la tunique moyenne, mais dans ses mailles on trouve surtout des fibres et des cellules conjonctives.

Parfois, comme dans l'artère utérine pendant la grossesse, il s'y joint des fibres musculaires lisses.

Dans les grosses artères, telle que l'aorte (fig. 30, A') les éléments élastiques sont si développés qu'ils constituent une série de lamelles concentriques (50 à 60) et les intervalles qu'elles laissent montrent fort peu de muscles lisses. L'endothélium (1) repose sur une couche conjonctive dont les cellules prennent une figure stellaire. Enfin, la couche ou tunique externe, qui est conjonctivo-élastique, reçoit des vaisseaux nourriciers propres (*vasa vasorum*) qui, près du cœur, se prolongent jusque dans la tunique moyenne.

Donc l'élément musculaire l'emporte dans les petites artères sur l'élément élastique, et, ce dernier sur le premier dans les grosses artères. Mais il ne faut pas oublier que les fibrilles élastiques existent dans toutes les artères comme d'ailleurs dans toutes les veines et forment un réseau qui s'étend de l'endothélium de la tunique interne jusqu'à la face externe de la tunique externe. C'est le développement *inégal* du réseau élastique qui entraîne les différences de structure des artères, ainsi que celles des diverses tuniques d'une seule et même artère. La pression du sang est la cause qui détermine ce développement inégal. Les grosses artères attenantes aux ventricules reçoivent des ondées sanguines considérables qui les distendent ; pour maintenir la tension sanguine qui distribue le sang plus loin, la paroi des grosses artères développe

une riche trame élastique. A mesure que la pression sanguine diminue dans les artères plus petites, le réseau élastique devient de plus en plus délié. Cependant les circulations locales ont besoin dans un endroit d'être retardées, et, dans un autre endroit, d'être activées *simultanément* : aussi voyons-nous l'élément musculaire, qui est sous l'influence du système nerveux, acquérir dans les artères de petit calibre, un développement notable.

C. VEINES. — La paroi des veines forme encore un tout continu, dans lequel il est difficile de distinguer des couches ou tuniques distinctes (fig. 30, V et V'). Voilà pourquoi les uns y décrivent trois tuniques, d'autres quatre, d'autres deux seulement. Si nous tenons compte des *conditions mécaniques différentes* dans lesquelles se fait la circulation du sang des diverses veines, nous aurons une idée assez claire des variations de structure que présentent les parois veineuses.

Dans les veines du crâne, l'endothélium repose sur une couche conjonctive ; dans les veines des os, il s'y ajoute un réseau élastique. Dans les veines du cou, dans les veines coronaires, il y apparaît des fibres musculaires, soit longitudinales, soit circulaires. Dans les grosses veines des membres, dans la veine porte, dans la veine cave, il existe plusieurs couches de fibres musculaires, les unes à direction longitudinale, les autres à direction transversale. Un fin réseau élastique s'étend de l'endothélium jusqu'à la surface externe de la paroi veineuse. Plus la pression est forte (grosses veines des membres), plus l'élément musculaire prend de développement. Dans les veines devenues variqueuses, la paroi acquiert l'épaisseur de l'aorte avec hypertrophie de l'élément musculaire<sup>1</sup>.

Quant aux *valvules veineuses*, ce sont des replis de la tunique interne avec un réseau élastique développé surtout vers leur face interne.

D. VAISSEaux LYMPHATIQUES. — Les vaisseaux lymphatiques comprennent les capillaires lymphatiques et les vaisseaux lymphatiques.

1. C'est la pression du sang qui détermine la dilatation de la veine ; il en résulte une insuffisance valvulaire. L'élément musculaire de la paroi réagit, ensuite s'hyperplasia, s'hypertrophie et renforce quelque peu sa résistance, sans pouvoir, il est vrai, rétablir le cours régulier du sang veineux.

tiques proprement dits. Les vaisseaux lymphatiques ramènent aux veines le plasma transsudé à travers les capillaires sanguins, ainsi que les déchets inter-organiques. Ils ont donc un rôle analogue à celui des veines ; comme ces dernières, ils présentent des valvules placées ici l'une en regard de l'autre et dont la forme et la disposition sont celles d'un double nid de pigeon. Comme dans les veines, elles règlent le cours de la lymphe. Ce sont ces valvules qui sont la cause de l'aspect variqueux que présentent les vaisseaux lymphatiques. En effet, la lymphe tend constamment à refluer vers la périphérie, c'est-à-dire vers les capillaires lymphatiques où sa pression est très faible. Mais en s'engageant entre la paroi du vaisseau lymphatique et la face externe de la valvule, celle-ci est refoulée vers l'axe du vaisseau, s'abaisse et s'oppose au passage de la lymphe. A ce niveau, c'est-à-dire immédiatement *au-dessus* de l'insertion des deux valvules opposées, le lymphatique se dilate et son calibre devient plus considérable que dans le segment situé *au-dessous* de ces valvules.

Ces conditions mécaniques nous permettent de comprendre la structure des vaisseaux lymphatiques.

Les capillaires lymphatiques forment, en s'anastomosant dans les tissus, un réseau serré dont les canalicules sont 15 à 20 fois plus larges que les capillaires sanguins. Leur structure est la même que celle de ces derniers, si ce n'est que les cellules plates ou endothéliales, qui, seules, constituent leur paroi, ont des bords plus ondulés, plus sinueux que celles des capillaires sanguins.

Quant aux *vaisseaux lymphatiques* proprement dits, ils ont une paroi dont la structure rappelle celle des veines musculées. Cependant le réseau élastique et les fibres musculaires lisses y prennent un plus grand développement et encore la disposition des muscles varie-t-elle dans les portions *sus-valvulaire* et *sous-valvulaire*. Dans cette dernière, les fibres musculaires affectent une direction surtout circulaire ; mais dans la portion ou renflement *sus-valvulaire*, les fibres musculaires sont circulaires profondément, et obliques et entrecroisées superficiellement.

Il va de soi que la face interne du vaisseau lymphatique est revêtue de l'endothélium que nous avons décrit dans les capillaires.

## CHAPITRE VIII

### SYSTÈME NERVEUX

A. CELLULE NERVEUSE. — Les cellules nerveuses sont de provenance *directement* épithéliale; l'épiderme, pour leur donner naissance, végète le long de la ligne dorsale et médiane de l'embryon et se déprime en gouttière qui se ferme et dont les parois s'épaississent pour constituer la moelle épinière et l'encéphale. Les ganglions spinaux et sympathiques sont des amas cellulaires qui se détachent de chaque côté de ce cordon cérébro-spinal.

Les cellules nerveuses sont à l'origine de hautes cellules épithéliales. Bientôt elles modifient leur forme

en poussant des prolongements. Certaines d'entre elles, celles des ganglions spinaux, par exemple, ne semblent posséder, chez l'adulte, qu'un seul prolongement. En réalité, ce prolongement unique résulte du rapprochement de deux prolongements dont chacun s'est produit à l'un des

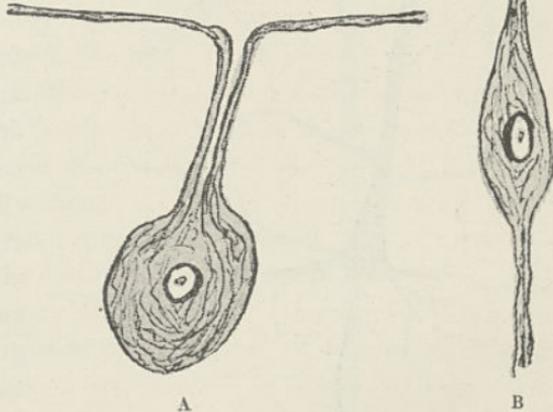


FIG. 31.

A, cellule en apparence unipolaire d'un ganglion rachidien, mais le prolongement unique ne tarde pas à se diviser en deux branches, l'une centrale, l'autre périphérique; B, cellule nerveuse bipolaire.

pôles opposés de la cellule (fig. 31, A). A l'origine, la cellule est *bipolaire* (fig. 32, B), comme le restent toute la vie les cellules

de la muqueuse olfactive, les cellules du ganglion auditif, et certaines cellules de la rétine. La plupart des cellules de l'axe

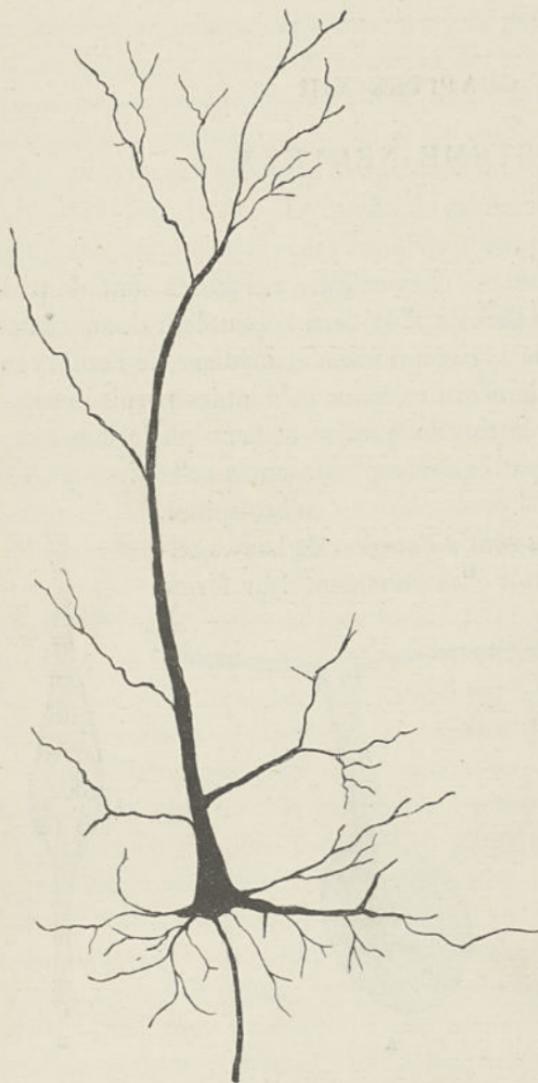


FIG. 32.

Cellule pyramidale du cerveau imprégnée de chromate d'argent.

cérébro-spinal se munissent d'un grand nombre de prolongements dont l'un acquiert une grande longueur et ne se ramifie qu'à son bout terminal; c'est là le prolongement qui, occupant l'axe d'une fibre nerveuse, a reçu le nom de *cylindre-axe*. Les autres prolongements restent courts et se ramifient abondamment; on les appelle prolongements *protoplasmiques* (fig. 32).

Les cellules nerveuses, celle des cornes antérieures de la moelle épinière par exemple, sont très volumineuses, elles mesurent  $0^{\text{mm}},1$  et  $0^{\text{mm}},2$  et sont donc visibles à l'œil nu. Chacune possède un noyau grand et clair, qui montre un gros nucléole. Comme les autres cellules nerveuses, celles de la corne antérieure se caractérisent par l'absence de toute

image indiquant la division cellulaire; en d'autres termes, les cellules nerveuses de l'adulte ne se multiplient point.

Deux procédés ont fait faire de grands progrès à nos connaissances relatives au système nerveux : l'un est dû à Golgi, et l'autre à Ramon y Cajal.

Si, à l'exemple de Golgi, on imprègne un fragment de tissu nerveux par un précipité de chromate d'argent, on réussit à colorer en noir une *seule* ou de rares cellules nerveuses, tandis que les autres restent incolores. En examinant ensuite les coupes épaisses de ce fragment, on peut suivre, au milieu des cellules incolores, les prolongements noirs de la cellule imprégnée et en déterminer la forme et les moindres ramifications (fig. 32).

D'autre part, le procédé de Ramon y Cajal permet d'imprégner de nitrate d'argent les cellules nerveuses, et ensuite de réduire ce sel par l'acide pyrogallique. De cette façon, le protoplasma ou corps cellulaire montre un réticulum ou réseau *noir* (protoplasma fibrillaire ou *neurofibrilles*) et un protoplasma amorphe, *incolore* (*neuroplasma*) (fig. 33).

Les neurofibrilles s'anastomosent dans le corps cellulaire, mais en se continuant dans les prolongements cellulaires, elles semblent acquérir chacune son indépendance et se disposer parallèlement les unes aux autres.

A mon avis, il s'agit là de deux stades évolutifs distincts : le

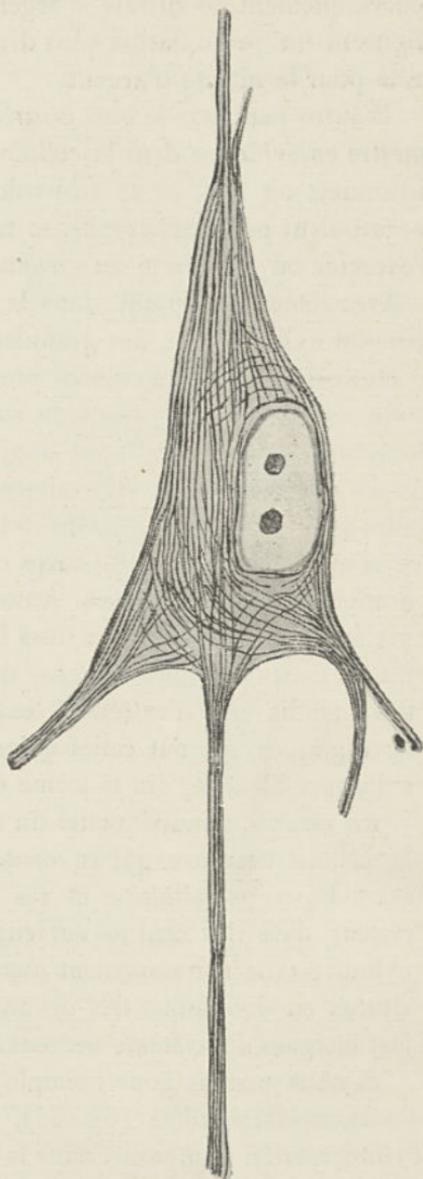


FIG. 33.

Cellule pyramidale du cerveau traitée par le procédé de R. y Cajal.

neuroplasma est le protoplasma plus jeune et qui retient moins énergiquement le nitrate d'argent, tandis que les neurofibrilles figurent un protoplasma plus dense, ayant une plus grande affinité pour le nitrate d'argent.

D'autre part, par le bleu de méthylène, la thionine, etc., on peut mettre en évidence dans la cellule nerveuse, des granulations, des bâtonnets ou des blocs très colorables (*corps de Nissl*) qui s'y accumulent pendant le repos, se raréfient ou disparaissent pendant l'exercice ou la fatigue du système nerveux.

Avec l'âge, il apparaît dans la cellule nerveuse, près de l'origine du cylindre-axe, des granules ou des amas de pigment.

Outre les cellules nerveuses proprement dites, on trouve dans le système nerveux un tissu de soutien, qu'on a regardé pendant longtemps comme du tissu conjonctif venu du dehors et qui y aurait été amené par les vaisseaux : c'est la *névroglie* (glu nerveuse). La névroglie a même origine que les cellules nerveuses ; ce sont des cellules à petit corps cellulaire et à prolongements très nombreux et très ramifiés. Autour du canal central ou épendymaire, ces cellules ont les unes la forme de colonnes ou de pyramides dont l'extrémité interne, munie de cils, revêt le canal central, tandis que l'extrémité externe est ramifiée. Les cellules névrogliales, surtout celles qu'on trouve entre les fibres de la substance blanche, ont la forme d'araignées à longues pattes.

*En résumé*, l'individualité du tissu nerveux est représentée par la cellule nerveuse qui en constitue en même temps l'élément actif. Le corps cellulaire et ses prolongements protoplasmiques restent dans les centres nerveux, tandis que le prolongement cylindre-axile non seulement met en rapport des cellules nerveuses situées en des points très distants, mais encore avec des organes fort éloignés du système nerveux.

Si nous prenons pour exemple la cellule de la corne antérieure de la moelle épinière (fig. 34), nous voyons le prolongement cylindre-axile s'entourer, dans la portion blanche ou périphérique de la moelle, d'une gaine blanche formée par une substance d'apparence grasseuse, la *myéline*. En passant dans la racine antérieure, une autre gaine, dite de Schwann, enveloppe la myéline et fragmente celle-ci en une série de segments, car à des distances régulières, la myéline fait défaut, et, en ces points, la gaine de

Schwann arrive au contact du cylindre-axe. Ce dernier, quoique situé hors du système nerveux central, est donc tout simplement un prolongement formant avec la cellule nerveuse un tout continu et la reliant aux organes périphériques. Gains de myéline et de Schwann ne sont que des enveloppes de protection ou d'isolement.

Si, au lieu de la cellule de la corne antérieure, nous avons pris pour exemples les cellules nerveuses qui constituent le ganglion spinal ou rachidien, nous aurions trouvé une structure et des connexions analogues. Le prolongement, d'apparence unique, qui part de la cellule du ganglion, ne tarde pas à se diviser en T : l'une des branches va se rendre à la périphérie vers la peau, l'autre, au contraire, se dirige vers la face postérieure ou dorsale de la moelle et s'arborise dans la

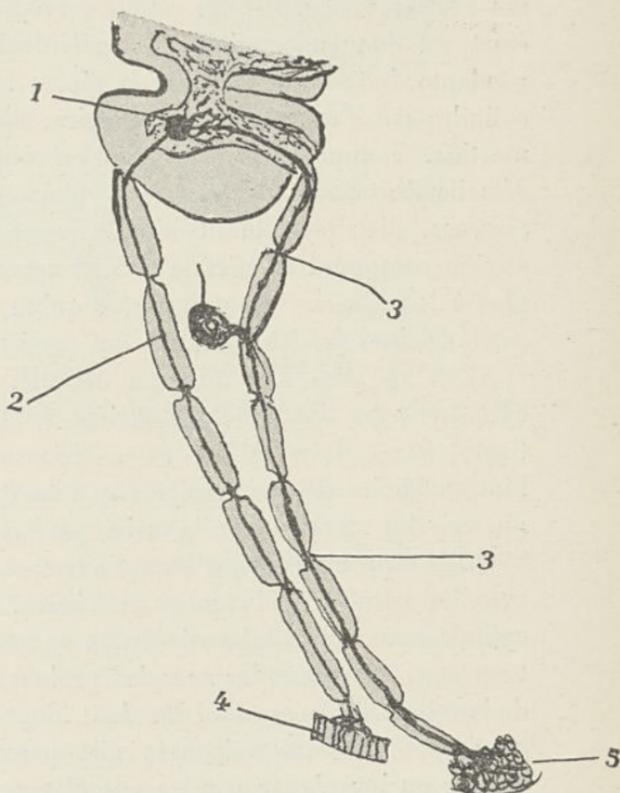


FIG. 34. — Coupe de la moelle épinière au niveau des racines antérieure et postérieure.

1, cellule de la corne antérieure ; 2, racine antérieure ; 3, branche périphérique du prolongement de la cellule du ganglion et branche centrale 5 du même ; 4, fibre musculaire ; 4', ganglion rachidien ; 5, peau.

substance grise pour se mettre en rapport avec les prolongements ramifiés de la cellule de la corne antérieure. Les fibres nerveuses de ces deux branches (centrale et périphérique) ont même structure que celle qui émane de la corne antérieure, à savoir : 1° un cylindre-axe ; 2° des segments de myéline ; 3° une gaine de Schwann.

Les nerfs gris (du sympathique par exemple) ont de rares fibres à myéline ; le cylindre-axe de la plupart d'entre elles

s'entoure d'une gaine de nature peut-être élastique (*gaine de Schwann*).

B. RAPPORTS DES CELLULES NERVEUSES ENTRE ELLES OU AVEC LES AUTRES TISSUS. — La cellule nerveuse avec les fibres qu'elle émet est donc une unité, une individualité complètement indépendante de ses voisines. Si l'on sépare la fibre, c'est-à-dire le cylindre-axe d'avec le corps cellulaire, elle cesse de vivre, elle se mortifie, comme la branche que l'on coupe c'est-à-dire que l'on détache du tronc. On donne à ce phénomène le nom de *dégénérescence*. Bien plus, la myéline se fragmente et se résorbe; si la section comprend un nerf ou cordon nerveux entier, on ne trouve plus à leur place, un mois après, qu'un faisceau gris représenté par les gaines de Schwann qui ont persisté.

Alors se pose une question délicate. Nous savons que les cylindres-axes des cellules motrices de l'écorce cérébrale aboutissent aux cellules de la corne antérieure de la moelle. C'est par l'intermédiaire de ces dernières que la volonté peut agir sur les muscles des membres, de la main, par exemple.

Quels rapports affectent les cylindres-axes des cellules cérébrales avec les cellules de la corne extérieure? Les neurofibrilles du cylindre-axe des cellules cérébrales se continuent-elles, en s'anatomisant, par exemple, avec les prolongements protoplasmiques de la cellule de la moelle? Pendant longtemps, on a admis cette continuité; aujourd'hui on la nie, parce qu'on n'a jamais pu colorer ou imprégner par les sels d'argent un réseau ou réticulum intermédiaire entre les dernières ramifications, ou buisson terminal d'un cylindre-axe, et les prolongements protoplasmiques de la cellule où aboutit le cylindre-axe. C'est par des prolongements *libres, par simple contact*, qu'une cellule nerveuse se mettrait en rapport avec les autres cellules nerveuses, et agirait sur ces dernières.

Nous avons vu que le protoplasma de la cellule nerveuse se compose d'éléments figurés (*neurofibrilles*) et d'hyaloplasma amorphe (*neuroplasma*). Quel est le rôle de ces deux protoplasmas?

Chez les animaux tout à fait inférieurs, il existe dans le revêtement épithélial (fig. 35) des cellules épithéliales qui s'allongent par leur extrémité profonde et se mettent en rapport avec une fibre musculaire.

On les appelle *neuro-épithéliales*, parce que, au contact d'un corps étranger, ces cellules agissent sur la fibre musculaire qui, excitée, se contracte.

Dans le système nerveux des animaux supérieurs (fig. 34), la cellule qui reçoit le contact des corps étrangers, c'est-à-dire l'impression (cellule sensitive, fig. 34) ne se met pas en rapport direct avec le muscle; elle transmet l'impression à une autre cellule

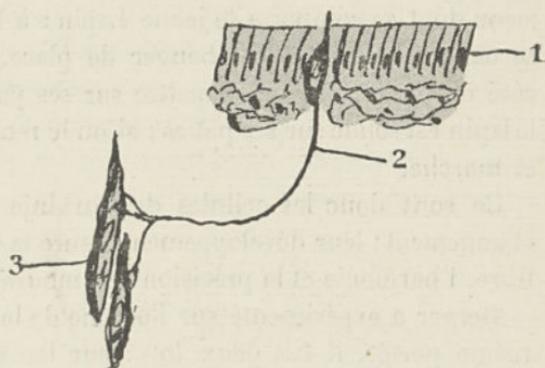


FIG. 35. — Rapport de la cellule nerveuse avec le muscle chez les animaux tout à fait inférieurs.

1, épithélium; 2, cellule devenue nerveuse (neuro-épithélium); 3, cellule musculaire.

(cellule de la corne antérieure, 34, 1) qui modifie l'impression. Après ces transformations seulement, l'impression agit sur la cellule qui est en rapport avec le muscle (*cellule motrice*) par le cylindre-axe de la corne antérieure (fig. 34, 2).

Dans les actes cérébraux ou intellectuels, d'autres cellules s'intercalent entre celle qui reçoit l'impression et celles qui la transmettent au muscle. Bien plus, les impressions qui parviennent à la cellule cérébrale peuvent rester, pour ainsi dire, pendant longtemps à l'état latent et ne mettre que plus tard, après élaboration, la cellule motrice en action.

Que se passe-t-il dans la cellule nerveuse? Les anciens admettaient un fluide spécial, qu'ils appelaient l'*influx nerveux* et qui produirait toutes les manifestations phénoménales.

On l'avait comparé et même assimilé à l'électricité. C'est là une erreur. L'influx nerveux est une élaboration de la cellule nerveuse qui la produit sous l'influence des excitations extérieures. Nous n'en connaissons pas la nature, mais nous pouvons affirmer qu'il est dû au travail de la cellule nerveuse. En voici la preuve.

Le cervelet est un organe qui préside à l'équilibre et à la coordination des mouvements. M. Athias a étudié sur le lapin à la naissance, des cellules de l'écorce cérébelleuse; toutes les cellules

superficielles, dites de Purkinje, sont fort petites; 6 à 8 jours après, les cellules de Purkinje sont volumineuses et munies de riches ramifications en bois de cerf. Ceci concorde avec la façon dont se comporte le jeune Lapin : à la naissance, il ne peut se tenir debout, à peine bouger de place, car il retombe sur le côté dès qu'il tente de se mettre sur ses pattes. Huit jours après, le lapin est solide sur ses pattes ; si on le renverse, il se redresse vite et marche.

Ce sont donc les cellules de Purkinje qui ont déterminé ce changement ; leur développement assure la station debout, l'équilibre, l'harmonie et la précision des mouvements.

Berger a expérimenté sur l'organe de la vue : des Chiens de la même portée, il fait deux lots : sur les uns, il cousit les deux paupières de façon à empêcher toute pénétration de lumière ; les autres furent laissés libres et purent se promener les yeux ouverts. Plusieurs mois après, il compara les cellules du lobe occipital de ces deux lots de chien. Sur les chiens qui n'avaient pas reçu d'impression lumineuse sur la rétine, les cellules cérébrales du lobe occipital (centre de la vision) étaient restées aussi petites que celles d'un chien avant la naissance. Sur les jeunes Chiens témoins dont les yeux avaient fonctionné, les cellules de l'écorce du lobe optique s'étaient développées et présentaient la forme de pyramides, caractéristique des cellules cérébrales.

Ces faits prouvent que l'excitant extérieur (marche, lumière) ne met pas uniquement en mouvement un principe extra-matériel : il exerce son action sur le protoplasma de la cellule. Celle-ci augmente de volume par l'exercice qui accélère l'apport plus abondant de matériaux nutritifs. C'est dans ces conditions seulement qu'elle est apte à fonctionner. Bien plus, outre les éléments solides, outre l'excitant approprié, la cellule cérébrale a un besoin constant d'oxygène. Dans une expérience mémorable, Mosso le prouve. Il eut l'occasion d'observer un homme du nom de Bertini qui avait subi la perte d'une partie du crâne, ce qui avait mis à nu toute la portion frontale du cerveau. On sait que chez les animaux à sang chaud, les Mammifères, l'homme y compris, le système nerveux central ne fonctionne que s'il est constamment irrigué par le sang. Dès que l'arrivée du sang est interrompue, il survient des troubles nerveux. Mosso fit alors les expériences suivantes : il

comprima les deux carotides qui, on le sait, fournissent le sang à la portion antérieure du cerveau. Le cœur continuait à battre régulièrement, mais les pulsations des artères cérébrales cessèrent. En faisant compter le sujet de façon qu'il prononçât un chiffre par seconde, Mosso constata qu'après 6 secondes, le sujet ne compta plus, perdit connaissance et s'endormit. Pour le réveiller, il suffisait de cesser la compression. Donc la conscience, c'est-à-dire la notion du soi et du monde extérieur, est liée intimement à la présence de l'oxygène et aux échanges gazeux que font les cellules cérébrales.

Les conditions physico-chimiques indispensables au fonctionnement de la cellule nerveuse sont donc la présence de l'oxygène et des éléments nutritifs. Nous laissons de côté la température qui varie selon l'espèce animale. Il nous reste à examiner l'état et surtout la structure de la cellule nerveuse<sup>1</sup> pour qu'elle soit apte à transformer les excitations du monde extérieur, en sensation.

Sur l'enfant à la naissance, les cellules de

l'écorce cérébrale sont petites et le cylindre-axe de nombre d'entre elles n'est pas encore muni de gaine de myéline. Cette gaine existe sur les fibres nerveuses qui sont en rapport avec les organes des sens.

Il voit les objets ; les fibres des cellules pyramides du lobe occipital (fig. 35 bis) sont déjà entourées d'une gaine de myéline.

1. De même que l'arbre comprend, outre le tronc et les racines, des branches et des feuilles, nous entendons par cellule nerveuse le corps cellulaire et ses prolongements.

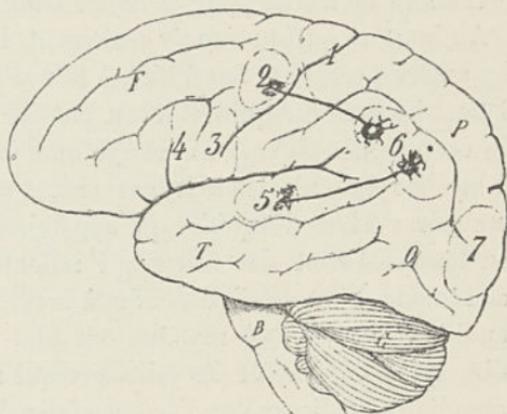


FIG. 35 bis. — Cerveau avec l'indication de ses centres.

B, bulbe ; C, cervelet ; F, lobe frontal ; P, lobe pariétal ; T, lobe temporal ; O, lobe occipital ; 1, centre des mouvements du membre abdominal droit ; 2, centre des mouvements du membre thoracique droit ; 3, centre des mouvements de la face et de la langue ; 4, centre des images motrices vocales ; 5, centre de la mémoire auditive des mots ; 6, centre de la mémoire visuelle des lettres ; 7, centre visuel commun.

Entre 5 et 6, fibre d'association des centres visuel et auditif ; entre 2 et 6, fibre d'association entre le centre visuel et le centre moteur de la main.

C'est là que se développe le *centre visuel commun* (7). L'enfant *entend* ; les cellules nerveuses du lobe temporal (5) sont à un stade de développement aussi avancé que celles du lobe occipital. Donc, chez l'enfant à la naissance, l'impression que fait la lumière est transmise par la rétine, par la commissure, dite nerf optique, aux corps genouillés et aux tubercules quadrijumeaux antérieurs, et, de là, au lobe optique. Les cellules de toutes ces régions nerveuses, ainsi que leurs fibres ont une structure qui les rapproche de la cellule adulte.

Il en va de même pour le *centre auditif commun*.

Au bout de quelques mois seulement, l'enfant distingue sa mère des autres personnes aussi bien à la vue qu'à la parole. Peu à peu, il tend les bras lorsqu'il voit ou entend sa mère, et, à l'examen du cerveau des enfants de cet âge on constate la présence de *fibres à myéline* qui n'existaient pas chez l'enfant à la naissance. Les premières *fibres à myéline* qui apparaissent dans le lobe occipital ou temporal sont des fibres qui relient ces portions de l'écorce aux tubercules quadrijumeaux et à la rétine ou bien aux ganglions auditifs. Ces fibres à myéline ont une direction *radiée*, c'est-à-dire qu'elles forment des faisceaux qui rayonnent des centres ou ganglions inférieurs vers l'écorce cérébrale.

Chez l'enfant qui tend les bras, il s'est développé d'autres *fibres à myéline* qui n'existaient point à la naissance. Ces fibres (fig. 35 bis, entre 6 et 2) affectent essentiellement une direction parallèle ou tangentielle à la surface du cerveau. On leur donne le nom de fibres ou *faisceaux d'association*, et, dans l'exemple que nous avons choisi, le faisceau d'association (reliant 6 à 2) met en relation le centre visuel (7) avec le *centre volontaire des mouvements des bras* dont les cellules sont également pourvues de myéline.

Plus tard seulement l'enfant crée, par le travail, de nouveaux centres : le centre auditif qui lui fait comprendre le sens des mots entendus par l'oreille (fig. 35 bis) et le centre du *langage articulé* (4), c'est-à-dire qu'il apprend à prononcer les mots qui expriment sa pensée. Le vue du cheval provoque l'exclamation *dada*.

A force de travail et d'exercice, nous augmentons le nombre des cellules et des fibres d'association, et, au lieu de dire : c'est une fleur, nous arrivons aisément à distinguer les fleurs les unes des autres, les nombreuses variétés de roses, par exemple. Un

bûcheron distingue, à l'écorce et aux feuilles, le charme du hêtre, alors que j'ai besoin de voir le fruit pour faire cette distinction.

C'est grâce à ces cellules ou faisceaux d'association qu'une sensation ou idée visuelle, par exemple, réveille une idée auditive et *vice versa*. La vue d'une cloche nous rappelle le son de la cloche et nous nous représentons même le son spécial de la clochette ou du bourdon. De même le son de la clochette nous donne une autre image visuelle que celle due au son du bourdon (fig. 35 bis, flèche entre 5 et 6).

La vue d'une pomme réveille en nous une idée gustative différente de celle d'une poire.

Ainsi la notion de *rose*, par exemple, nécessite l'intégrité et l'intervention : 1° des cellules de la rétine qui reçoivent l'impression de la lumière ; 2° celles des tubercules quadrijumeaux qui transforment cette impression ; 3° celles du lobe optique qui la modifient encore pour en faire une sensation, c'est-à-dire une notion consciente. Toutes ces cellules doivent être non seulement vivantes, mais être dans les conditions physico-chimiques déjà mentionnées (oxygène et plasmas nutritifs).

Si l'une de ces conditions manque, nous ne voyons plus l'objet, nous sommes aveugles.

L'homme, ainsi que les Mammifères supérieurs, le Chien par exemple, ont réussi à associer à ce centre visuel commun des cellules et des fibres qui savent attacher à tel objet un sens spécial, on l'a appelé le centre psychique. C'est ainsi que l'homme cultivé a créé un *centre de la mémoire des mots écrits, lus par les yeux* (fig. 35 bis, 6'). Ce centre est une œuvre humaine, due au travail et à l'exercice. Il est probable que l'homme qui ne sait pas lire possède dans son lobe optique autant de cellules pyramidales que celui qui sait lire. Il n'y a pas de doute que nous pouvons par un travail assidu apprendre à lire et à comprendre l'anglais, par exemple sans savoir le parler, ni saisir le sens des mots prononcés par un Anglais. Comment expliquer le développement de cette faculté ou localisation visuelle du sens des mots ? A coups de dictionnaire, nous attachons à tel mot anglais une signification précise ; chaque fois que nous voyons ce mot, l'impression passe au centre visuel commun du lobe optique qui est en relation avec les cellules du même lobe où s'est déposée la mémoire de ce mot.

Nous réveillons cette image par la vue renouvelée du mot et c'est ainsi que nous avons créé un *centre visuel* des mots anglais lus par les yeux. Une hémorragie cérébrale qui atteint les cellules de ce centre nous fait perdre cette localisation alors que la vue des objets continue à être conservée.

Que se passe-t-il dans la cellule nerveuse quand elle transforme l'impression en sensation et ensuite en image ou idée ?

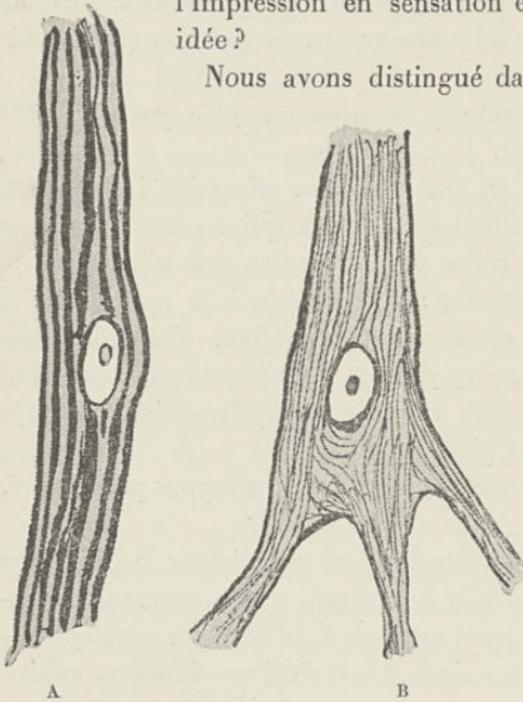


FIG. 36.

A, cellule nerveuse d'un lézard en sommeil hibernale (d'après R. y Cajal); B, cellule nerveuse d'un lézard qui avait été excité (d'après le même).

Nous avons distingué dans la cellule le neuroplasma et les neurofibrilles; quel est le rôle de ces protoplasma, l'un amorphe et l'autre figuré ? Une expérience de R. y Cajal nous le fait entrevoir. R. y Cajal étudia comparativement les cellules de la corne antérieure de la moelle sur un Léopard en sommeil hibernale, d'une part, et sur d'autres Léopards qu'il avait excités par la section de la queue ou par un séjour prolongé dans une étuve à 30°. Sur le premier (fig 36, A), les neurofibrilles étaient rares et épaisses, tandis que sur les autres (fig. 36, B), elles étaient minces et abondantes. Ce fait me semble comporter l'interprétation suivante Nous savons que, par l'exercice, la cellule nerveuse augmente de volume. Ceci indique qu'il se produit un nouveau neuroplasma Or, ce neuroplasma amorphe non seulement apparaît entre les neurofibrilles, mais il les imprègne de telle sorte qu'il les dédouble en fibrilles plus minces et plus nombreuses. Il est probable qu'il se développe également de nouvelles neurofibrilles pendant le

travail de la cellule nerveuse. Les neurofibrilles ne représenteraient-elles pas le vieux protoplasma avec ses qualités héréditaires et acquises, tandis que le neuroplasma serait un protoplasma nouveau, développé sous l'influence des excitations du moment ?

On a considéré pendant longtemps les neurofibrilles comme de simples fils conducteurs de ce fluide particulier qu'on a appelé *influx nerveux*. A mon avis, le réticulum ou les fibrilles de la cellule nerveuse, représentant le protoplasma figuré, sont le deuxième stade évolutif de la cellule nerveuse. C'est un protoplasma plus stable comme la chromatine du noyau par rapport au nucléoplasma. Or, comme nous le verrons, c'est dans la chromatine du noyau que siègent les qualités héréditaires. Il me paraît qu'il doit en être de même en ce qui concerne les qualités acquises par le travail et l'exercice, car celles-ci seraient liées à l'élément figuré du cytoplasma.

N'oublions pas les corps colorables de Nissl. Ils sont volumineux et abondants dans la cellule au repos et ils disparaissent lors du travail et surtout par la fatigue. Ils participent certainement à la transformation des impressions en sensations ou à celle de la production de la force qui agit sur la contraction musculaire. Habituellement ils passent pour être des réserves nutritives.

En résumé, les impressions, arrivant aux cellules cérébrales, cérébelleuses ou médullaires, commencent par contribuer à leur accroissement. Nous avons vu, qu'en l'absence d'impressions visuelles, les cellules du lobe occipital restent rudimentaires. Plus la cellule travaille, plus son neuroplasma augmente.

Quelles sont les portions du corps cellulaire qui conservent le souvenir des impressions et des images antérieures ? Il est possible que ce soit la partie la plus stable, la plus solide, c'est-à-dire les neurofibrilles ; celles-ci retiendraient et fixeraient l'image des impressions passées. Le neuroplasma est le protoplasma jeune, mais il est capable d'évoluer en neurofibrilles d'autant plus nombreuses qu'il est soumis à des excitations plus prolongées ou plus fréquemment répétées.

On ne manquera pas de trouver que nous abordons des questions philosophiques ou métaphysiques. Il ne me paraît pas. La pensée, disait Cabanès, est une sécrétion du cerveau. Nous en sommes persuadés. Grâce aux études histologiques, nous pouvons

déjà déterminer aujourd'hui les différences qui existent entre une cellule incapable de penser et une cellule en voie de fonctionnement. L'intelligence n'étant que la somme de travail de toutes les cellules cérébrales, on réussira un jour à établir le mécanisme par lequel une petite masse de protoplasma élabore quelque chose qui nous rend compte et de notre propre existence et de celle du monde extérieur.

Il suffit pour le moment que nous sachions et que nous l'appliquions à nous et aux autres, c'est que les cellules cérébrales et l'intelligence se développent par le travail et l'exercice. On a dit que le génie n'est qu'une longue patience, j'en suis convaincu si l'on entend par là une patience *active*.

---

## CHAPITRE IX

### MEMBRANES TÉGUMENTAIRES

La membrane qui limite notre corps, de même que celle qui revêt le canal digestif est composée de deux portions qui, au point de vue topographique et structural, sont bien distinctes : la portion superficielle n'est formée que de cellules juxtaposées, c'est-à-dire de cellules épithéliales, tandis que la portion profonde est constituée par du tissu conjonctif et vasculaire et porte le nom de *chorion* ou *derme*. La figure 37 représente la coupe d'un tégument dépourvu complètement de glandes et d'une structure très simple, parce qu'il n'est exposé qu'à des actions mécaniques des plus minimes. La coupe porte sur le feuillet interne du prépuce d'un Chien *jeune* : la portion superficielle comprend une dizaine d'assises de cellules épithéliales, en regard des saillies du derme ou *papilles*, et, un nombre deux ou trois fois plus considérable de cellules épithéliales, dans l'intervalle des papilles. A la limite de l'épithélium et du derme sous-jacent on voit (1) une zone claire parsemée de noyaux, ayant tous les caractères de ceux des cellules épithéliales, mais le corps cellulaire est devenu transparent et homogène, sauf au sommet de la papille (3) où il existe un îlot de cellules qui ont encore quelques caractères des cellules épithéliales. Le corps de la papille, ainsi que sa base, est constitué par des noyaux entourés de ce même protoplasma transparent, mais dans lequel apparaissent des prolongements granuleux qui se ramifient et s'anastomosent. Ces prolongements forment ainsi un réticulum fixant les couleurs basiques et se transformant plus loin en un réticulum élastique. Le cytoplasma transparent, de son côté, élabore des fibrilles conjonctives ou collagènes à mesure qu'il s'avance dans la profondeur.

L'inspection de cette coupe semble indiquer que l'épithélium d'une part, le derme sous-jacent d'autre part, sont chacun composé d'éléments complètement différents, appartenant à des espèces cellulaires distinctes.

En remontant aux premiers stades de développement, on pensait retrouver une disposition analogue, car le feuillet externe (ectoderme) et le feuillet interne (endoderme) ne sont formés que de

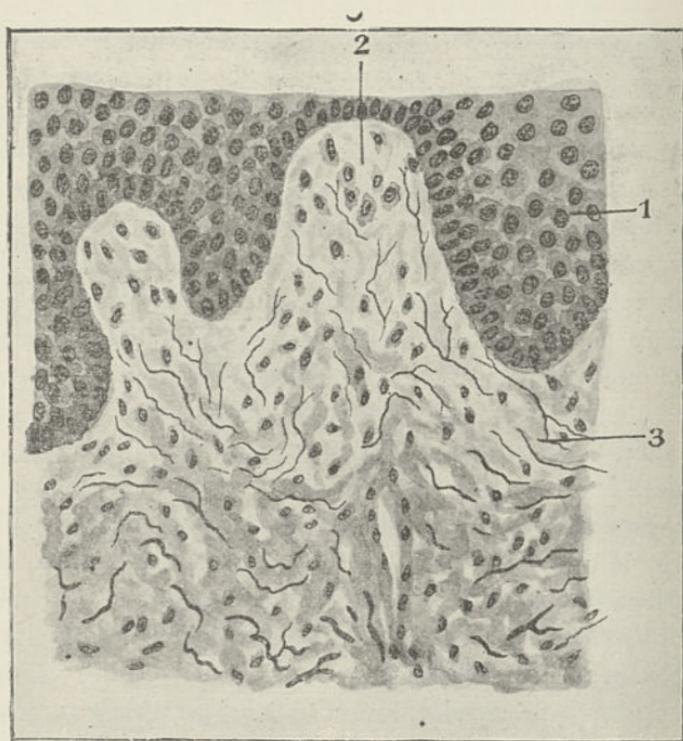


FIG. 37. — Coupe de la peau (gland du chien).  
1, épithélium; 2, papille; 3, derme ou chorion.

cellules épithéliales, tandis que la partie profonde des membranes tégumentaires est constituée par des cellules étoilées entre lesquelles se trouve une masse muqueuse (*mésoderme*). De cet aspect et de cette comparaison, on conclut d'ordinaire que les téguments résultent de la juxtaposition, de l'accolement de deux feuillets d'origine distincte l'un ectodermique ou endodermique, et l'autre mésodermique. Mais si l'on étudie, sur des coupes sériées, la for-

mation ou l'allongement d'une papille, par exemple, on ne tarde pas à se convaincre que les cellules épithéliales coiffant le sommet de la papille se modifient dans leur forme et leur structure pour prendre la conformation et la structure de cellules mésodermiques ou conjonctives. Toute la vie, l'épithélium se transforme, en certains points, en tissu conjonctif ou dermique.

Lorsqu'on pratique une coupe de la peau ou d'une muqueuse,

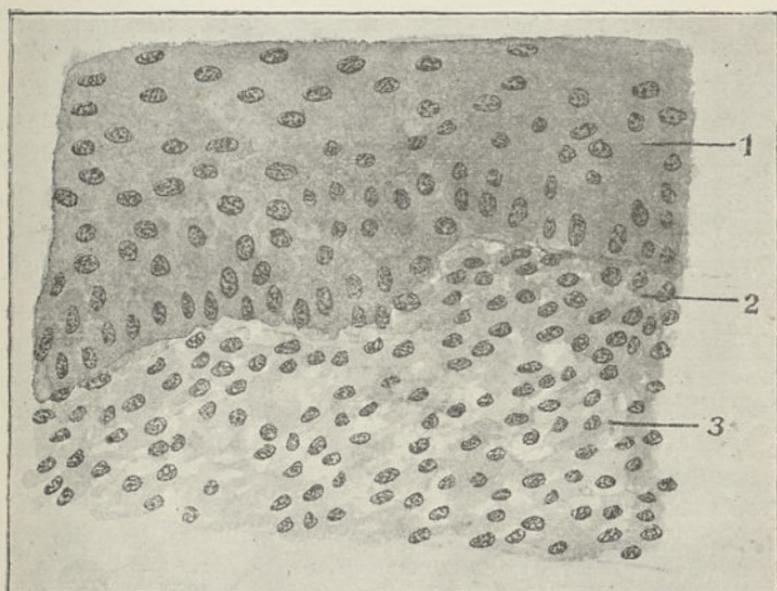


FIG. 37 bis. — Muqueuse du feuillet interne ou réfléchi de la gaine préputiale d'un chien âgé d'un an et demi. Revêtement épithélial du gland du chien (1) se transformant en tissu réticulé plein (2) et à mailles vides (3).

1, épithélium; 2, sommet de la papille; 3, cellules en voie de transformation conjonctive.

on constate dans la plupart des régions que le revêtement épithélial affecte, du côté du derme ou chorion, la forme de cellules prismatiques séparées du tissu conjonctif (du derme ou chorion) par une limite ou traînée claire, dite la membrane basilaire. Il en va de même le long des bourgeons ou glandes que l'épithélium envoie dans le derme ou chorion sous-jacent. C'est là l'aspect qui a fait admettre qu'une fois les feuillets ectodermique, endodermique et mésodermique établis, chacun de ces feuillets vit de sa vie

propre, et, pendant toute la durée de l'organisme, l'épithélium ne fournit plus aucun élément au derme ou chorion sous-jacent.

Cependant, si l'on pratique sur les régions tégumentaires pourvues de papilles des coupes parallèles à leur surface, l'on constate qu'au sommet des papilles, les cellules épithéliales se modifient : leur noyau clair devient granuleux ; leur corps cellulaire perd ses limites nettes et le protoplasma prend l'aspect et la structure d'une masse transparente. Les noyaux se disposent en assises concentriques par rapport au

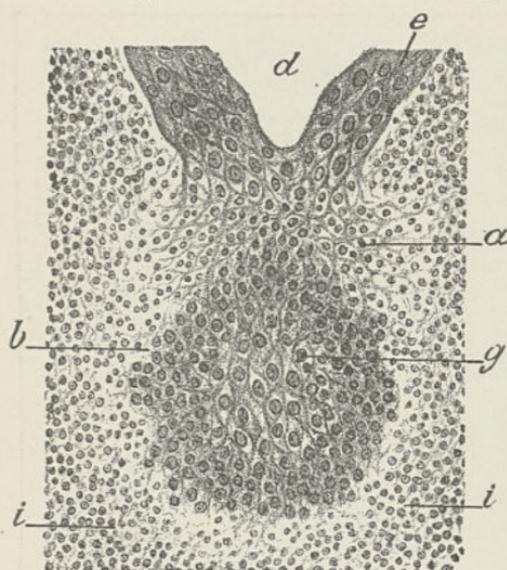


FIG. 38. — Section du fond d'un diverticule amygdalien jeune (*d*).

*e*, épithélium du crypte ; *g*, bourgeon épithélial ; *a*, *b*, tissu jeune résultant de la multiplication et de la transformation du bourgeon épithélial ; *i*, *i*, tissu conjonctif.

triques par rapport au sommet de la papille et simulent une rosace.

En un mot, les cellules épithéliales qui coiffaient le sommet de la papille se sont transformées en un amas cellulaire qui a la structure du tissu conjonctif jeune et qui, se superposant au sommet de la papille, allonge d'autant cette dernière. Nous retrouverons pareille transformation dans les papilles dentaires.

Dans d'autres régions, telles que la muqueuse du gland et du feuillet interne du prépuce, on observe sur le Chien, le

Taureau, etc., des phénomènes analogues. En 1 (fig. 37), l'épithélium montre la disposition ordinaire ; mais plus loin (en 2, 3), les cellules profondes ne sont plus cylindriques et se disposent en plusieurs assises de cellules rondes pour former (en 4) un amas cellulaire qui a la structure du tissu sous-jacent, c'est-à-dire d'un tissu conjonctif jeune (noyaux réunis par un cytoplasma commun). Ce dernier évolue ensuite en follicules clos : d'abord plein, le cytoplasma se creuse de vacuoles, tandis que les noyaux qui y sont inclus ne sont plus réunis entre eux que par de minces prolonge-

ments qui finissent par disparaître eux-mêmes, de sorte que les noyaux entourés d'un mince liséré protoplasmique deviennent libres (globules blancs).

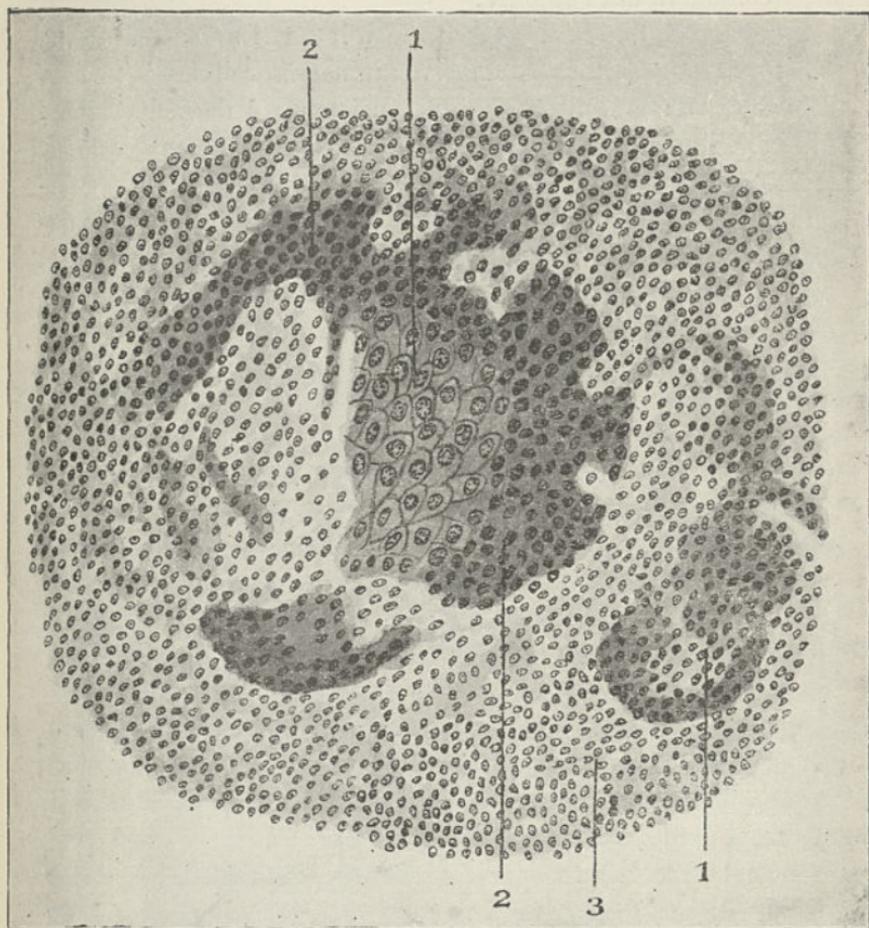


Fig. 38 bis. — Bourgeon épithélial d'une amygdale en voie de transformation en tissu réticulé.

1, 1, épithélium; 2, 2, tissu épithélial à petits noyaux; 3, tissu conjonctif réticulé.

Dans d'autres régions, telles que l'isthme du gosier, l'intestin grêle, l'appendice, etc., l'épithélium de la muqueuse commence par produire des bourgeons pleins ou creux analogues à ceux qui se font tout le long du tube digestif. La figure 38 représente un de ces bourgeons qui prennent naissance aux dépens d'un diverticule

ou crypte amygdalien (*d*). Du fond du crypte part un pédicule épithélial (*d*) qui se renfle (en *g*) et dont la périphérie montre tous les stades de transformation entre le tissu épithélial et le jeune tissu conjonctif qui l'entoure.

Sur la figure 38 *bis*, il est facile de voir que les amas épithéliaux (1, 1) sont constitués par de volumineuses cellules épithéliales à protoplasma granuleux donnant naissance à de petits noyaux entourés d'un cytoplasma clair (2). Ensuite le cytoplasma clair devient réticulé et se transforme en un tissu plein qui a la structure du tissu conjonctif jeune. Ce dernier subit, enfin, comme dans l'exemple, une vacuolisation partielle et c'est ainsi que prend naissance le tissu réticulé à mailles vides et à leucocytes qui caractérise les follicules clos.

Les plaques de Peyer, les follicules clos solitaires se développent de façon identique. L'appendice vermiculaire débute comme tout le reste du gros intestin à l'état d'une muqueuse pourvue de glandes ouvertes, semblables aux glandes de Lieberkühn. Mais à mesure que le prolongement cæcal se rétrécit, les glandes de Lieberkühn changent de structure : les cellules du fond de ces glandes se multiplient et produisent un amas qui se transforme en tissu conjonctif réticulé plein d'abord, puis à mailles vides. Partout où les matières alimentaires passent vite dans le canal digestif, les glandes cessent de sécréter des sucs servant à la sécrétion externe ; leurs cellules se transforment en un tissu qui fournit à l'organisme du plasma, des globules blancs et peut-être des globules rouges.

---

## CHAPITRE X

### PEAU OU TÉGUMENT EXTERNE

L'enveloppe du corps est dite peau ou *tégument externe*. C'est une membrane flexible et extensible, épaisse de 1 millimètre environ.

La peau comprend trois couches qui sont, de la profondeur vers la surface : 1° une *couche sous-cutanée*, lâche, qui lui permet de glisser sur les organes sous-jacents, 2° la couche moyenne, *derme* (δερμξ, peau) et 3° la couche superficielle ou *épiderme*.

L'*épiderme* (fig. 2 et fig. 3) n'est formé que de cellules épithéliales. Epaisse de 2 à 3 millimètres à la paume de la main ou à la plante du pied, l'*épiderme* est beaucoup plus mince sur la plus grande partie du corps. Les assises profondes sont molles ; de là leur nom de *corps muqueux*, que leur a donné Malpighi. Elles sont formées de cellules cylindriques du côté du derme, polyédriques plus superficiellement. Ces cellules sont toutes pourvues d'un noyau et leur protoplasma est cloisonné par des fibrilles anastomosées, qui passent d'une cellule à l'autre et les unissent étroitement.

Vers la surface, les cellules malpighiennes s'aplatissent, leur noyau se ratatine et leur corps cellulaire montre, entre les fibrilles épidermiques, des granulations très colorables (éléidine).

Plus superficiellement, les noyaux sont de plus en plus réduits et le protoplasma transparent et très résistant, se transforme en une lamelle dont la substance (corne ou kératine), résistant à la plupart des agents chimiques, protège l'organisme contre les injures du milieu extérieur.

Comme le montre la figure 3, plus l'action mécanique agit

énergiquement sur la peau, plus les cellules épithéliales se multiplient et fournissent des assises nombreuses dans lesquelles les noyaux cellulaires disparaissent, tandis que le corps des cellules se transforme en une masse cornée dont la résistance et la souplesse sont considérables.

Le *derme* est une natte de fibres conjonctives et élastiques, les premières entrecroisées et les dernières anastomosées en réseau. La portion superficielle du derme est moins riche en fibres conjonctives et les fibrilles élastiques y sont d'une grande finesse. Les éléments cellulaires sont d'autant plus abondants qu'on se rapproche davantage de l'épiderme.

De la face profonde du derme se prolongent des faisceaux conjonctifs délimitant des espaces ou logettes dont les uns contiennent des glandes sudoripares ou le fond des poils; d'autres, de la graisse, d'autres encore, des fibrilles élastiques et conjonctives massées avec des cellules libres et une masse amorphe, d'aspect gélatineux. C'est là le *tissu conjonctif sous-cutané* lâche, s'infiltrant aisément de sérosité. Les Anciens y faisait pénétrer de l'air par insufflation, y déterminaient la formation de cavités artificielles; de là le nom de *tissu cellulaire* qu'ils donnaient au tissu conjonctif sous-cutané.

Sur les coupes de la peau, on observe le plus souvent une limite nette entre l'épiderme et le derme, non seulement quand ces deux couches sont réunies par une surface plus ou moins plane ou lisse, mais encore dans les régions où le derme est hérissé de saillies très vasculaires (*papilles*). Ce fait a porté tous les observateurs à admettre que l'épiderme et le derme ont une origine différente, et, une membrane anhiste (dite basilaire) les séparant constamment, ces deux couches évoluent l'une à côté de l'autre et toutes deux dans le même sens, de la profondeur vers la surface, sans que jamais les cellules épithéliales se transforment en tissu conjonctif ou vice versa.

L'histogénèse et l'expérimentation prouvent le contraire. Dans nombre de régions tégumentaires (cutanées ou muqueuses), il est facile de montrer que l'épithélium produit, par multiplication, des bourgeons ou amas cellulaires qui végètent vers la profondeur et se transforment constamment en tissu conjonctif réticulé. Tels sont le gland du Chien, du Taureau, etc., telle est la région

amygdalienne ou les segments du tube digestif où se développent des follicules clos.

Par l'expérimentation, on confirme ce résultat : dans la cicatrisation des plaies, l'épithélium fournit le bourgeon constituant la cicatrice d'abord épithéliale puis conjonctive. Si avec une pointe à double tranchant, on fait des piqûres ou décollements cutanés, on détermine la production de bourgeons épithéliaux qui se transforment ultérieurement sur l'animal bien nourri en cordons fibreux.

Ces faits établissent que l'épiderme ou l'épithélium des muqueuses évolue non seulement vers la surface mais encore vers la profondeur. Il est vrai que les générations cellulaires qui vont dans le derme ne demeurent pas à l'état de cellules épithéliales : elles s'y transforment en éléments conjonctifs (fibrilles conjonctives ou élastiques, cellules libres, etc., etc.).

La conséquence de ces phénomènes est des plus importantes : le derme n'évolue pas vers la surface en poussant des végétations vasculaires.

Ces dernières sont dues à la transformation conjonctive et vasculaire des cellules épithéliales. Voilà pourquoi les papilles du derme possèdent constamment des fibrilles conjonctives et élastiques plus fines que les couches sous-jacentes ; voilà pourquoi elles sont d'une richesse cellulaire extrême. A mesure que les cellules des papilles sont repoussées par de nouvelles couches épithéliales vers la profondeur, elles élaborent des fibres conjonctives et élastiques de plus en plus nombreuses et serrées. Enfin, à la face profonde du derme, les fibres conjonctives et élastiques subissent, par les progrès de l'âge, une résorption partielle ; d'où la laxité du tissu conjonctif sous-cutané, l'abondance de cellules libres et l'existence constante d'une masse amorphe et gélatineuse.

A. ORIGINE ET RAPPORTS DU TISSU CONJONCTIF ET DU REVÊTEMENT ÉPITHÉLIAL. — Sur les membranes tégumentaires (peau de la muqueuse), l'épithélium et le tissu conjonctif du derme ou chorion représentent deux couches bien distinctes, souvent séparées par une membrane sans structure ou anhiste (*membrane basilaire*) épaisse à peine de 1 ou 2  $\mu$ . Cet aspect, qui s'observe déjà sur les embryons très jeunes, a été le point de départ de la théorie aujourd'hui classique : les cellules épithéliales proviennent d'une source

différente des cellules qui forment le derme ou chorion ; les premières tirent leur origine du feuillet externe (*ectoderme*) ou du feuillet interne (*endoderme*) qui constituent, dans les premiers stades, tout le corps de l'embryon. Les cellules qui vont former le derme ou chorion, dérivent soit de l'ectoderme ou de l'endoderme, et vont s'accoler à la face profonde des cellules épithéliales pour donner naissance à un troisième feuillet (*mésoderme*) qui sera la couche formative du derme ou du chorion. Dès qu'ils sont établis, ces trois feuillets ont chacun leur vie et leur évolution propres : les cellules épithéliales (ectodermiques ou endodermiques) se diviseraient, dans leurs assises profondes, pour donner naissance à de nouvelles générations de cellules épithéliales qui repousseraient les anciennes vers la surface où elles finissent par se mortifier et desquamier. L'épithélium n'aurait, en un mot, qu'une évolution externe ou superficielle.

Quant aux éléments du tissu conjonctif ou mésodermique, ils auraient une évolution analogue : les plus profonds *végéteraient* pour former ceux de la couche moyenne et ceux-ci à leur tour *végéteraient* pour produire ceux de la couche superficielle, les papilles du derme ou chorion en particulier.

Quel est le processus de cette *végétation* ? Les auteurs sont muets sur ce point. Elle ne se fait point par division mitotique, car jamais observateur n'a vu, dans les tissus normaux, les cellules du derme ou du chorion d'images mitotiques.

Si l'on étudie avec toutes les précautions requises les membranes tégumentaires dans les régions où il se développe des papilles ou des follicules clos, on se convainc que les phénomènes évolutifs se passent toute la vie comme lors de la formation du mésoderme. Dans les points où va s'édifier une papille ou bien au sommet d'une papille qui s'allonge, les cellules épithéliales se multiplient par voie mitotique, puis elles changent de structure : le noyau s'enrichit en chromatine, dans le corps cellulaire apparaît un réticulum granuleux de plus en plus épais et ramifié, pendant que les mailles du réticulum se remplissent d'un protoplasma transparent ou hyaloplasma. A ce premier stade en succède un second, facile à observer dans le corps et la base de la papille : les filaments granuleux du réticulum prennent les caractères des fibrilles *élastiques* ; l'hyaloplasma commence à montrer des fibrilles conjonctives ;

enfin le noyau et un mince liséré cytoplasmique apparaissent comme une cellule conjonctive. A mesure qu'on passe de la papille au derme ou chorion proprement dit, les fibrilles élastiques présentent de plus en plus d'épaisseur et les fibrilles conjonctives sont disposées en faisceaux et réunies entre elles par le reste de l'hyaloplasma qui les a élaborées. Enfin, à la *face profonde* du derme ou chorion, les faisceaux conjonctifs et les fibres élastiques semblent se dissocier par l'interposition d'une substance fluide ou muqueuse, de même que les cellules conjonctives ne possèdent plus que de courts prolongements et deviennent libres. C'est là l'état et la structure du tissu conjonctif lâche sous-cutané ou sous-chorial. *En résumé*, l'observation directe prouve que le derme ou chorion évolue de la surface vers la profondeur et non point en sens inverse. Les cellules originelles de cette membrane conjonctive sont, chez l'adulte comme chez l'embryon, les cellules épithéliales de l'ectoderme ou de l'endoderme. Les couches superficielles du derme ou du chorion sont plus riches en cellules que les couches moyennes et profondes. Admettre que ces cellules des couches superficielles tirent leur origine des cellules profondes, qu'à leur contact la masse intercellulaire s'organise en fibrilles conjonctives ou élastiques, c'est retourner à l'époque où l'on croyait à la genèse des éléments figurés au sein et aux dépens des blastèmes. La cellule épithéliale représente constamment l'élément jeune et formatif, comme le globule blanc constitue l'élément vieux, en pleine décrépitude.

Pareille évolution se fait lors du développement des *follicules des tégumentaires* (bourse de Fabricius des oiseaux, amygdales, plaques de Peyer, etc.). Des territoires entiers d'épithélium ou des bourgeons épithéliaux se transforment, par un processus histologique analogue au précédent, en tissu conjonctif réticulé et vasculaire. Des amas considérables d'éléments libres, un plasma abondant se développent ainsi aux dépens de l'épithélium. Une fois que ces éléments figurés et amorphes ont été versés dans le sang, il ne reste du tissu réticulé qu'une trame conjonctive, un organe fibreux.

B. ORGANES ANNEXES DE LA PEAU. — La peau et surtout l'épiderme se charge de produire plusieurs organes annexes qui contri-

buent les uns à protéger l'organisme contre la déperdition de la chaleur, les autres à maintenir une température constante et d'autres encore à édifier des armes offensives et défensives.

1. *Le poil*. — Le poil est essentiellement une édification épidermique. Pour le former, les cellules profondes de l'épiderme

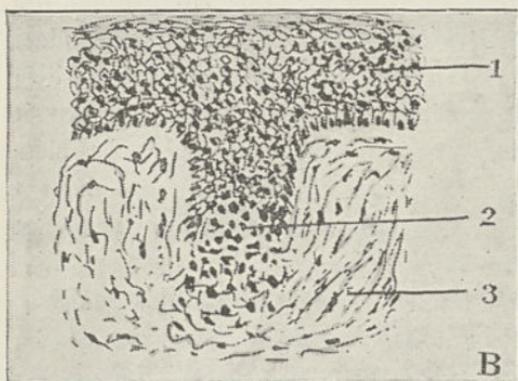
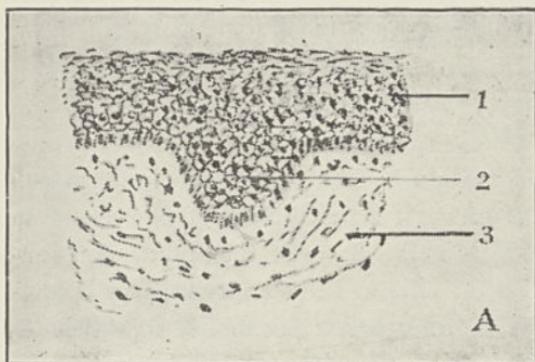


FIG. 39. — Formation du poil et de la glande sébacée.

A, début : 1, épiderme ; 2, derme ; B, stade moyen : 1, épiderme ; 2, derme ; 3, papille ; C, stade définitif : 1, épiderme ; 2, figelle cornée ou poil ; 3, bulbe ; 4, papille.

(fig. 39, A) se multiplient et envoient dans le derme (2) un prolongement épithélial, dont l'extrémité profonde (fig. 44, B 2) non seulement se renfle, mais ses cellules se multiplient et se transforment en un nodule de tissu conjonctif jeune qui ne tarde pas à se vasculariser. C'est là la papille du poil (fig. 44, C 4). Les assises épithéliales qui coiffent la papille en forme de calotte s'allongent en cellules cylindriques et constituent le *bulbe* qui va produire le poil.

Quant au reste du revêtement épithélial, il constitue une gaine épithéliale (*gaine interne*) qui permettra à la tigelle cornée ou poil de glisser dans la

dépression cutanée ou follicule pileux. C'est au sommet du bulbe que les cellules s'allongent et se kératinisent pour constituer la substance propre du poil. Il est infiniment probable que la gaine épithéliale interne imprime en les entourant comme d'un anneau,

cette forme allongée aux cellules de la substance propre du poil.

Dans l'espèce humaine, la partie du poil qui fait saillie hors du follicule (*flèche* du poil) reste rudimentaire sur la plus grande partie du corps. Au cuir chevelu, sur les lèvres de l'homme, etc., ils acquièrent au contraire une plus grande épaisseur et une longueur souvent considérable.

Chez la plupart des Mammifères, surtout ceux qui habitent les régions glaciales, les poils se développent davantage et forment à l'animal une robe souple et chaude.

Les poils ont une durée éphémère aussi bien chez l'homme que chez les animaux. A la suite de causes de climat ou de nutrition, les anciens poils cessent d'adhérer à la papille; leur bulbe creux devient une sorte de massue qui s'élève dans le follicule pileux pour tomber finalement. Mais dans les conditions physiologiques, il se développe alors,

à côté de l'ancienne papille, un nouveau bulbe et une nouvelle papille qui ne tardent pas à édifier un poil de remplacement. Dans les conditions pathologiques, le renouvellement cesse de se produire et la calvitie apparaît.

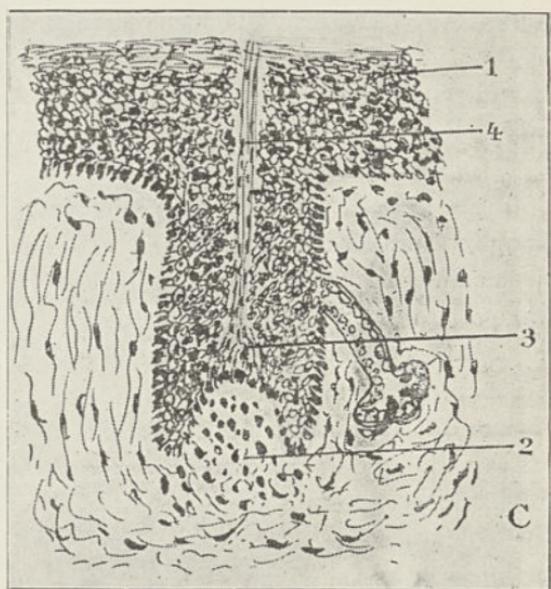


FIG. 39.

2. *Ongles*. — Les ongles sont deux plaques cornées qui se développent sur la face dorsale de l'extrémité libre des doigts et des orteils.

Nous avons déjà parlé de la substance cornée ou kératine en décrivant l'épiderme. Sur la plus grande étendue de la peau, elle est mince et formée d'une substance très souple, quoique peu

perméable et se laissant difficilement attaquer par les acides et les alcalis. Les couches cornées du poil et de l'ongle sont moins souples, plus résistantes et moins altérables encore. Les sabots des Ongulés, les griffes des Onguiculés, les cornes des Ruminants sont d'autres exemples de kératine de plus en plus dure. Bien que la kératine soit un albuminoïde toujours riche en soufre, elle présente donc des variétés nombreuses au point de vue de ses caractères physiques et peut-être chimiques.

Le développement montre des différences évolutives correspondantes. Pour former la couche cornée de l'épiderme, la cellule épithéliale ne modifie pas seulement sa trame fibrillaire, mais on y voit apparaître des granulations qui semblent confluer en une masse homogène. En même temps, le noyau se ratatine et disparaît bientôt.

Dans le poil, les cellules épithéliales (du corps du poil) s'allongent parallèlement au grand axe de l'organe: les fibrilles prennent une direction prédominante également parallèle à l'axe du poil; il se développe des granulations qui diffèrent de celles de la cellule épidermique et qui produisent la kératine flexible et résistante du cheveu ou du poil. Le noyau enfin persiste sous la forme d'un bâtonnet compact de chromatine.

Dans l'ongle enfin, la cellule reste aplatie et se transforme en une kératine plus résistante encore mais qui reste transparente et également flexible. Comme dans le poil, le noyau persiste dans la cellule cornée de l'ongle.

Remarquons la diminution de volume des noyaux dans les poils et les ongles, et, leur disparition dans la couche cornée de l'épiderme. Il ne saurait donc plus être question de multiplication cellulaire pour ces cellules kératinisées. Mais n'allons pas jusqu'à dire que les cellules kératinisées sont des éléments morts; ils ont une vitalité affaiblie, mais leur corps cellulaire continue à assimiler et à désassimiler.

Alors se posent les questions suivantes: 1° dans quelles conditions la cellule épithéliale se transforme-t-elle en élément corné; 2° quelles sont les causes qui déterminent le développement de l'une ou l'autre variété de kératine? Les poils et les ongles prennent naissance à la suite d'une invagination épithéliale pénétrant dans le derme; celle-ci est arrondie pour le poil, en nappe pour l'ongle.

Bridée par un repli cutané, la masse épithéliale devient dense et se transforme en une kératine plus solide que celle de l'épiderme.

L'action mécanique que les corps exercent sur la peau agit dans le même sens. Il suffit de citer la paume de la main et la plante du pied. Cette influence mécanique est telle que certaines muqueuses qui, chez l'Homme, sont dépourvues de couche cornée, se transforment, chez un grand nombre d'animaux, en membranes

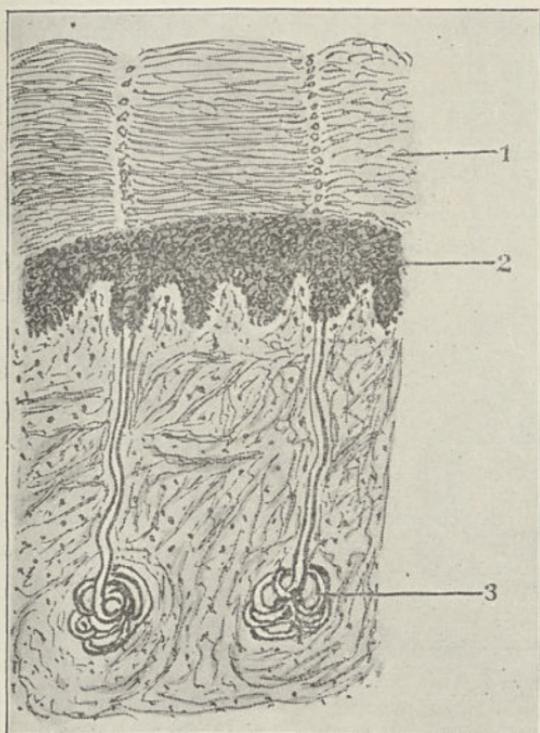


FIG. 40. — Coupe de la peau dans la paume de la main.

1, couche cornée; 2, couche profonde de l'épiderme; 3, glomérule de la glande sudoripare.

revêtues d'une épaisse couche ou plaques kératinisées (Voir fig. 1, p. 28).

3. *Les glandes sébacées.* — Partout où il y a des poils, le follicule pileux donne naissance à un bourgeon épithélial (fig. 39) qui se subdivise en 10, 15 ou 20 culs-de-sac glandulaires. Les cellules qui tapissent ces culs-de-sac sont disposées en

assises nombreuses : les plus externes seules se divisent pour produire de grosses cellules à protoplasma réticulé et à noyau central. Dans les mailles de ce réticulum apparaissent des gouttelettes graisseuses qui deviennent libres par destruction du réticulum et

sont poussées dans le follicule à la surface du poil ou de la peau.

Sauf à la paume de la main et à la plante du pied, il existe des glandes sébacées qui sont souvent d'autant plus développées que le poil est plus faible.

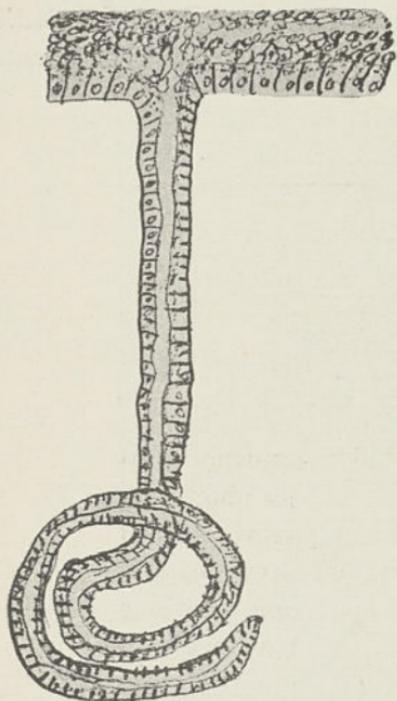


FIG. 41. — Schéma de la glande sudoripare.

4. *Les glandes sudoripares.* — Sur toute l'étendue de la peau sont répandues des glandes en tube (fig. 40, 3) dont le canal excréteur s'ouvre à l'épiderme et le canal sécréteur se contourne et se pelotonne au-dessous du derme pour constituer un glomérule dont le diamètre ne dépasse point  $0^{\text{mm}}, 1$ .

Ce sont les glandes *sudoripares*. Dans leur portion con-

tournée, le tube montre deux assises cellulaires (fig. 41) dont les internes sont cubiques ou pyramidales basses, tandis que les externes sont fusiformes et ont leur grand axe dirigé obliquement par rapport à celui du tube glandulaire.

On attribue à ces dernières le rôle de se contracter pour expulser le produit de sécrétion, c'est-à-dire la sueur élaborée par l'assise épithéliale interne.

En tout cas, la sueur, en s'évaporant à la surface de la peau, est une cause de rafraîchissement et même de refroidissement.

## CHAPITRE XI

### MUQUEUSE DIGESTIVE OU TÉGUMENT INTERNE.

A. CAVITÉ BUCCALE, PHARYNX ET OESOPHAGE. — La muqueuse de la cavité buccale est formée d'un derme ou chorion dense et d'un épithélium pavimenteux stratifié. Cette muqueuse est en rapport direct avec la musculature sous-jacente.

Dans le pharynx et l'œsophage, la muqueuse est séparée de la musculature par du tissu conjonctif dense (pharynx), ou lâche (œsophage).

Striée dans le pharynx et la portion supérieure de l'œsophage, la tunique musculaire n'est plus formée, dans la portion inférieure de l'œsophage, que de muscles lisses comme dans l'estomac et l'intestin.

B. ESTOMAC ET INTESTIN. — Le derme ou chorion de l'estomac et de l'intestin rappelle le derme de la peau. La portion *interne*, traversée par les glandes, est représentée par un tissu conjonctif jeune (au deuxième stade évolutif du tissu conjonctif) : les cellules y sont fusiformes ou étoilées et leurs prolongements, basophiles, se ramifient et s'anastomosent d'une cellule à l'autre. C'est ce même tissu qui constitue le corps de la villosité. Les éléments libres, ou globules blancs, qui occupent les mailles de ce tissu réticulé sont des restes cellulaires devenus libres par la désagrégation ou la fonte des prolongements cellulaires.

Au niveau du fond des glandes stomacales et intestinales, le tissu conjonctif forme une lame dense, grâce au développement des fibres conjonctives aux dépens de l'hyaloplasma et à la transformation du réticulum basophile en fibrilles élastiques. Le chorion

est limité par un double plan de fibres musculaires lisses (*muscularis mucosae*), le plan interne formé de fibres circulaires, et l'externe de fibres longitudinales. De cette *muscularis mucosae* partent des tractus musculaires qui s'élèvent jusqu'à la surface, et, en particulier, dans le corps de la villosité.

La face externe du chorion se continue, comme le derme de la peau, avec une couche de tissu conjonctif lâche (couche *nerveuse* ou cellulaire des anciens, dite encore tissu sous-muqueux). Vient ensuite la *tunique musculaire* formée de trois plans de cellules dans l'estomac et de deux dans l'intestin. Ces diverses tuniques sont revêtues du péritoine.

A partir du cardia, le revêtement épithélial du tube digestif se réduit à une seule assise cellulaire, correspondant à l'assise basilaire de tégument externe et de l'épithélium buccal, pharyngien et œsophagien (fig. 4 et 5). Dans l'intestin, en particulier, la cellule est prismatique, haute de  $0^{\text{mm}},03$  et son extrémité présente un liséré amorphe, épais de  $2 \mu$  et traversé par des stries perpendiculaires (*plateau strié*). Le cytoplasma de ces cellules à noyau ovoïde est réticulé. Ce réticulum change de configuration surtout lors de l'absorption des substances alimentaires; par conséquent, il semble présider à leur pénétration dans la cellule intestinale.

Ces cellules se transforment souvent en cellules muqueuses (fig. 4) : le cytoplasma de l'extrémité libre devient clair et ne tarde pas à montrer les caractères du mucus. Ensuite la boule de mucus est éliminée et le reste de la cellule (protoplasma basilaire avec ses prolongements latéraux) figure un calice; de là le nom de *cellule caliciforme*.

C. GLANDES DU TUBE DIGESTIF. — Nous avons déjà parlé des glandes de la peau et nous venons de voir que les cellules épithéliales de l'estomac et l'intestin, subissent, dans leur extrémité *interne*, une modification protoplasmique, ou *muqueuse*, à la suite de laquelle elles se vident de leur contenu. Les cellules *muqueuses* ou *caliciformes* sont des glandes unicellulaires. Il nous reste à montrer que toutes les glandes sont construites sur le même modèle, avec cette différence que le nombre des cellules peut être considérable. Voici comment se développent les glandes multicellulaires. Une surface épithéliale, formée d'une assise cellulaire

(fig. 42, A) multiplie ses cellules qui proéminent du côté du derme ou chorion en produisant la formation d'un tube revêtu de cellules épithéliales. Les glandes intestinales (voir plus loin) répondent à ce type (fig. 42, B).

Que le fond du tube unique, au lieu de rester simple, se divise lui-même en deux autres tubes, nous aurons le type des glandes stomacales (fig. 42, C).

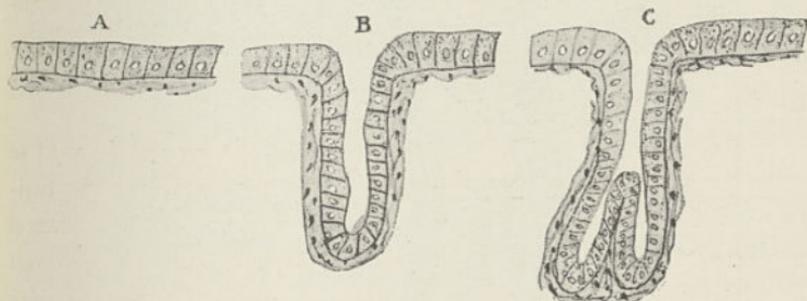


FIG. 42. — Formation des glandes.

A, surface épithéliale ; B, glande en tube simple ; C, glande en tube bifurqué.

Que les deux tubes secondaires continuent à se diviser ; les tertiaires, de même, ainsi que les divisions suivantes (fig. 43), nous aurons une glande à un seul conduit excréteur, mais ce dernier suivi d'un nombre considérable de tubes ramifiés. L'ensemble figure un chêne à tronc creux, dont les branches, les rameaux et les ramuscules, également creux, se terminent par des feuilles sinueuses creusées de même d'une cavité. Quelle que soit la complication due à la ramification, la texture des glandes est toujours la même : un revêtement épithélial tapissant les tubes, dont la paroi est limitée par du tissu conjonctif et vasculaire.

Faisons une remarque importante : le tube initial par où la glande communique avec l'épithélium dont elle provient acquiert souvent des dimensions de plusieurs millimètres, tandis que les ramuscules terminaux ou culs-de-sac glandulaires ne sont pas visibles à l'œil nu car ils n'ont qu'un diamètre de  $0^{\text{mm}},03$  à  $0^{\text{mm}},04$ . La figure 48 montre ces culs-de-sac coupés en long (A) et en travers (B).

1. *Glandes intestinales.* — Dans l'intestin grêle et autour de la

base de chaque villosité se trouve une couronne d'orifices que les anatomistes du xvii<sup>e</sup> et du xviii<sup>e</sup> siècle (Malpighi, Brünner, Galeati et Lieberkühn), prirent pour des bouches absorbantes. Ce n'est qu'au xix<sup>e</sup> siècle qu'on s'assura que chaque orifice conduisait dans

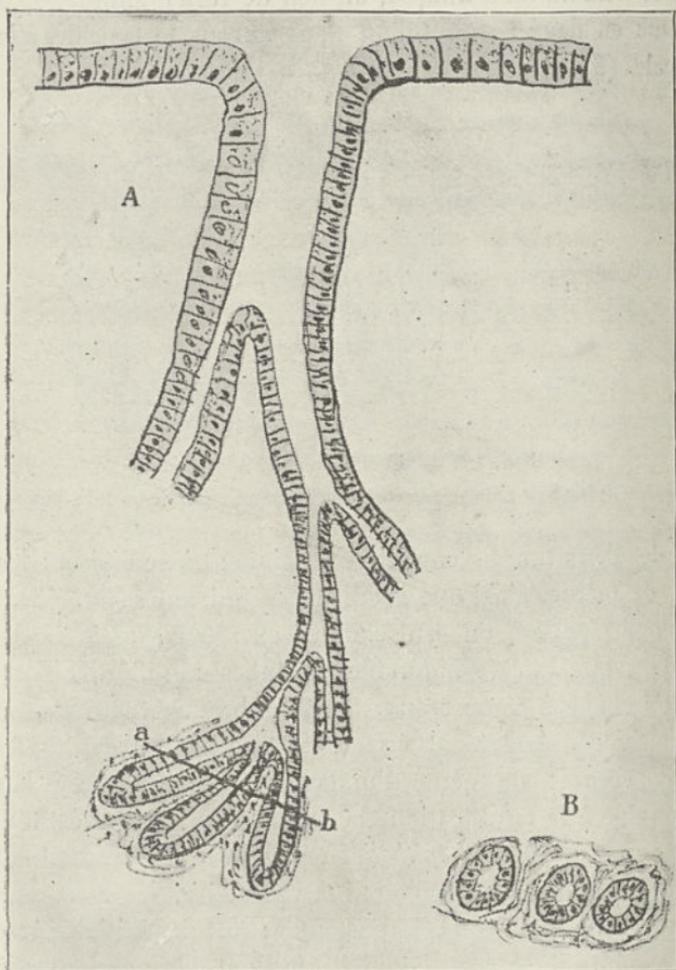


FIG. 43. — Formation d'une glande en tubes ramifiés.

A, en long ; B, coupe transversale des ramuscules terminaux ou culs-de-sac.

un tube long d'un tiers ou d'un quart de millimètre. Le tube, large de 50 à 100  $\mu$ , est revêtu d'une rangée de cellules épithéliales hautes de 10  $\mu$  et rappelant les cellules de revêtement de l'intestin. Un certain nombre d'entre elles prennent le caractère de

cellules caliciformes. Le fond de la glande en tube est occupé par de petites cellules polyédriques très granuleuses (cellules de Paneth).

Dans le *gros intestin*, le fond des glandes en tube se divise en deux ou trois branches.

Dans le *duodénum*, les glandes en tubes se ramifient et se prolongent jusque dans la sous-muqueuse et forment des amas visibles à l'œil nu.

On leur donne le nom de glandes de *Brünner*.

En remontant de l'intestin vers le pylore, on trouve dans cette dernière région, des tubes glandulaires, longs et flexueux dont le revêtement épithélial présente les caractères de cellules claires, mucigènes. Les glandes pyloriques semblent donc être des glandes *muqueuses*.

Enfin le *grand cul-de-sac* ou *fond* de l'estomac montre une couche serrée de tubes glandulaires dont l'extrémité profonde est souvent bifurquée. Le revêtement de ces glandes gastriques, longues de 1 millimètre environ, se compose de deux ordres de cellules épithéliales, du moins chez les Mammifères : la plupart ont un contour mal délimité, un protoplasma clair finement réticulé; ce sont les cellules *principales*; limitant la lumière du tube glandulaire; les autres occupent la périphérie du tube (*cellules bordantes*) et se distinguent encore des cellules principales par leurs contours nets et l'abondance des grosses granulations dont le protoplasma est comme bourré.

Les *canalicules intra-cellulaires* qu'on a observés dans les cellules épithéliales ne semblent être que les vides dus à l'élimination des produits sécrétés.

2. *Glandes salivaires*. — Les glandes salivaires, telles que la parotide et la sous-maxillaire reproduisent l'image de l'arbre ramifié que figurent les glandes. Le canal de Stenon ou de Wharton correspond au tronc (creux) de l'arbre et est formé d'une gaine conjonctivo-élastique, tapissée par un épithélium prismatique stratifié. Les rameaux et les ramuscules (toujours creux) montrent, en dedans de leur enveloppe conjonctive, un revêtement épithélial de cellules polyédriques. Les ramuscules qui leur font suite sont courts et étroits et ne sont tapissés que de cellules cubiques puis aplaties.

A ces canaux et ces canalicules qui représentent la voie d'excrétion font suite les tubes terminaux ou *sécréteurs*. De ces derniers, plusieurs s'ouvrent dans un ramuscule, de sorte que l'ensemble de ces culs-de-sac est visible à l'œil nu et rappelle un grain de raisin appendu à son pédoncule. C'est là ce que les anciens désignaient sous le nom d'*acinus* (baie). En réalité, chaque grain est composé de plusieurs tubes terminaux ou culs-de-sac, séparés les uns des autres par du tissu conjonctif et vasculaire, et, ayant un diamètre qui ne dépasse pas 30 ou 40  $\mu$ . Le cul-de-sac est formé, en dedans de la membrane conjonctive, d'une rangée de cellules épithéliales de forme pyramidale hautes de 15 à 20  $\mu$  et limitant, sur la glande au repos, une lumière très étroite.

Le noyau cellulaire est anguleux et situé dans l'extrémité adhérente de la cellule. Le protoplasma sombre se compose d'un réticulum très serré dont les mailles sont remplies de points ou granulations représentant les filaments ou les points nodaux du réticulum.

Lorsque la glande a versé une certaine quantité de salive la cellule est devenue plus basse et elle présente une apparence plus claire, parce que les granulations ont disparu.

La glande parotide est une glande dite *séreuse* qui fournit un liquide ressemblant à une sérosité riche en ferments.

Dans la cavité buccale se trouvent une quantité considérable de glandes salivaires qui ne dépassent guère l'épaisseur de la muqueuse. Celles qui siègent sur la face antérieure du voile du palais, sont formées de cellules sécrétant du mucus. Ces cellules prismatiques ou pyramidales sont disposées encore sur un seul rang; elles sont claires, et, outre le noyau, possèdent un protoplasma réticulé dont les mailles sont remplies d'un hyaloplasma homogène ou de mucus. Les glandes intra-buccales sont donc des *glandes muqueuses*.

D'autres glandes salivaires, telles que la *sous-maxillaire* et la *sublinguale*, construites sur le même type architectural que les précédentes possèdent deux sortes de cellules dans leurs culs-de-sac. La plupart de ces cellules sont claires et muqueuses (fig. 44, 1); mais, en divers points de la paroi, en dehors des cellules muqueuses, se trouvent des cellules *séreuses* (2) dont l'ensemble figure un croissant ou une demi-lune. Les glandes salivaires qui possèdent des cellules séreuses et muqueuses sont dites *mixtes*.

Dans le pharynx comme dans l'œsophage, la muqueuse possède des glandes dont le fond arrive jusque dans la sous-muqueuse ; elles sont de l'ordre des glandes intra-buccales, mixtes et dans lesquelles la cellule muqueuse prédomine.

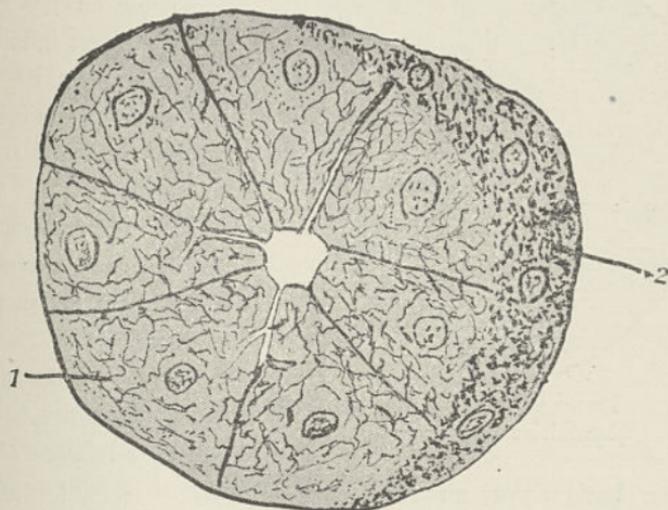


FIG. 44. — Coupe transversale d'un cul-de-sac glandulaire de sous-maxillaire.  
1, cellules claires (muqueuses) ; 2, croissant ou demi-lunaire.

D. PANCRÉAS. — Les canaux excréteurs et sécréteurs du pancréas sont construits sur le même type que ceux d'une glande salivaire ; aussi a-t-on considéré pendant longtemps le pancréas comme une glande salivaire abdominale. Cependant la structure des cellules pancréatiques, ainsi que l'existence de certains flots dépourvus de canaux excréteurs éloignent considérablement le pancréas des glandes salivaires. Les cellules épithéliales qui revêtent les culs-de-sac sécréteurs sont sur une double rangée : les externes sont pyramidales et disposées en une assise continue, tandis que les internes, aplaties et basses, forment une assise souvent discontinue à la face interne de l'assise externe. A mon avis, l'assise externe est constituée par les cellules jeunes et actives et l'assise interne par les vieilles cellules, épuisées, en voie de desquamation.

La cellule pancréatique de l'assise externe a une structure différente dans sa moitié externe et sa moitié interne. Dans sa moitié

externe (fig. 45) qui contient un noyau sphérique, le protoplasma montre des filaments contournés très serrés qui lui donnent un aspect sombre; la moitié interne, au contraire, est formée d'un

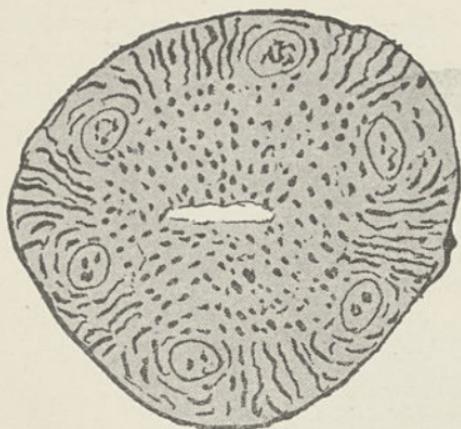


Fig. 45. — Coupe transversale d'un cul-de-sac glandulaire de pancréas.

protoplasma clair, semé de granules (*grain de sécrétion* ou de *zymogène*). Il est infiniment probable que ces derniers sont dus à la désagrégation des filaments externes.

On aperçoit dans le tissu du pancréas, de distance en distance, des amas de cellules plus petites (9 à 12  $\mu$ ) que les cellules des culs-de-sac glandulaires. Décou-

verts par Langerhans au XIX<sup>e</sup> siècle, ils portent le nom de *îlots de Langerhans*. Ils sont formés en réalité par un tissu réticulé sillonné de nombreux capillaires.

Les îlots de Langerhans proviennent de certains culs-de-sac glandulaires, dont les cellules épithéliales se transforment en un tissu réticulé et vasculaire pendant que le canal excréteur s'atrophie.

E. FOIE. — L'élément caractéristique du foie est une cellule épithéliale dite hépatique. Pour en connaître la forme et la structure, il suffit de racler une section du foie avec la pointe d'un scalpel et de dissocier les débris de pulpe dans une goutte d'eau ou de colorant. On voit alors dans la préparation nombre de cellules polyédriques à sept ou huit faces. Chez les Batraciens, elles mesurent chacune 0<sup>mm</sup>,03 et chez les Mammifères 0<sup>mm</sup>,02 en moyenne. Cette cellule volumineuse possède un noyau de 9 à 10  $\mu$ ; parfois, on en observe deux. Pour étudier sa structure, il faut fixer le tissu du foie et colorer à l'hématoxyline, par exemple. Alors on distingue dans le corps cellulaire une charpente réticulée et un hyaloplasma qui remplit les mailles de cette dernière (fig. 46).

Dans ces cellules se trouvent trois produits de sécrétion : la bile,

la graisse et l'amidon animal ou glycogène, ce dernier à l'état amorphe, mais qu'on peut mettre en évidence avec la teinture d'iode.

Le foie est une glande qui se développe comme le pancréas, par un diverticule ou une évagination de la muqueuse du duodénum. Les voies d'excrétion (canal cholédoque, canaux hépatiques et biliaires) présentent quelques différences, comme nous le verrons, lorsqu'on les compare avec celles des autres glandes.

Chez les Vertébrés inférieurs (Batraciens et Reptiles), les cellules hépatiques affectent encore, à partir des conduits biliaires une disposition qui rappelle

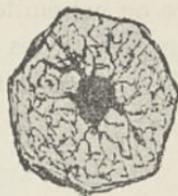


Fig. 46. — Une cellule hépatique.

celle des culs-de-sac glandulaires d'une glande salivaire ou du pancréas. En effet, ces cellules, au nombre de 3, 4 ou 7, circonscrivent (fig. 46) une lumière centrale figurant l'ébauche d'un canalicule biliaire. Mais, déjà chez ces animaux, un réseau de capillaires sanguins sillonne ce tissu, bien qu'il soit formé, essentiellement, de cellules épithéliales.

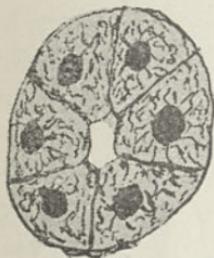


Fig. 47. — Cul-de-sac glandulaire d'un foie de serpent.

Chez les Mammifères (fig. 48 et 49), le réseau sanguin imprime au tissu hépatique une orientation particulière : les branches et les rameaux de la veine porte (1,1) se répartissent dans le foie de telle sorte qu'ils sont distants les uns des autres de 1 millimètre environ. Le territoire compris entre trois ou quatre branches de la veine porte le nom de lobule : le centre du lobule est occupé par une veine centrale (2,2), origine de la veine sus-hépatique. Les capillaires qui partent des branches de la veine-porte se dirigent, en s'anastomosant entre eux, de dehors en dedans du lobule, c'est-à-dire de la veine porte vers la veine centrale.

La partie droite du schéma (fig. 49) montre cette disposition. Les mailles de ce réseau capillaire sont occupées par les cellules hépatiques, affectant la forme de travées ou trainées rayonnant de la veine centrale vers les branches de la veine porte, c'est-à-dire vers la périphérie du lobule (partie droite du schéma).

Les cellules hépatiques sont accolées les unes aux autres comme celles d'un cul-de-sac glandulaire ; mais, au lieu de présenter une face ou extrémité libre correspondant à la lumière du cul-de-sac glandulaire, les cellules hépatiques montrent, dans la portion moyenne de leurs faces adjacentes, un petit vide qui, juxtaposé

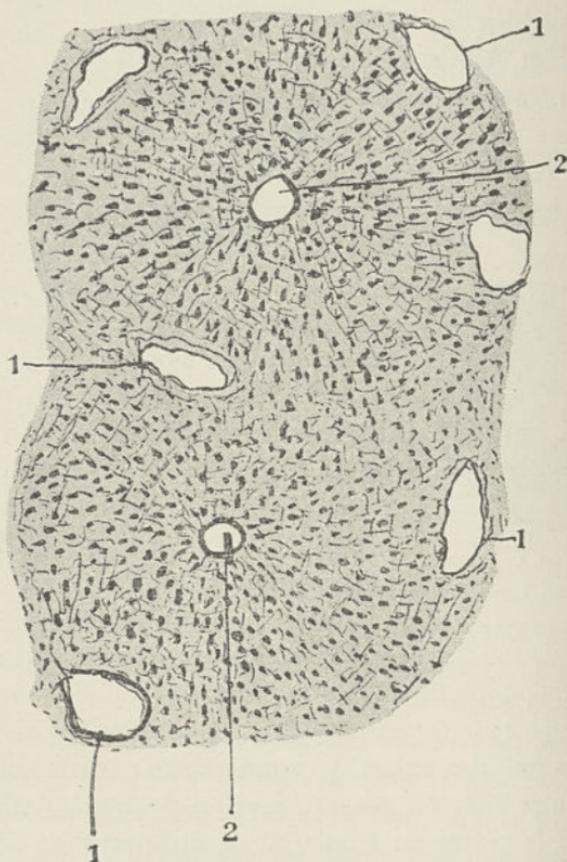


FIG. 48. — 2 lobules hépatiques de foie de mammifère.  
1, 1, branches de la veine porte ; 2, 2, veines centrales ou sus-hépatiques.

à celui de la cellule voisine, constitue un canalicule large de 1 ou 2  $\mu$ . Ces canalicules, par où s'écoule la bile, s'anastomosent les uns avec les autres et constituent l'origine des voies biliaires. En somme, les canalicules biliaires sont les homologues de la lumière d'un cul-de-sac glandulaire, mais infiniment plus développé, puisque chacune des faces d'une cellule hépatique est cotoyée par

un canalicule. A la périphérie du lobule (schéma fig. 49 à gauche), les canalicules (2) confluent vers des canaux formés par un épithélium aplati ou cubique et une même membrane conjonctive. Ces canaux périlobulaires convergent les uns vers les autres pour former des canaux plus gros, les *canaux biliaires* (1) qui se réunissent eux-mêmes pour constituer le canal hépatique.

Les canalicules biliaires ne sont donc que des vides qui se sont creusés dans le protoplasma de la cellule hépatique et leur origine siège sur le milieu de chacune des faces. Dans le schéma, nous

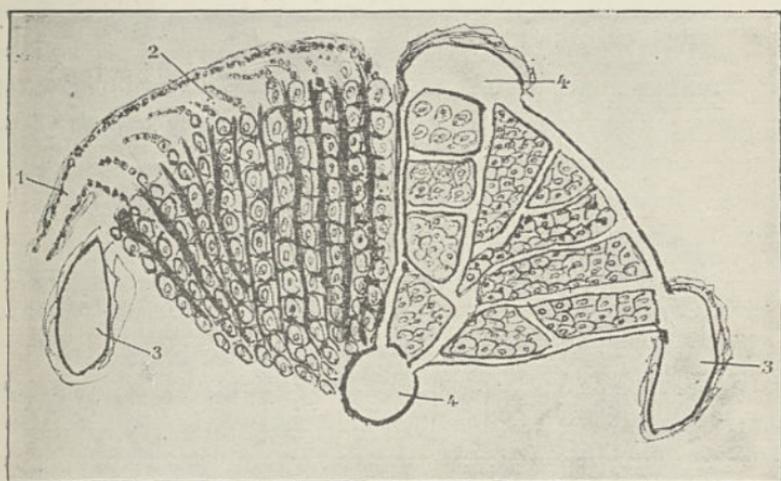


FIG. 49. — Schéma de la structure du foie.

A droite, les vaisseaux capillaires allant des rameaux de la veine porte (3) vers la veine centrale (4); à gauche, les trainées de cellules hépatiques avec les vides qui existent entre elles et qui représentent l'origine des voies d'excrétion de la bile.

n'avons pu les représenter en noir que dans les intervalles de deux faces adjacentes avec des diverticules latéraux. C'est dans ces vides que s'écoule la bile élaborée par la cellule hépatique, tant qu'elle ne rencontre pas un obstacle dans les voies d'excrétion à paroi propre. Dans ce dernier cas, la bile est résorbée, c'est-à-dire qu'elle passe dans le sang, comme la glycose et la graisse.

Notons qu'au sortir du hile du foie, le canal hépatique (canal cystique, vésicule biliaire et canal cholédoque) se munit d'une véritable muqueuse et de glandes, ainsi que d'une tunique musculuse.

F. POUMON. — Le poumon n'est, dans le principe, qu'une glande du tube digestif. Il débute, à la face antérieure du pharynx sous la forme d'un bourgeon (future *trachée-artère*) qui ne tarde pas à se diviser en deux canaux (les *bronches*). Chaque bronche se comporte de même et les divisions qui se répètent une dizaine de fois se terminent chacune par un bouquet de culs-de-sac, qui correspond au grain ou acinus d'une glande en grappe. Avant la naissance, c'est-à-dire tant que le fœtus n'a pas respiré, les culs-de-sac qui partent de la bronchiole terminale sont revêtus d'un épithélium dont les cellules sont d'abord cylindriques, puis cubiques.

A la naissance, dès les premières inspirations, les culs-de-sac s'allongent et se dilatent énormément, de façon à acquérir une longueur de 3 millimètres et une largeur d'un demi-millimètre; de plus leurs parois se boursouflent. Les boursouffures ou *alvéoles* eux-mêmes mesurent de 0<sup>mm</sup>,1 à 0<sup>mm</sup>,3.

Les cellules épithéliales cubiques, de 10 à 15, s'étalent et s'aplatissent à mesure que les alvéoles se développent, de sorte qu'il ne reste chez l'adulte, que de larges plaques, avec ou sans noyau, épaisses de 1  $\mu$ . à peine, mais revêtant toute la surface interne de l'alvéole et des conduits alvéolaires.

Les conduits alvéolaires voisins sont réunis entre eux par du tissu conjonctif dans lequel on voit les noyaux des cellules formatives, quelques fibrilles conjonctives et une trame élastique d'une grande richesse. Cette dernière permet au poumon de se dilater, lorsque la cage thoracique s'élargit, puis de reprendre son volume primitif, lorsque elle s'affaisse. C'est dans cette trame conjonctivo-élastique que se trouve le réseau capillaire formé par les artères pulmonaires. On a calculé que la surface de l'ensemble des alvéoles est de 100 à 150 mètres carrés et le sang, c'est-à-dire le réseau capillaire, occupe les trois quarts de cette surface, soit 75 à 90 mètres carrés. Un demi-litre à 1 litre de sang est constamment étalé à la surface du poumon et n'est séparé de l'air contenu dans les alvéoles que par une paroi épaisse de 2 à 3  $\mu$ .

Quant aux voies d'excrétion, c'est-à-dire respiratoires, elles sont représentées par la trachée-artère, les bronches et les divisions bronchiques.

Dans le principe, ces voies ont la structure des canaux excréteurs des glandes. Peu à peu, la paroi fibreuse et élastique devient

rigide, grâce au développement de cerceaux et de nodules cartilagineux, ce qui les maintient constamment béantes et perméables à l'air. Grâce à une couche de muscles lisses, les bronches, surtout celles de moyen calibre, sont contractiles.

Quant à la muqueuse, elle se compose : 1° d'un chorion conjonctif avec de fines fibrilles élastiques ; 2° d'un revêtement épithélial de type prismatique stratifié. L'extrémité libre des cellules superficielles est munie de cils vibratiles, jusque vers les dernières divisions bronchiques qui ne sont plus tapissées que par des cellules cubiques.

Nous avons assimilé tout le poumon à une grosse glande. En raison du grand développement de l'organe, la muqueuse qui tapisse la trachée-artère et les bronches, les grosses et celles de moyen calibre (10 à 2 millimètres), se pourvoit de glandes analogues aux glandes salivaires mixtes ou séreuses.

Les dernières divisions bronchiques finissent par se terminer par un bouquet de culs-de-sac, analogues à ceux d'une glande, mais qui s'en distinguent par leur longueur, ainsi que par l'aspect et la structure des parois. Ces culs-de-sac des ramifications pulmonaires sont longs de 2 à 3 millimètres et larges de 0<sup>mm</sup>,5. Leurs parois, au lieu d'être lisses, sont bosselées ; chaque bosselure ou alvéole, visible à l'œil nu, a un diamètre de 0<sup>mm</sup>,1 à 0<sup>mm</sup>,3. Les alvéoles qui hérissent les culs-de-sac rappellent les bulles de savon appendues au bout d'un tube. Aussi les culs-de-sac terminaux des ramifications bronchiques ont-ils reçu le nom de conduits alvéolaires.

## CHAPITRE XII

### DENTS

La dent est une espèce d'os, disait Aristote et répétaient tous les anatomistes jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. La dureté des dents dépasse cependant celle de tous les autres os. Soumettant à l'examen microscopique de minces coupes d'os macérés et desséchés, Antoine de Leeuwenhoeck y découvrit, dès la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, des canalicules parallèles, semblables à ceux qu'on observe dans le tissu osseux.

Cependant vers la même époque Clopton Havers vit que la couche superficielle de la couronne des dents était plus dure que le reste de ces organes ; on la compara à une couche d'émail ; de là le nom d'*émail* donné à ce revêtement qui atteint une épaisseur d'un millimètre environ.

Enfin Tenon découvrit, en 1767, une troisième substance dans la dent du Cheval ; il lui trouva les caractères du tissu osseux et l'appela le *cortical osseux*, dit encore *cément*.

La dent se compose donc de trois substances (fig. 50) : 1<sup>o</sup> l'ivoire (1) ; 2<sup>o</sup> l'émail (2) ; 3<sup>o</sup> le cortical (3). La substance propre de la dent est l'*ivoire*, nom donné par Everard Home à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle ; mais vers 1840, R. Owen lui a substitué celui de *dentine*, car elle caractérise la dent et ne manque jamais. L'émail et le cortical peuvent faire défaut.

L'analyse chimique montra que la composition de ces trois substances est différente. Le cortical osseux rappelle à cet égard l'os, à savoir 66 pour 100 de sels calcaires et 33 pour 100 de substance organique. La dentine possède plus de sels calcaires que le tissu osseux : les éléments minéraux atteignent 70 pour 100

et la substance organique n'y est représentée que dans la proportion de 30 pour 100. L'émail, enfin, n'a plus que trois pour 100 de substance organique.

Pour se rendre compte de la nature de la dent, il faut voir naître et se développer l'ivoire, l'émail et le cortical osseux.

Chez la plupart des Vertébrés et les Mammifères en particulier, les dents sont confinées dans la cavité buccale et fixées dans les mâchoires. Sur les embryons humains longs de 10 à 20 millimètres, les lèvres et les mâchoires sont confondues en une masse unique. L'épithélium qui les recouvre s'épaissit et forme un bourrelet qui ne tarde pas à s'enfoncer dans le tissu conjonctif sous-jacent (fig. 51). Ultérieurement les cellules centrales de la masse épithéliale se désagrègent et la cavité qui se forme ainsi donne naissance à l'espace situé entre les lèvres et la joue d'une part, et des gencives, d'autre part : c'est le *vestibule de la bouche*.

La partie interne de la masse épithéliale (fig. 52) produit ensuite une lame épithéliale ou *dentaire* (3) qui pénètre dans la mâchoire et il en naît autant de bourgeons (5) qu'il y a des dents de lait. Le bourgeon, dit organe *pré-dentaire*, s'étire, puis son extrémité profonde se bifurque en un lobe

qui se dirige en dedans, vers la langue (*lobe lingual*) et un lobe qui va en dehors (*lobe labial*). Au point de jonction des deux lobes,

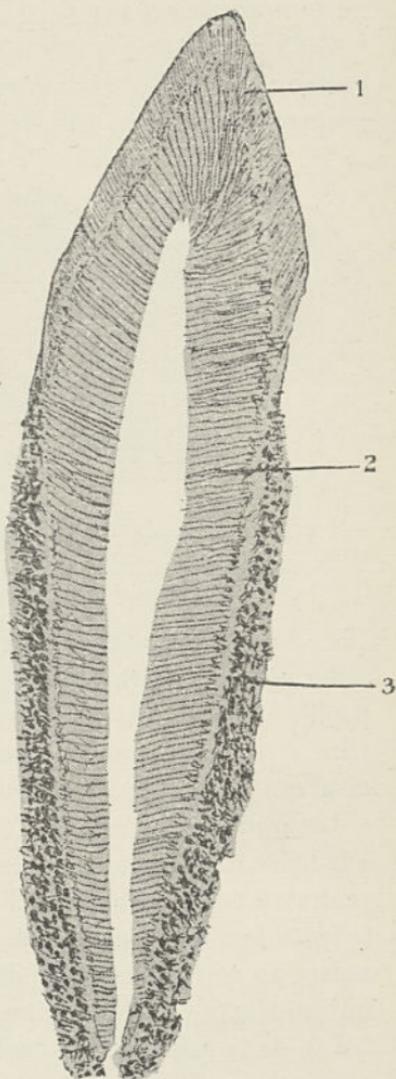


FIG. 50. — Coupe longitudinale, faite à la scie d'une canine inférieure, macérée et desséchée.

1, dentine; 2, émail; 3, cortical ou ciment.

les cellules épithéliales du bourgeon se divisent et forment, dans l'axe même du bourgeon, un amas de petites cellules réunies par un protoplasma commun (6).

Cet amas de petites cellules est la première ébauche de la *papille dentaire* qui ne tarde pas à s'allonger, grâce à une transformation analogue en petites cellules que subissent successivement toutes

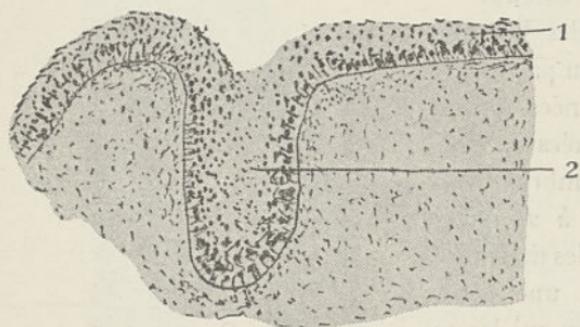


FIG. 51. — Formation du vestibule buccal.

1, épithélium qui végète pour former la lame épithéliale inter-labio-buccal (2).

les cellules épithéliales occupant l'axe du bourgeon pré-dentaire.

La dent de lait est transitoire et sera remplacée par une dent qui prend naissance et se développera comme la dent de lait, aux dépens d'un bourgeon épithélial

(fig. 52, 4) émanant du pédicule de la dent de lait.

Le pédicule épithélial d'où émane le bourgeon que coiffe la papille ne tarde pas à se désagréger de sorte que l'ébauche dentaire sera complètement séparée de l'épithélium buccal ou gingival qui lui a donné naissance.

La figure 53 représente l'ébauche dentaire d'une dent de Chat à la naissance, avant le développement des tissus durs. La papille centrale est déjà enveloppée d'une couche de cellules allongées (3) (*odontoblastes*) qu'une fine membrane hyaline ou basilaire sépare du revêtement ou coiffe épithéliale, dite organe de l'émail ou pré-dentaire. Celui-ci comprend, de dedans en dehors, c'est-à-dire de la papille vers l'extérieur : 1° une couche de cellules prismatiques (5), appelées *adamantoblastes* ou *améloblastes*, par ceux qui lui attribuent, à tort à notre avis, le rôle de sécréter l'émail ; 2° une couche de tissu réticulé serré ou *stratum intermedium* ; 3° du tissu réticulé très mou ou pulpe de l'organe pré-dentaire (6) ; 4° une couche épithéliale externe (6) ; et 5° du tissu conjonctif vasculaire (7) ou paroi externe. Dès le xvi<sup>e</sup> siècle, Eustacih avait signalé dans les mâchoires des embryons humains

la présence de ces masses molles, ébauches des dents futures. Comme elles étaient entourées de la paroi conjonctive externe, il les compara à des sacs et les appela *follicules dentaires*.

Voyons maintenant l'évolution de ces deux parties (organe de l'émail et papille dentaire) et le mode de développement des tissus durs de la dent.

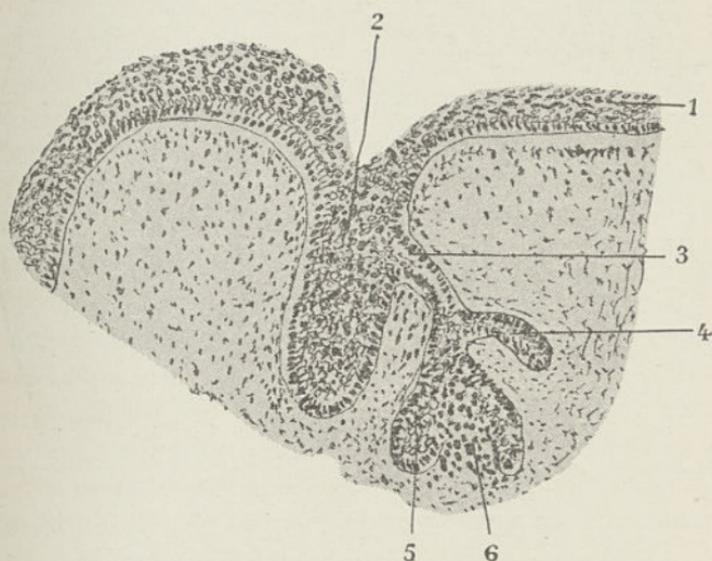


FIG. 52. — Origine de la lame dentaire et des bourgeons dentaires.

1, ame épithéliale inter-labio-buccale ; 3, lame dentaire ; 5, bourgeon prédentaire de la dent de lait (4), de la dent permanente (5) ; 6, papille dentaire.

La figure 54 montre que la papille (1 et 2) en s'accroissant, produit une couche superficielle de cellules (3), qui s'allongent et prennent une figure colonnaire ou prismatique. Ces cellules sont dites *odontoblastes* (*odons*, dent ; *blastein*, former), car elles élaboreront la dentine et l'émail, c'est-à-dire les substances dures de la dent.

Cette couche est suivie d'une masse homogène, sans éléments cellulaires (3), qui est transparente mais cloisonnée par des stries : c'est le premier *ivoire calcifié* (4). Avant cet ivoire calcifié s'est développée une couche d'ivoire non calcifié (5), dit *émail primaire*. Celui-ci est limité en dehors par les cellules prisma-

tiques de l'organe prédentaire (adamantoblastes (6) des auteurs) et la pulpe de l'organe prédentaire (7).

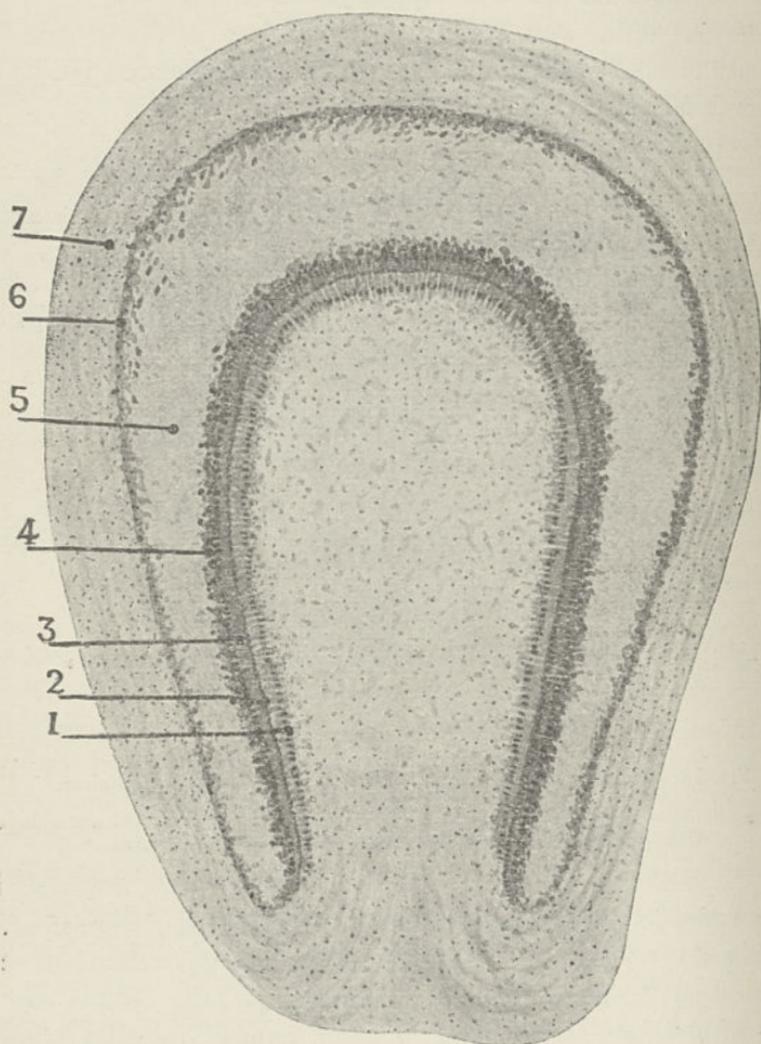


FIG. 53. — Portion du follicule dentaire d'un chat.

1, papille dentaire ; 2, couche moyenne ; 3, odontoblastes ; 4, cellules prismatiques internes de l'organe prédentaire (prétendus adamantoblastes) ; 5, tissu réticulé du centre de l'organe prédentaire ; 6, épithélium externe ; 7, tissu conjonctif péri-dentaire.

La figure 55 qui représente un fragment de la papille et de l'ivoire en voie de formation montre que les odontoblastes (1) aboutissent à leur extrémité externe à une fine membrane (2) d'où

partent des prolongements granuleux et sombres (*fibrilles de Tomes*). Entre les fibrilles de Tomes se trouve un protoplasma transparent (hyaloplasma) qui est d'abord très mou, mais devient plus dense en 3 et enfin se charge de sels calcaires (4).

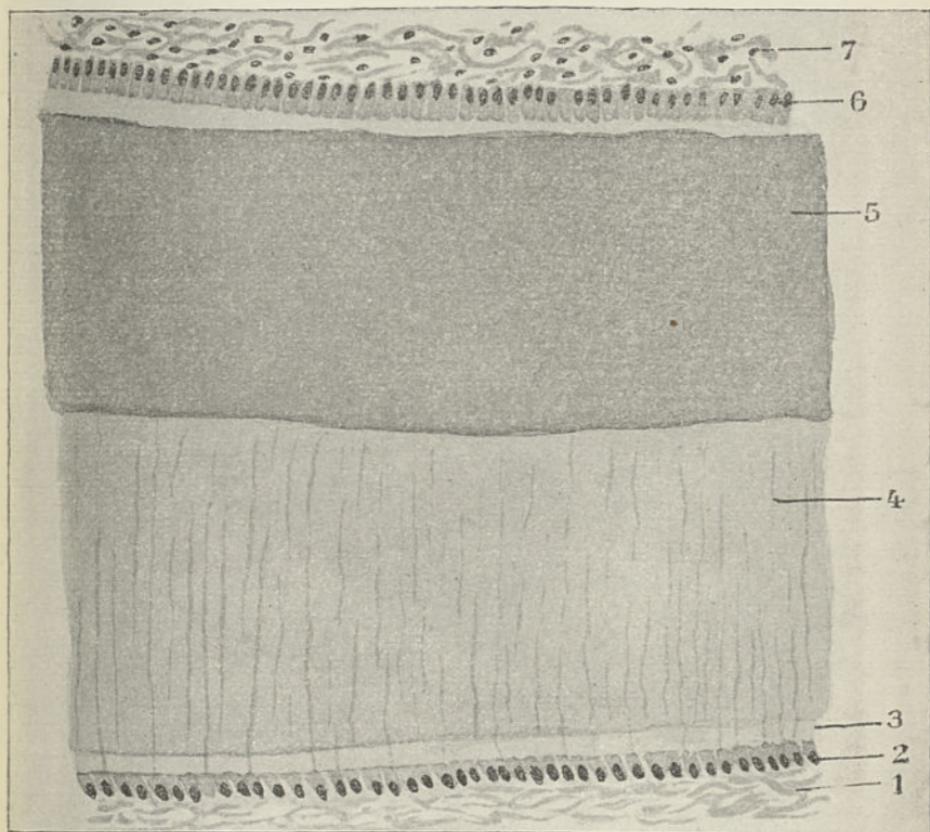


FIG. 54. — Section de l'ivoire et de l'émail primaire de la première grosse molaire d'un veau, encore incluse dans le follicule (Stiassnie, obj. 5 ; oc. 2).

1, papille ; 2, odontoblastes ; 3, prédentine ou dentine non calcifiée ; 4, dentine calcifiée ; 5, émail primaire ; 6, cellules prismatiques de l'organe prédentaire ; 7, *stratum intermedium*.

La figure 56 représente un schéma destiné à faire comprendre les modifications que subissent la fibrille de Tomes d'une part, et l'hyaloplasma qui l'entoure, à mesure qu'ils s'éloignent du corps cellulaire de l'odontoblaste. D'abord continu d'un odontoblaste à l'autre, l'hyaloplasma ne tarde pas à s'entourer d'un manchon,

dite *gaine de Neumann*, de la nature des substances élastiques. C'est ainsi que l'ivoire montre des tubes ou canalicules dont le centre est occupé par une *fibrille de Tomes* entourée d'un manchon d'hyaloplasma. La gaine de Neumann limite les canalicules et les sépare de la substance fondamentale calcifiée.

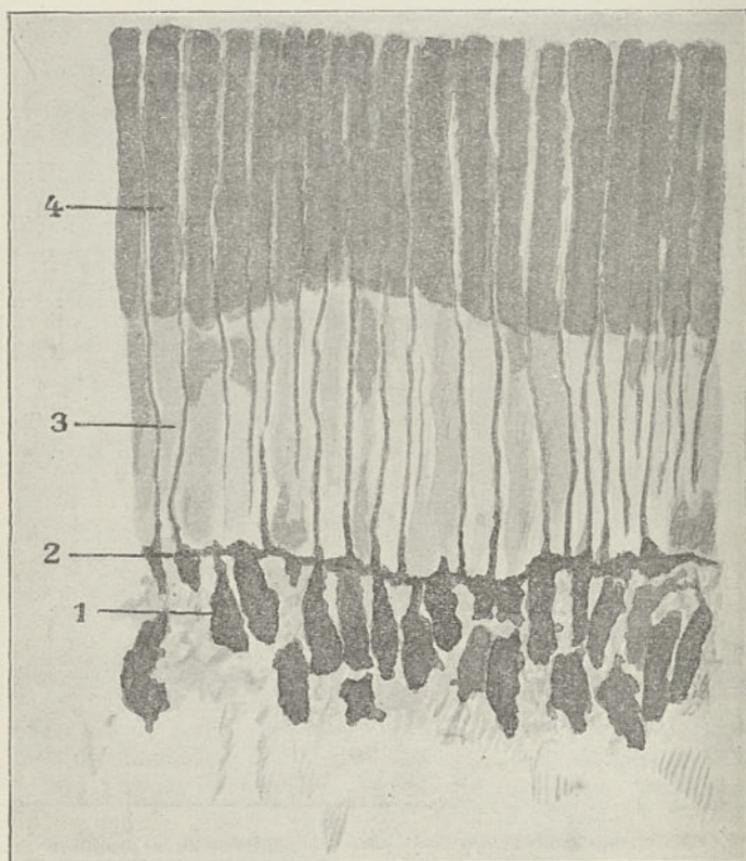


Fig. 55. — Fragment de dent de jeune mouflon.

1, assise d'odontoblastes ; 2, plexus ; 3, ivoire non calcifié ; 4, ivoire calcifié.

A mesure que le canalicule approche de la surface externe de la dent, l'hyaloplasma qui entoure la fibrille de Tomes diminue, en même temps que la substance fondamentale augmente. C'est donc l'hyaloplasma qui se transforme en substance fondamentale (fig. 56)

Si, par la macération, on détruit les éléments non calcifiés (fibrilles de Tomes et manchon d'hyaloplasma), on obtient l'image

que présentent les dents macérées et desséchées c'est-à-dire les canalicules radiés qui parcourent la substance fondamentale. Remarquons que ces canalicules émettent des ramifications latérales qui s'anastomosent, parce que la fibrille de Tomes, en s'éloignant de la papille, se ramifie elle-même sur son trajet.

L'ivoire ou dentine n'est donc qu'une substance qui provient de la calcification que subit l'hyaloplasma de la portion périphérique de l'odontoblaste; mais cet hyaloplasma ne se calcifie pas d'un coup; pareille transformation se fait lentement et successivement de la surface externe vers la papille et tout autour d'un prolongement granuleux (fibrille de Tomes) qui ne se calcifie point, qui semble diriger le processus et représenter l'élément essentiellement vital de l'odontoblaste.

Quant à l'émail, son origine et son mode de développement sont intimement

liés à ceux de l'ivoire. Notons d'abord (fig. 54, entre 6 et 7) qu'une membrane anhiste, dépendant de l'organe prédentaire, sépare constamment ce dernier de l'ivoire.

Or, si l'on examine une dent encore contenue dans son follicule et dans laquelle l'ivoire va commencer à se développer, on y constate la présence de deux couches intimement adhérentes : 1° une couche profonde (57) qui est chargée de sels calcaires (1) et une couche superficielle qui n'est point calcifiée (2). Les fibrilles de

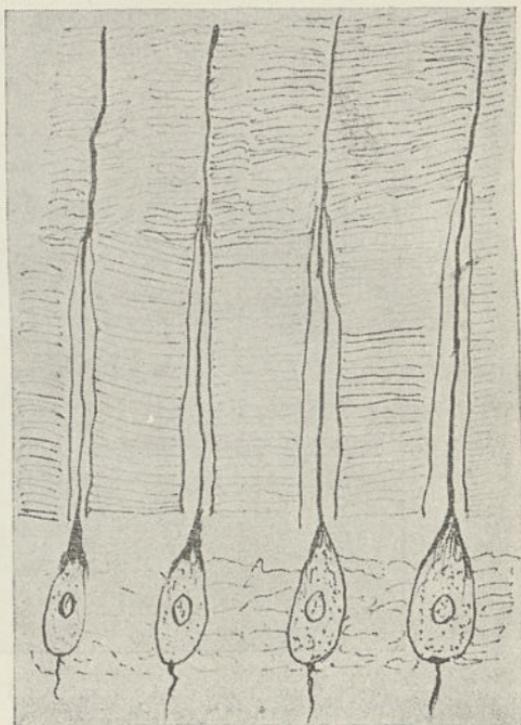


FIG. 56. — Schéma pour faire comprendre les canalicules dentaires.

Tomes (fig. 57) de la première couche (1) passent dans la deuxième couche sans interruption. Si l'on pratique des coupes transversales sur ces deux couches (fig. 58), on observe dans la couche calcifiée des canalicules, c'est-à-dire des fibrilles de Tomes entourées d'un manchon d'hyaloplasma et d'une gaine de Neumann et réunis entre eux par une substance fondamentale calcifiée. Dans la couche superficielle non calcifiée (fig. 59), on ne constate que la présence de grosses fibres de Tomes avec peu d'hyaloplasma et séparées par une masse granuleuse non calcifiée.

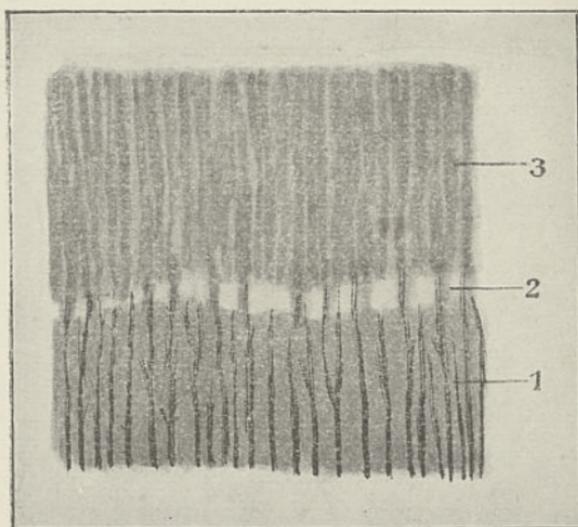


Fig. 57. — Coupe d'une jeune dent passant par l'émail sus-jacent à la dentine de la figure 54.

1, dentine calcifiée; 2, courbe de transition entre celle-ci et l'émail (3).

Ces observations prouvent que la première dentine qui se développe dans la jeune dent est dépourvue de sels calcaires, parce qu'elle n'est formée que de protoplasma granuleux. C'est celle-là que les auteurs décrivent sous le nom d'*émail primaire*, qu'ils font provenir de la transsudation des cellules internes (prétendus adamantoblastes) de l'organe prédentaire.

Ils attribuent à cet émail primaire, privé de noyaux et de cellules, la propriété d'emprunter les sels calcaires à la dentine sous-jacente, et une durée de 40, 50 ou 70 ans.

Il n'en est rien : au moment de l'éruption de la dent, l'émail primaire s'effrite et disparaît, et le véritable émail, calcifié, se développe sur la couronne, grâce à la transformation que subit l'ivoire sous l'influence des agents mécaniques.

Ce qui prouve que les choses se passent ainsi, c'est que chez de nombreuses espèces animales, les canalicules de l'ivoire oublient d'élaborer de la substance fondamentale au contact de l'émail et s'y prolongent avec tous les éléments qu'ils contiennent (*fibrilles de Tomes et manchon d'hyaloplasma*).

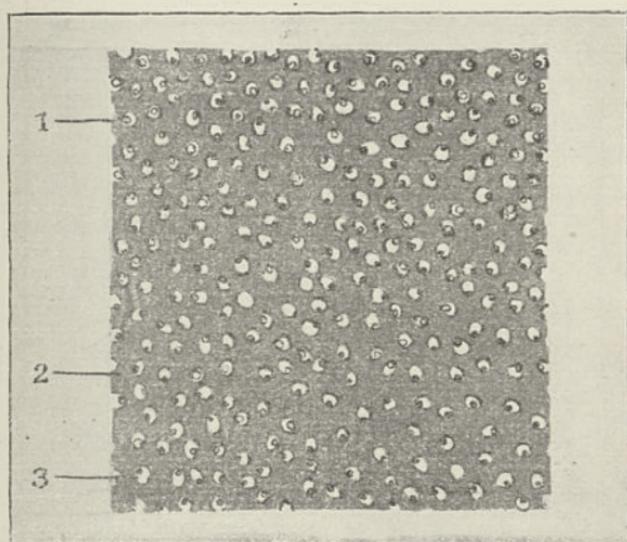


FIG. 58. — Coupe perpendiculaire aux tubes de l'ivoire profond.  
1, fibrille de Tomes; 2, hyaloplasma; 3, substance fondamentale.

Les dents qui ne sont pas soumises à la trituration ne sont point recouvertes d'émail; telles sont les dents de Tatous. L'émail est d'autant plus mince que les animaux mâchent moins les aliments et qu'ils avalent leur proie toute entière ou après l'avoir déchiquetée. Exemple : le Dauphin, dont les dents pointues sont revêtues d'un émail épais à peine de quelques centièmes de millimètre.

Les schémas suivants résument l'origine et le développement de l'ivoire et de l'émail qui tous deux sont produits par les odontoblastes.

Le schéma 60 représente l'odontoblaste et la fibrille de Tomes ;

à mesure que cette dernière s'éloigne de la papille pour se diriger vers l'émail, elle émet nombre de prolongements latéraux qui se subdivisent et se ramifient pour former un réticulum dans la substance fondamentale. Ne se calcifiant point ou peu, ces fibrilles se détruisent par la calcification et donnent naissance aux canaliculaires dentaires et à leurs branches latérales.

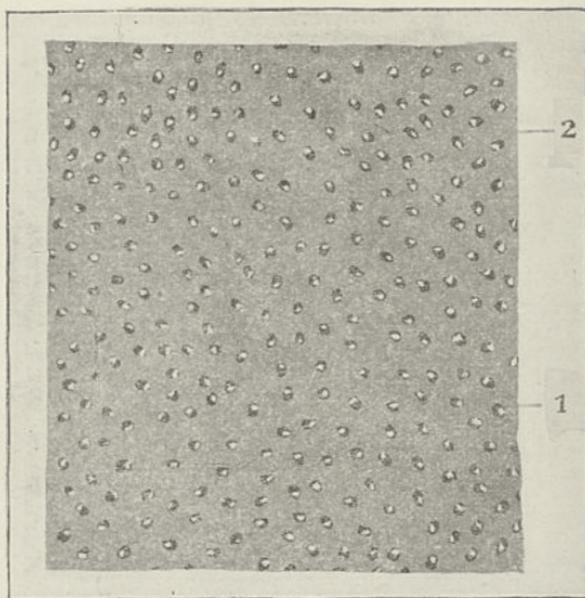


FIG. 59. — Coupe de la première prémolaire d'un veau de six semaines, perpendiculaire aux tubes dentaires de la couche de dentine superficielle.

1, fibre de Tomes; 2, substance fondamentale.

Le schéma 56 montre le manteau d'hyaloplasma et la gaine de Neumann qui entourent la fibrille de Tomes. Ce manteau d'hyaloplasma s'amincit vers l'émail, puis disparaît, et, il ne pénètre dans l'émail que la fibrille de Tomes avec ses ramuscules latéraux. La fibrille de Tomes (fig. 60) donne aux dents, même les plus saines, sa sensibilité exquise, que mettent bien en évidence les acides des fruits qui ne sont pas encore mûrs. C'est la présence de cette fibrille qui permet de dissocier l'émail (ayant séjourné quelque temps dans l'acide chlorhydrique étendu) en fragments ou prismes de l'émail. En effet, la fibrille de Tomes étant bien moins calcifiée dans l'émail que la substance interfibrillaire se détruit plus vite que cette der-

nière. Ce sont ces fibrilles de Tomes de l'émail que certains auteurs décrivent sous le nom de *ciment* réunissant les prismes de l'émail ou *ciment interprismatique*.

Quant à la coiffe épithéliale ou organe prédentaire proprement dit (organe dit de l'émail des auteurs), voici comment il évolue et les parties qu'il formera.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les figures 52 et 53 pour se convaincre que le bourgeon épithélial initial prend la figure d'un

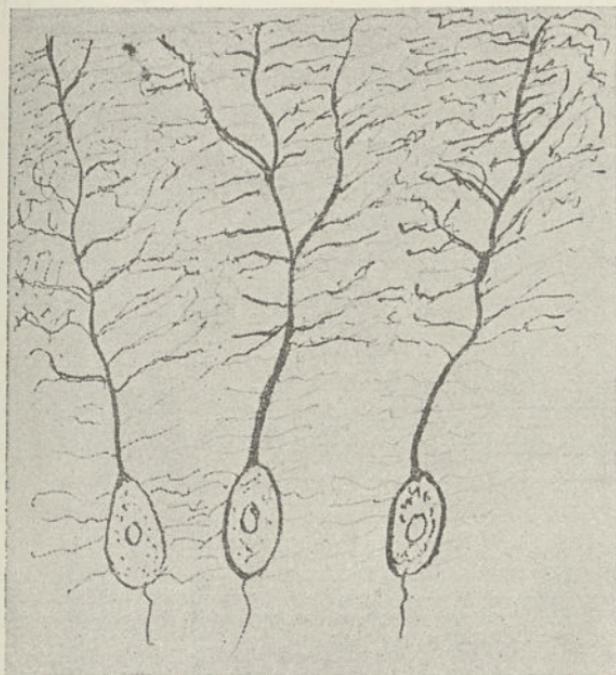


FIG. 60. — Schéma représentant l'évolution de l'odontoblaste.

bonnet de coton (ancien casque à mèche) parce que la partie profonde se transforme en papille dentaire et est contenue dans la partie superficielle qui devient externe. Les cellules qui revêtent la papille s'allongent et deviennent prismatiques ; elles forment l'épithélium dit *interne* et chacune d'elles est dite *adamantoblaste* ou *améloblaste*, parce qu'on a supposé qu'elles donnent naissance à l'émail. La partie superficielle fig. 53 (6) est également constituée par des cellules correspondant à la couche profonde et basilaire de

l'épithélium buccal, on lui donne le nom d'*épithélium externe*. La portion centrale du bonnet de coton est occupée par des cellules polyédriques ou étoilées, constituant la *pulpe de l'organe prédentaire*. Enfin on a distingué, à la réunion de la pulpe et de l'épithélium interne, une couche spéciale dite *stratum intermedium*.

Pour les classiques, l'épithélium interne ou adamantoblaste produirait l'émail, puis s'atrophierait. Quant à l'épithélium *externe*, il serait pénétré, dissocié et détruit par des végétations qui partiraient du tissu conjonctif de la paroi folliculaire. La pulpe et le *stratum intermedium* auraient le même sort. En un mot, l'organe

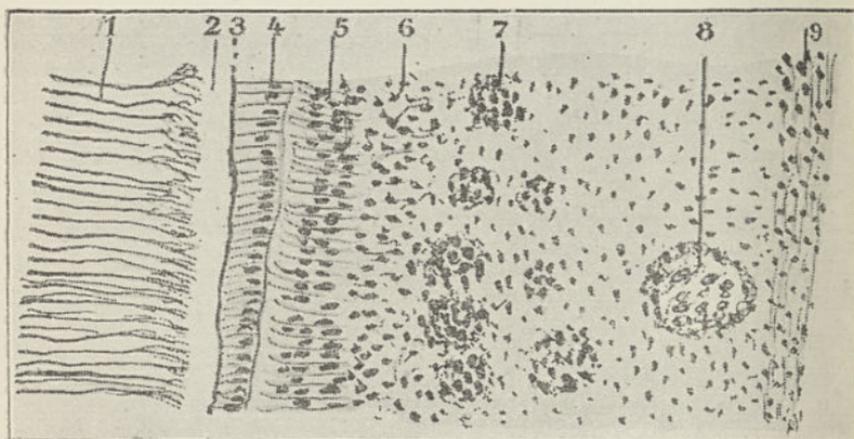


FIG. 61. — Évolution de l'organe prédentaire du veau.

1, ivoire; 2, émail primaire; 3, membrane basilaire de l'épithélium interne (4) de l'organe prédentaire; 5 et 6, couches plus profondes; 6, amas de cytoplasma commun à nombreux noyaux; 7, autre amas en voie de transformation vaso-sanguiformative; 8, vaisseau sanguin; 9, os de la mâchoire.

prédentaire serait l'organe formatif de l'émail; cet organe de l'émail n'aurait qu'une existence transitoire et ses cellules internes seules serviraient à édifier une substance qui, il est vrai, durerait sans posséder ni noyaux, ni cellule, un demi-siècle et davantage.

L'observation des stades évolutifs m'a montré que l'organe prédentaire a une évolution toute différente.

La figure 61 représente une coupe de l'ivoire et de l'organe prédentaire d'un follicule dentaire encore inclus dans la mâchoire d'un Veau de six semaines. L'ivoire (1) est suivi en dehors d'une zone (2) très claire (émail primaire) qui est limitée par une mem-

brane anhiste (3) à double contour (*membrane basilaire*). Puis viennent de hautes cellules épithéliales (4) qui sont dites adamantoblastes. A la suite des adamantoblastes se trouvent une ou deux assises de cellules prismatiques (5) qui se continuent avec une zone de tissu réticulé (6). Plus en dehors on voit dans un tissu réticulé plus lâche des amas de noyaux réunis par un protoplasma granuleux. Ensuite en 9 existe un autre amas limité par une paroi cellulaire et dont les noyaux centraux sont en train de se transformer en globules rouges. Enfin on voit l'épithélium externe.

Si l'on étudie des stades plus avancés, on voit (fig. 62) certaines cellules de l'épithélium interne se modifier; le noyau s'entoure d'un cytoplasma clair, puis d'une capsule. Autrement dit, les cellules épithéliales internes se transforment en petites cellules encapsulées. De la capsule partent de fines trabécules qui cloisonnent la substance intercellulaire, en même temps que celle-ci se charge de sels calcaires. C'est ainsi que se développe une couche osseuse (*cément* ou *cortical osseux*), aux dépens des cellules prismatiques de l'épithélium interne de l'organe prédentaire.

Sur les incisives du Veau de six semaines (fig. 63), le cortical est déjà épais de  $0^{\text{mm}},07$  à  $0^{\text{mm}},08$  et comprend plusieurs assises cellulaires qui continuent à se présenter, du côté externe, des cellules épithéliales ou réticulées en voie de transformation osseuse.

Sur un chat jeune adulte (fig. 64), les racines des molaires n'ont

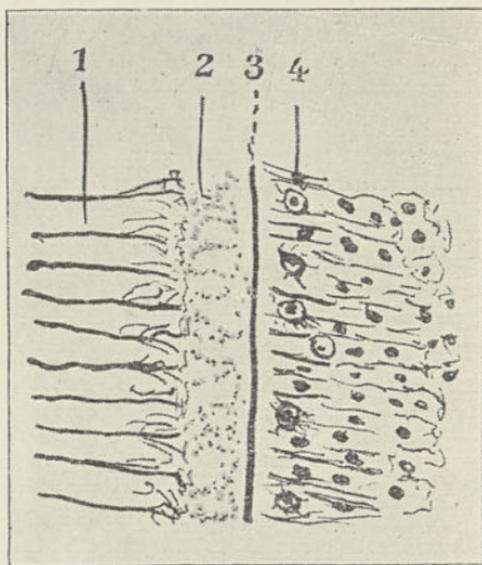


FIG. 62. — Coupe de la racine d'une dent de veau (non percée).

1, ivoire; 2, émail radiculaire; 3, membrane basilaire; 4, épithélium interne ou adamantoblastes dont quelques-uns se sont encapsulés (eorticoblastes).

encore qu'un cortical épais à peine de  $0^{\text{mm}},02$ . Les cellules osseuses ont pris naissance de la même façon et représentent des éléments de 7 à 8  $\mu$  avec un noyau de 3  $\mu$ , entouré d'un cytoplasma clair, qui est circonscrit par une capsule.

Ce cortical est doublé en dehors par une lamelle de tissu conjonctif qui a la même structure que celui du Veau (dent encore incluse dans l'alvéole). Cette membrane que nous appellerons *circum-radulaire* (ligament alvéolo-dentaire des auteurs) n'a qu'une épaisseur de 15 à 20  $\mu$ , et est formée de tissu conjonctif jeune très vasculaire (fig. 64).

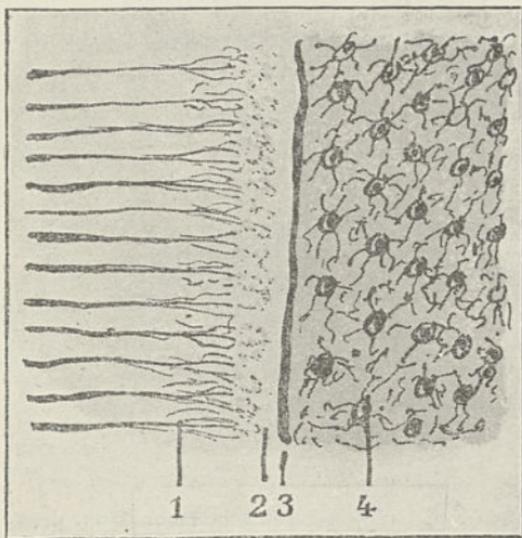


FIG. 63. — Coupe de la racine d'une incisive de veau de six semaines.

1, ivoire; 2, émail radulaire; 3, membrane basilaire; 4, cortical osseux.

un espace médullaire servant à loger la dent. D'autres regardaient ces amas multinucléés comme du tissu épithélial provenant des bourgeons qui avaient donné naissance à l'organe prédentaire; c'étaient les ébauches d'une 3<sup>e</sup> dentition, des *débris paradentaires*, germes aberrants et point de départ de malformations (kystes, néoplasies). D'autres virent que ces amas multinucléés s'anastomosaient et formaient un réseau; d'où l'hypothèse d'un appareil lymphatique circum-radulaire. Toutes ces suppositions s'évanouissent quand on étudie l'évolution de ces amas multinucléés: leur origine est bien

Comment se vascularise le tissu de la membrane circum-radulaire? Il y a plus d'un demi-siècle qu'on découvrit, dans le tissu conjonctif circum-radulaire, des amas cellulaires à nombreux noyaux et à cytoplasma commun; on les désigna sous le nom de *myélopaxes*, de *cellules géantes*, d'*ostoclastes*. Leur présence fit assimiler la membrane circum-radulaire à

épithéliale, mais ce n'est pas du revêtement gingival qu'ils procèdent ; ils sont produits par l'épithélium interne de l'organe pré-dentaire. Ensuite, ses éléments subissent l'évolution de ceux des myéloplaxes ou des îlots vaso-sanguiformatifs : les éléments périphériques s'allongent et se disposent en une rangée circulaire pour former la paroi vasculaire, tandis que les noyaux centraux se chargent d'hémoglobine et se transforment en hématies qui deviennent libres par fonte du cytoplasma. Les îlots vaso-sanguiformatifs sont, par conséquent, l'ébauche de vaisseaux sanguins.

Le tissu osseux du cortical est-il identique au tissu osseux en général ? Jusqu'à présent on a décrit le tissu du cément ou cortical comme de l'os et on le faisait provenir du tissu conjonctif de la paroi folliculeuse, qui après avoir végété et détruit l'organe pré-dentaire, élaborerait de l'os au

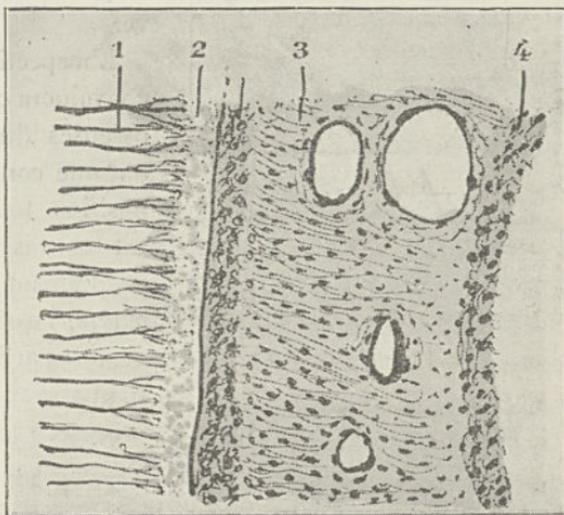


FIG. 64. — Coupe d'une racine et de la membrane circumradiculaire d'une molaire de chat jeune adulte.

1, ivoire ; 2, émail radiculaire ; 3, membrane basilaire suivie du cortical osseux ; 3, membrane circumradiculaire ; 4, os de la mâchoire.

contact de l'ivoire radiculaire. On a noté cependant la disposition lamelleuse et concentrique des zones ou couches du cortical (fig. 67). Nous avons vu que les premières zones du cortical se développent tout contre la membrane basilaire aux dépens des cellules prismatiques de l'épithélium interne de l'organe pré-dentaire. Les couches suivantes naissent de la même façon : les cellules de la membrane circumradiculaire s'allongent, deviennent claires (zone pré-corticale) puis se transforment en corticoblastes. Donc les cellules du tissu conjonctif de la membrane circumradiculaire ne se transforment pas directement en cellules osseuses du cortical ; elles modi-

fient d'abord leur forme et leur structure avant d'élaborer la substance dure du cortical. Ces résultats sont confirmés par l'étude du cortical d'un chat âgé de treize ans. Dans ce cortical (fig. 21), on observe des territoires osseux vascularisés et dans lesquels les couches osseuses sont disposées sous la forme de zones concentriques autour des canaux de Havers.

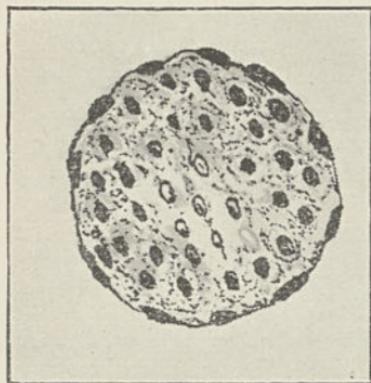


FIG. 65. — Un amas vaso-sanguiformatif à un grossissement plus fort.

En gagnant et en s'étendant en dehors, l'ossification de la membrane circum-radulaire rencontre des parties vascularisées et le tissu osseux qui se développe dans celles-ci prend une forme et une structure tout autres que celui du cortical proprement dit.

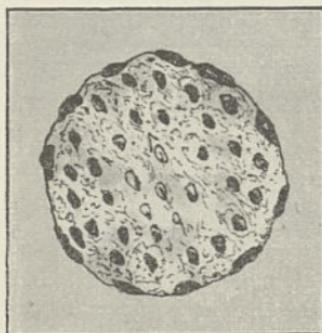


FIG. 66. — Un amas vaso-sanguiformatif dont les noyaux se transforment en globules rouges.

Le cortical n'apparaît que sur les dents à allongement borné. Jamais on ne l'a vu se développer sur les dents à allongement indéfini, telles que les incisives des Rongeurs par exemple. La partie enchâssée de ces dernières continue à être revêtue même sur l'adulte d'une membrane circum-radulaire dont les couches internes sont constituées par des cellules allongées, épithéliales.

Grâce à ce revêtement épithélial, la partie enchâssée de la dent peut glisser sur sa gaine molle, et, l'ivoire qui continue à se former sur la papille repousse l'ancien ivoire, de telle sorte que la dent a un allongement illimité. Il en est de même sur toutes

les dents tant que le cortical n'existe pas. Elles s'allongent et sortent de l'alvéole ; c'est là ce qui explique le phénomène de l'éruption. Mais une fois que le cortical entoure l'ivoire radulaire et que le reste de la membrane circum-radulaire attache solidement le cortical et par suite la dent à l'os de la mâchoire, l'allongement de la dent se trouve arrêté.

En résumé, la dent apparaît sous la forme d'un bourgeon épithélial, simple et unique, qui ne tarde pas à se bifurquer. Dans l'axe du bourgeon, les cellules épithéliales produisent de bonne heure un tissu réticulé et vasculaire, la *papille dentaire*, qui donnera naissance aux

odontoblastes, éléments formatifs de l'ivoire et de l'émail. Quant au reste du bourgeon épithélial (organe prédentaire proprement dit), il ne s'atrophie point ; ses cellules épithéliales évoluent et se transforment en une membrane dont les zones internes élaborent un tissu osseux particulier, le *cortical*

osseux et dont les autres zones se transforment en une membrane conjonctive et vasculaire (*membrane circum-radulaire*) qui fixe solidement la dent à la mâchoire.

La dent débute chez tous les Vertébrés à l'état d'organe épithélial. Sa portion centrale ne tarde pas à se transformer en papille vasculaire. La portion périphérique persiste plus longtemps sous la forme épithéliale (*organe prédentaire*), mais finit, du moins dans les dents à allongement borné, par se transformer en tissu conjonctif vasculaire. Sa papille produit l'ivoire qui a une évolution différente selon l'action mécanique que subit la dent. Chez les Edentés (Tatou) qui n'avalent que des vers sans les triturer, la couche externe ou superficielle de l'ivoire ne se calcifie pas plus

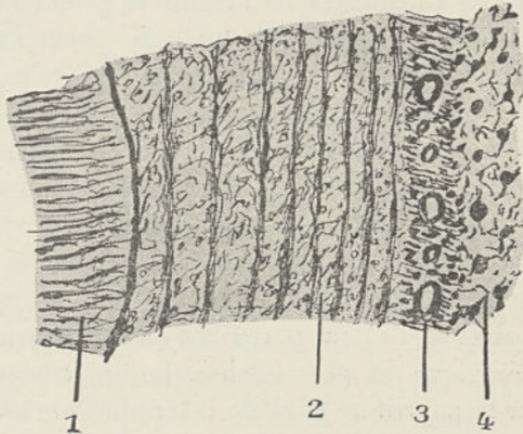


FIG. 67. — Cortical osseux d'une molaire de chat âgé de 13 ans.

1, ivoire ; 2, couches de cément ou cortical osseux ; 3, membrane circum-radulaire ; 4, os de la mâchoire.

que les couches centrales. Il ne se développe point d'émail. Les Dauphins qui n'ont que des dents aiguës pour saisir et déchiquer les poissons, ont une couche d'émail de quelques centièmes de millimètre seulement. L'émail reste également très mince sur les dents des Mammifères terrestres tels que le Chien et le Chat, dont les dents fonctionnent comme les lames d'une paire de ciseaux et ne servent qu'à couper.

La plupart des Poissons ont des dents en forme de pointes ou de crochets dont le sommet seul est coiffé d'un chapau d'émail. La plus grande épaisseur de cet émail est la continuation de l'ivoire, car les canalicules de l'ivoire la pénètrent. Les dents des Grenouilles ont même structure : la couche superficielle, dite émail, est parcourue par les canalicules de l'ivoire.

Il existe cependant des poissons qui ont une couche épaisse d'émail. Les dents de Sargues, voisins des Daurades, présentent cette structure. C'est que ces poissons se nourrissent de Mollusques et ils se servent de leurs dents pour en broyer les coquilles.

Le facteur mécanique joue donc un rôle capital dans la formation de l'émail. La dent acquiert une couche d'émail d'autant plus épaisse et d'autant plus riche en matières minérales que le travail mécanique est plus intense. Le broyement ou trituration exigée par la nourriture végétale détermine essentiellement le développement de l'émail, c'est-à-dire la transformation de l'ivoire en émail. Quand la dent, quelques dimensions qu'elle présente, comme les défenses de l'éléphant, ne sert que d'arme défensive ou offensive, la pointe seule se munit d'un mince revêtement d'émail.

La formation du cément ou cortical osseux semble dépendre du même facteur mécanique. C'est ainsi que les incisives à allongement illimité des Rongeurs (Rats, Souris, Cobayes, Lapins) restent dépourvues de cortical.

*En résumé*, la dent se développe chez tous les Vertébrés sous la forme d'un organe épithélial ; la dentine en est le tissu constant. Mais cette dentine ainsi que la membrane qui l'attache à la mâchoire, évoluent tout différemment selon les usages que l'animal fait de ses dents. Outre l'hérédité, le facteur mécanique exerce une influence prépondérante sur les transformations que subissent les tissus dentaires.

## CHAPITRE XIII

### ORGANES GÉNITO-URINAIRES

A. REINS. — Tous les animaux sont pourvus d'organes servant à éliminer les déchets qui résultent de l'usure des organes. Les Vers *annelés*, par exemple, présentent, en règle générale, un double tube peletonné dans chaque anneau du corps ; on donne à ce tube le nom de *néphridie* (*néphron*, rein). Il s'ouvre d'une part, par l'un des bouts, dans la cavité du corps (cavité générale), et, d'autre part, par l'autre extrémité, sur la peau, c'est-à-dire à l'extérieur. Il absorbe le liquide de la cavité générale, et, l'épithélium qui revêt l'intérieur du tube choisit, dans les liquides du corps, les déchets organiques : le tout est rejeté au dehors par l'orifice externe.

Chez les Poissons osseux et les embryons de Batraciens, le premier rein qui apparaît est formé de quelques tubes qui se développent dans la partie antérieure du corps et qui constituent le *rein céphalique*. L'extrémité interne de ces tubes s'ouvre dans la cavité péritonéale où elle puise les matériaux à éliminer. Ceux-ci sont versés dans cette cavité par un peloton vasculaire ou glomérule développé en face du tube urinipare.

Ce rein céphalique ne tarde pas à s'atrophier, quand il se sera développé, du côté de la queue, un autre rein, découvert au XVIII<sup>e</sup> siècle par Wolff, d'où le nom de *corps de Wolff*. Ce rein fonctionnera toute la vie chez certains Poissons et les Batraciens. Dans les Mammifères, le corps de Wolff lui-même est transitoire et le rein définitif apparaît à la suite de l'atrophie du corps de Wolff.

Le corps de Wolff et le rein définitif sont caractérisés par les connexions intimes que contractent le *glomérule vasculaire* et le tube urinaire.

Le rein est un complexe de tubes qui s'ouvrent dans une poche, le bassinnet, d'où part un canal ou uretère qui amène l'urine dans la vessie.

Si nous suivons un de ces tubes à partir du bassinnet (en sens contraire du cours de l'urine), nous le voyons (fig. 68 B). monter en ligne droite vers la surface externe ou convexe du rein : c'est le *tube droit* ou *collecteur* (1). Il se divise bientôt en plusieurs branches (*b, b, b, b*) dont chacune se continue avec le tube urinaire proprement dit. Il nous suffit d'en décrire un seul. La branche (2), dite *ascendante*, rebrousse chemin pour se diriger vers le bassinnet ; puis elle se recourbe en anse et diminue de calibre (3). Enfin, le tube s'élargit et forme un segment qui se contourne (*segment contourné*) (4). Celui-ci finit par se dilater en une ampoule (5) qui embrasse un peloton vasculaire dit *glomérule*. Enveloppe conjonctive de l'ampoule et glomérule vasculaire constituent un corpuscule, découvert par Malpighi, en 1687 ; c'est le *corpuscule de Malpighi*.

Les tubes urinaires dont le nombre est de 400 000 à 500 000 sont groupés en lobes ou pyramides. Il n'en existe qu'un seul chez certains animaux, le Mouton, par exemple, et 10 à 12 chez l'Homme et la plupart des grands Mammifères. Le tube urinaire commence du côté de la surface convexe du rein, et, après un trajet long de 7 à 8 centimètres, très flexueux, en certains points, droit dans d'autres, il s'unit vers la concavité ou hile du rein aux tubes voisins pour former le segment terminal (tube de Bellini 1) large de  $0^{\text{mm}},15$  à  $0^{\text{mm}},20$  qui s'ouvre dans le calice.

Le tube urinaire est l'homologue de la néphridie des annelés ; mais dans le rein des Mammifères, il ne s'ouvre pas dans la cavité générale du corps ; il contient un peloton vasculaire que le tube urinaire entoure de tous côtés.

Le corpuscule de Malpighi a un diamètre de  $0^{\text{mm}},1$  à  $0^{\text{mm}},2$ . Entre le peloton vasculaire, ou glomérule, et la paroi ou *capsule conjonctive* du corpuscule dite de Bowman qui l'a décrite vers 1830, se trouve un espace qui se continue en un point avec la lumière du tube urinaire.

Le tube urinaire montre des éléments analogues à ceux de toute glande : 1° de l'épithélium, 2° du tissu conjonctif.

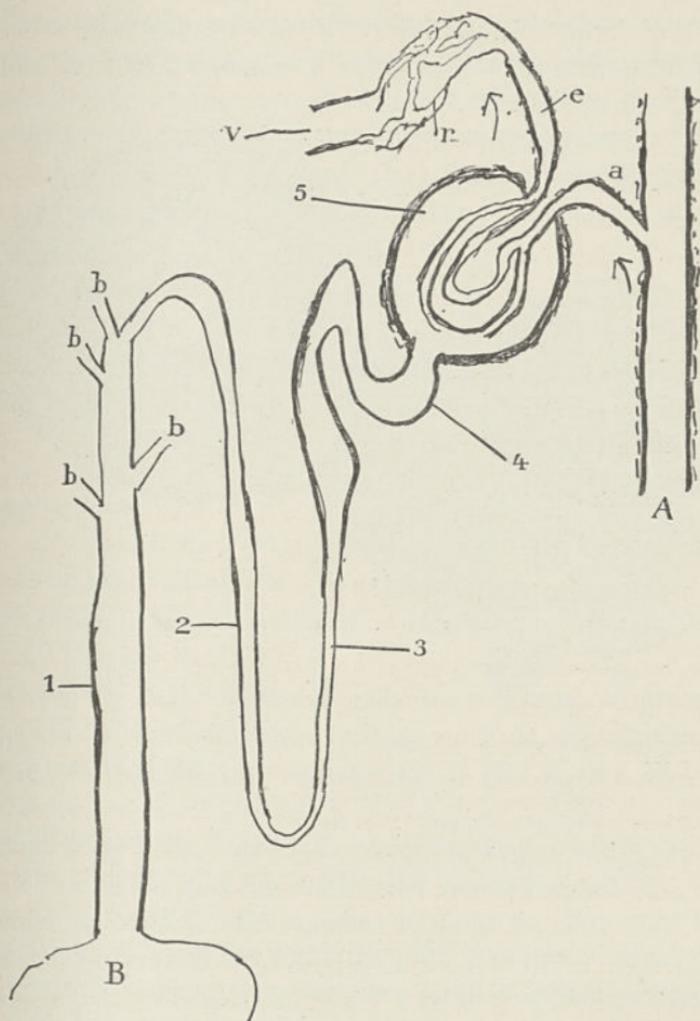


FIG. 68. — Schéma du tube urinaire.

B, bassinot ; 1, tube droit ou collecteur ; *bbbb*, branches de bifurcation ; 2, branche ou segment ascendant du tube ; 3, segment descendant ; 4, tube contourné ; 5, corpuscule de Malpighi ; A, artériole rénale ; *a*, vaisseau afférent ; *b*, vaisseau efférent ; *r*, réseau capillaire général ; *v*, veine.

Ce dernier forme la limite externe, ou membrane propre, du tube sur lequel repose l'épithélium. La forme et la structure de l'épithélium varient dans les divers points ou segments du tube. A partir du

corpuscule de Malpighi, le tube est très flexueux ; là est le segment *contourné* (4) dont l'assise épithéliale est constituée par des cellules pyramidales (fig. 69) : l'extrémité adhérente de ces cellules se caractérise par la présence de filaments ou bâtonnets serrés, et l'extrémité libre, par l'existence d'un *plateau strié* dit encore *bordure en brosse*. Le noyau occupe la partie moyenne de la cellule (fig. 69, A).

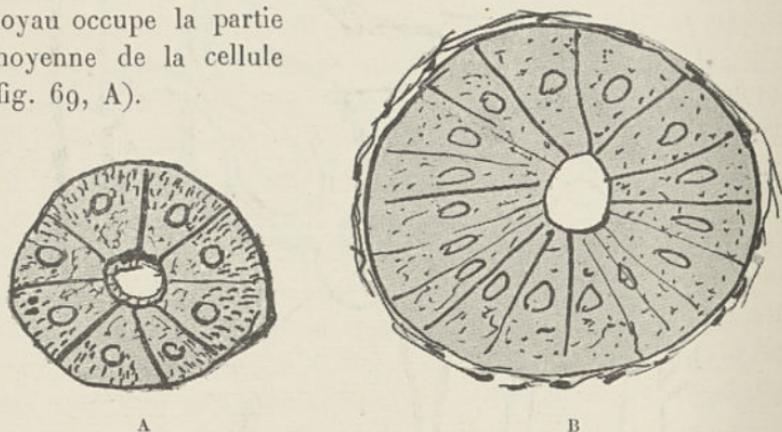


FIG. 69.

A, coupe d'un tube contourné ; B, coupe d'un tube droit ou collecteur.

Le segment contourné a un diamètre de  $0^{\text{mm}},05$  à  $0^{\text{mm}},06$  ; mais après un trajet de 10 à 12 millimètres, il diminue de calibre en descendant vers le hile et n'a plus qu'un calibre de  $0^{\text{mm}},010$  ou  $0^{\text{mm}},015$ .

Dans ce *segment grêle* ou *descendant* (3), il n'est revêtu que de cellules aplaties, rappelant celle d'un capillaire sanguin. Près du hile, le tube grêle se coude et remonte vers l'écorce en augmentant de calibre ( $0^{\text{mm}},02$  à  $0^{\text{mm}},03$ ). Dans ce segment ascendant, il est encore revêtu de cellules prismatiques. Ensuite, il devient de nouveau flexueux (*segment intermédiaire*) et va s'unir à plusieurs autres tubes urinaires pour constituer un gros tube droit de  $0^{\text{mm}},15$  ou  $0^{\text{mm}},20$  qui va vers le hile pour s'ouvrir dans le calice. Le tube droit ou de Bellini est tapissé d'un épithélium cylindrique (fig. 69, B).

Le corpuscule de Malpighi est un peloton de vaisseaux capillaires qui ne semblent pas s'anastomoser et qui se terminent dans une artériole musculaire (efférente *e*) comme celle qui leur a donné

naissance (afférente *a*). L'artériole afférente se capillarise autour du tube urinaire (en *r*) et c'est de ce dernier réseau capillaire que partent les veinules rénales (fig. 68).

Grâce au réseau capillaire du glomérule, non seulement le cours du sang qui traverse le rein se ralentit; mais il acquiert dans le corpuscule une pression qui effectue la transsudation de l'eau et des éléments minéraux. C'est ainsi que prend naissance la portion liquide de l'urine qui s'accumule dans l'espace ménagé entre la capsule de Bowman et le glomérule pour de là s'écouler dans le tube urinaire.

Quant à la façon dont l'urée est éliminée par le tube urinaire, on varie d'opinions bien que tous fassent intervenir l'épithélium du tube et surtout celui du segment contourné.

Il se formerait des vacuoles dans l'extrémité libre de la cellule épithéliale. Pour les uns, ces vacuoles éclateraient et verseraient les produits dans la lumière du tube; pour d'autres, la bordure en brosse jouerait le rôle de membrane dialysante. Des expériences faites sur les Cobayes que j'ai mis

au régime sec et qui n'ont plus uriné, m'ont montré que les choses se passent plus simplement: certaines cellules épithéliales choisissent dans le sang les produits à éliminer, puis, après s'en être chargées, elles subissent la désagrégation, et, dans les conditions normales, l'eau filtrée par le glomérule, balaye et entraîne ces débris épithéliaux avec les déchets qu'ils contiennent (fig. 70).

Les voies d'excrétion de l'urine (calices, bassinets, uretère, vessie) sont formées d'une couche conjonctive, une musculuse à fibres lisses et une muqueuse. L'épithélium est pavimenteux stratifié. Il est à remarquer que les cellules épithéliales de la vessie

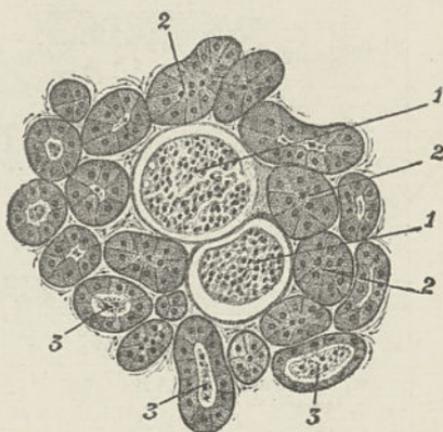


FIG. 70. — Rein de cobaye.

Glomérules (1 et 2) du rein d'un cobaye qui n'a été nourri qu'avec du son (régime sec); tubes urinaires (2, 2) (segments contournés) coupés en travers et transformés en cordons pleins, contenant plusieurs rangées de cellules épithéliales; 3, 3, tubes dont la lumière est remplie de cellules desquamées.

vide sont très hautes, tandis que dans la vessie dilatée elles s'aplatissent. Nous retrouverons la même chose dans l'urètre.

La portion de l'urètre masculin qui s'étend de la vessie jusqu'aux canaux éjaculateurs et l'urètre féminin sont des canaux exclusivement urinaires et formés d'une couche musculaire et d'un épithélium prismatique stratifié. A leur extrémité inférieure, le sphincter lisse est doublé d'un *sphincter strié*, dit encore *sphincter prostatique* pour l'urètre masculin.

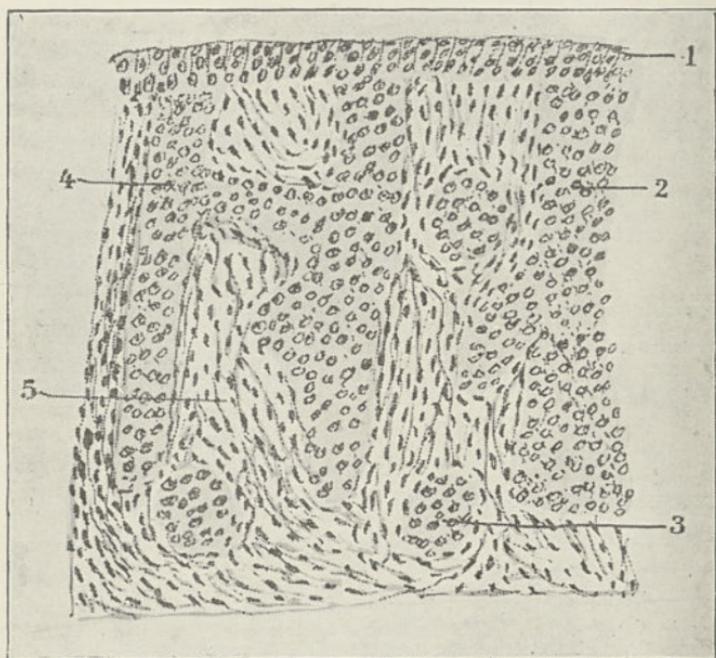


FIG. 71. — Développement de l'ovaire.

1, épithélium germinatif ; 2, cordons épithéliaux ; 3, amas épithéliaux ;  
4, tissu conjonctif.

B. OVAIRE ET TESTICULE. — *Origine.* — L'ovaire et le testicule, dits encore glandes génitales, dérivent de l'épithélium du péritoine pariétal. A la partie supérieure de la face interne du corps de Wolff, l'épithélium aplati du péritoine prend une forme cubique et se multiplie pour produire quatre ou cinq assises cellulaires (fig. 71, 1). C'est là ce qui constitue la saillie ou *éminence oerminative*. Ensuite il part de cette éminence une série de bourgeons

épithéliaux (2, 2, 2) pleins qui s'enfoncent dans le tissu conjonctif sous-jacent (3), comme lors du développement des glandes en général.

1. *Ovaire*. — Dans le type femelle, ces bourgeons ou cordons se développent pendant longtemps jusqu'après la naissance et même toute la vie chez certaines espèces. De plus, l'épithélium superficiel continue à revêtir l'ovaire adulte (fig. 72, 2). Les cordons perdent peu à peu leurs connexions avec l'épithélium superficiel, restent pleins et sont formés de plusieurs rangées de

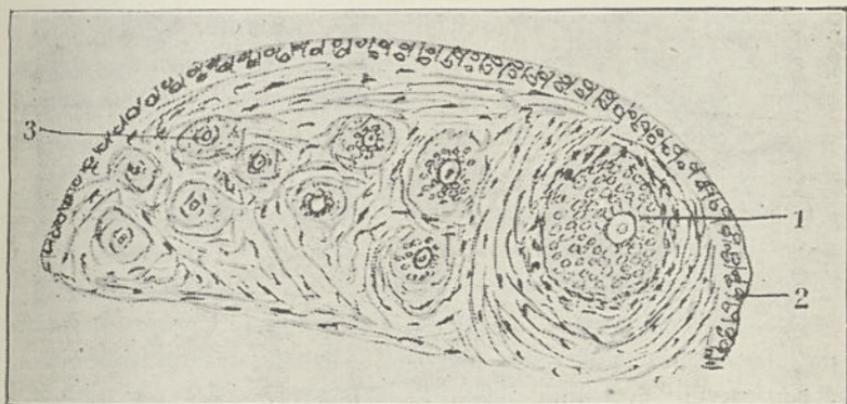


FIG. 72. — Ovaire adulte.

1, épithélium de revêtement ; 2, jeunes follicules ; 3, follicule en voie d'évolution.

cellules toutes semblables pendant quelque temps. Ensuite le cordon se fragmente en une série de logettes soit grâce à la multiplication du tissu conjonctif de l'ovaire qui étranglerait les cordons de distance en distance soit par la transformation des cellules du cordon en tissu conjonctif (fig. 72, 2 et 3).

Dans chaque logette isolée des logettes voisines, il est une cellule épithéliale qui grandit (fig. 72, 1). Son noyau devient sphérique et volumineux (30  $\mu$ ); et son corps cellulaire prend une forme globuleuse et acquiert une taille de 50 à 70  $\mu$ . C'est là l'ovule (fig. 72, 3). Les autres cellules épithéliales qui entourent l'ovule restent basses pendant longtemps et constituent alors un sac ou follicule très mince (fig. 72, 2 et 3).

Chez la plupart des femelles adultes, plusieurs de ces follicules

s'accroissent à l'époque du rut ; chez la femme, un seul, rarement deux ou trois grandissent à la période menstruelle.

L'ovule et la paroi folliculeuse font un ensemble désigné sous le nom d'*ovisac* ou *follicule de Graaf*, du nom de Régnier de Graaf qui l'a découvert vers la fin du xvii<sup>e</sup> siècle. A mesure qu'il grandit, l'*ovisac* s'avance du côté de la surface de l'ovaire où il ne tarde pas à faire une saillie grosse comme une cerise.

Cette augmentation de volume et cette marche progressive vers la surface de l'ovaire sont dues : 1<sup>o</sup> à l'accroissement de l'ovule qui, de 50  $\mu$ . à 70  $\mu$ ., arrive à acquérir la taille de 200  $\mu$ ., avec un noyau de 35 à 50  $\mu$ . ; 2<sup>o</sup> à la multiplication et à l'hypertrophie des cellules épithéliales de la paroi folliculeuse ou *cellules folliculeuses* proprement dites ; celles-ci se disposent en plusieurs rangées concentriques autour de l'ovule en formant une membrane épaisse, d'aspect granuleux que R. de Graaf avait déjà désignée sous le nom de *granulosa* sans en connaître ni la structure ni l'origine (fig. 73, 1). A mesure que les rangées épithéliales se multiplient autour de l'ovule, un grand nombre d'entre elles subissent la fonte et donnent naissance à un liquide qui s'accumule du côté superficiel de l'*ovisac*. La tension de ce liquide, l'amincissement de la paroi folliculeuse, la congestion des vaisseaux ovariens qui accompagne l'évolution de l'*ovisac* déterminent à un moment donné la rupture de sa paroi, c'est-à-dire sa déhiscence et la *ponte ovulaire*. L'ovule est projeté sur l'ovaire ou le pavillon de la trompe revêtu d'un épithélium à cils vibratiles qui assure sa progression jusque dans la trompe et l'utérus.

Nous avons vu que, pour produire l'ovule et les cellules folliculeuses, des bourgeons épithéliaux pénètrent dans le tissu conjonctif de l'ovaire ; en somme, ces bourgeons se produisent et se comportent comme ceux qui donnent naissance à une glande. Aussi trouve-t-on une limite nette, une membrane basilaire qui sépare l'épithélium d'avec le tissu conjonctif enveloppant. Dans celui-ci on distingue deux couches (fig. 73, 2 et 3) appelées *thèques*, l'une interne (2), formée d'un tissu réticulé très vasculaire, et, l'autre externe ou fibreuse (3).

Lorsque l'*ovisac* s'est rompu et a laissé échapper l'ovule, les cellules épithéliales de la *granulosa* se multiplient et s'hypertrophient pour constituer une membrane *gaufree*, d'abord rouge, puis

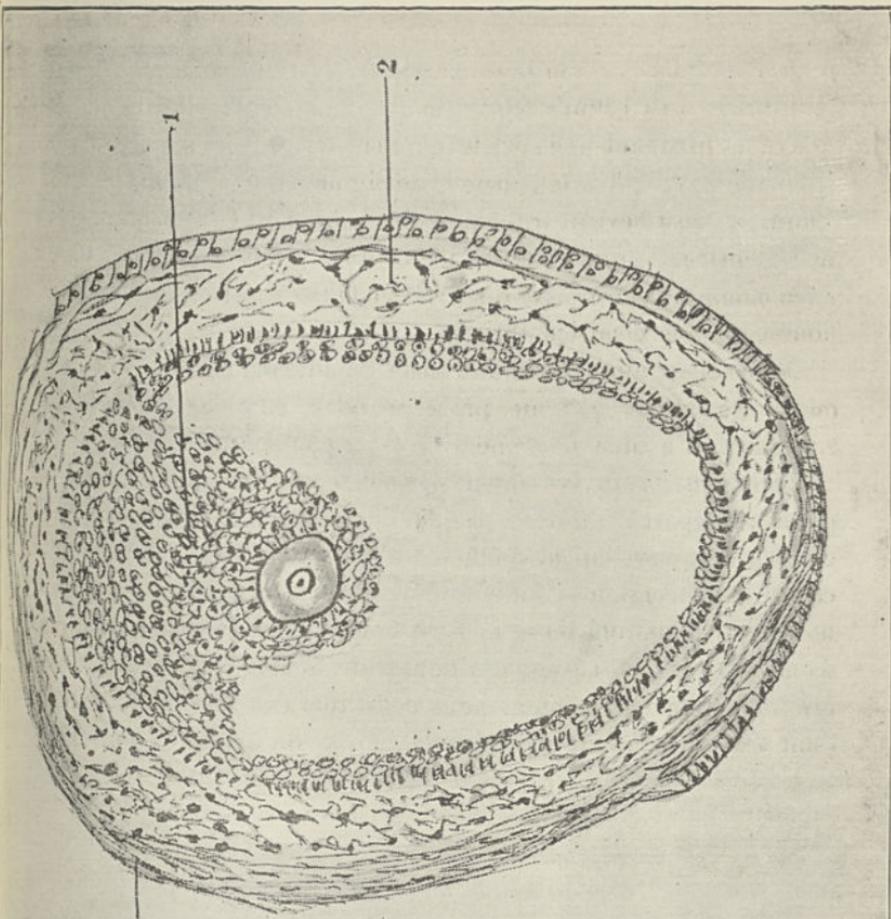


Fig. 73. — Follicule mûr.  
 1, amas de cellules épithéliales ou folliculeuses contenant l'ovule;  
 2, thèque interne; 3, thèque externe.

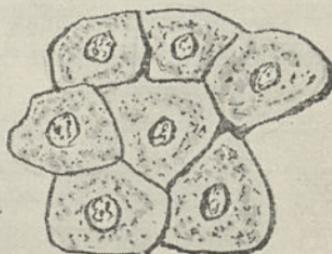


Fig. 74.  
 A, corps jaune; B, cellules épithéliales du corps jaune.

jaune (fig. 74). C'est là le *corps jaune*, à paroi épaisse d'un demi-millimètre. Les cellules épithéliales grandissent; elles mesurent  $0^{\text{mm}},02$  et prennent une structure réticulée. Dans les mailles du réseau se développent de la graisse et un pigment jaune, dit *lutéine*. Au début, ce tissu devient très vasculaire; plus tard (2 semaines après une menstruation non suivie de grossesse; 4 ou 5 semaines, s'il y a fécondation), la graisse disparaît et le tissu se transforme en un nodule ou une cicatrice fibreuse.

Donc ici, comme après une plaie cutanée, la cellule épithéliale de la *granulosa* rompue prolifère pour combler la perte de substance et évolue finalement en tissu conjonctif.

*En résumé*, l'épaississement épithélial ou germinatif qui est le point de départ du développement du follicule de Graaf peut être comparé au revêtement épithélial d'une muqueuse. Par multiplication, il détermine la formation de nombreux bourgeons glandulaires qui pénètrent dans le tissu conjonctif sous-jacent. Comme dans les glandes closes, ces bourgeons s'isolent de l'épithélium originel et se fragmentent pour constituer des sacs ou follicules, dont chacun contient une grande cellule, ou ovule, et une assise de cellules aplaties formant le revêtement direct de l'ovule. Les autres cellules épithéliales, périphériques, se transforment, les internes, en tissu réticulé qui devient très vasculaire (*thèque interne*) et qui est comparable aux couches superficielles du derme ou chorion des muqueuses. Les cellules plus externes du follicule élaborent du tissu fibreux (*thèque externe*).

La rupture du follicule est suivie, comme toute solution de continuité d'une membrane tégumentaire, de l'hypertrophie et de l'hyperplasie des cellules épithéliales du follicule avec production de pigment jaune. Plus tard, ces cellules se transforment en tissu conjonctif, qui forme la cicatrice définitive.

2. *Testicule*. — L'éminence génitale ou germinative donne naissance, comme pour l'ovaire, à une foule de bourgeons qui se juxtaposent et s'infléchissent pour constituer des cordons au milieu du tissu conjonctif. Pendant la vie fœtale et quelque temps après la naissance, les cellules centrales du cordon persistent, mais peu à peu celles-ci subissent la fonte, et les cordons deviennent des tubes larges de  $0^{\text{mm}},18$  et longs de 1 mètre à  $1^{\text{m}},5$ . Non seule-

ment ils s'isolent complètement de l'éminence génitale, mais le revêtement épithélial du testicule se transforme en une tunique fibreuse. Ils se mettent, par contre, en relation avec des canaux du corps de Wolff qui deviennent les voies d'excrétion (épididyme, canal déférent, les vésicules séminales et le canal éjaculateur). La surface interne des tubes séminipares reste revêtue d'un épithélium qui occupe une étendue considérable, car, nous l'avons dit, leur diamètre est de près de  $0^{\text{mm}},2$  et on a calculé que les tubes mis bout à bout atteindraient la longueur de 1 kilomètre ou de  $1^{\text{km}},5$ .

L'assise externe est formée de deux sortes de cellules : les unes<sup>1</sup> ont un cytoplasma réticulé et un noyau à grains chromatiques petits et clairsemés ou à gros grains ; les autres<sup>2</sup> ont un cytoplasma également réticulé, mais souvent chargé de globules graisseux, et un noyau clair, muni d'un gros nucléole. A notre avis, ces dernières cellules sont des cellules au repos, capables, à un moment donné, de se transformer en spermatogonies.

Les deux ou trois rangées suivantes comprennent des cellules dont la rangée externe<sup>3</sup> est formée de cellules arrondies ou polyédriques, qui grossissent énormément jusqu'à requérir le volume de 18 à 20  $\mu$ . A celles-ci succèdent des cellules plus petites<sup>4</sup>. A celles-ci font suite des cellules plus petites encore qui n'ont que la moitié de la taille des préspermatides (4 à 5  $\mu$ ), disposées sur plusieurs assises (4) les *spermatides*. Aux spermatides succèdent des filaments groupés en gerbes. Ces filaments longs de 55 à 60  $\mu$  sont les spermatozoïdes : ils sont renflés à leur extrémité tournée en dehors en une sorte de bouton, la tête du spermatozoïde.

De dehors en dedans, les cellules qui revêtent le tube séminipare deviennent d'abord très volumineuses, puis de plus en plus petites et de plus en plus nombreuses. Il y a donc d'abord accroissement et du corps cellulaire et du noyau, puis l'accroissement cessant, il n'y a plus que division nucléaire et cellulaire.

Pour donner naissance aux spermatocytes, les spermatogonies se divisent d'après le même mode que les autres cellules du corps

1. Spermatogonies.
2. Cellules de Sertoli.
3. Spermatocyte.
4. Préspermatides.

(voir p. 40). Les spermatocytes restent longtemps au repos pendant lequel elles s'accroissent de telle sorte que non seulement leur corps cellulaire et leur noyau deviennent très volumineux, mais que leur noyau acquiert une masse considérable de chromatine.

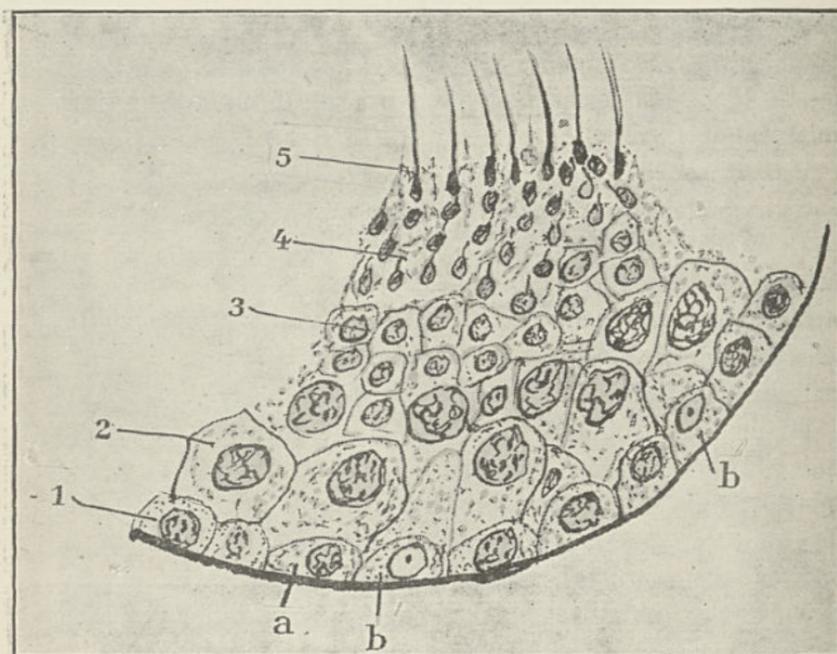


FIG. 75. — Coupe d'un tube séminipare adulte.

1, assise externe des cellules : les unes sont des spermatogonies (a), les autres des cellules de Sertoli ; 2, spermatocytes ; 3, préspermatides ; 4, spermatides ; 5, spermatozoïdes.

Lorsque la spermatocyte se met à se diviser, le peloton chromatique est fragmenté en segments irréguliers et très gros qui prennent la forme d'anneaux, de croix, de doubles grains et qui se disposent à l'équateur de la cellule. Sans se dédoubler en segments ou anses filles, ces gros segments vont se grouper la moitié au pôle supérieur, la moitié au pôle inférieur de la cellule qui ne tarde pas à finir sa division. Donc les deux cellules filles ou préspermatides n'ont chacune que la moitié de segments chromatiques de la spermatocyte.

Une fois que les préspermatides se sont individualisées, elles ne

font pas ce que font les cellules-filles d'une cellule du corps qui vient de se diviser; celles-ci s'accroissent et grandissent avant de se disposer à se diviser à nouveau, tandis que les préspermatides se mettent à se diviser immédiatement, sans préalablement subir d'accroissement. Leurs segments chromatiques se coupent en travers, puis en long, de telle sorte que les segments chromatiques des spermatides sont moitié plus petits que ceux des cellules du corps.

La division des spermatocytes et des préspermatides diffère en somme de celle des spermatogonies ou des cellules du corps par la grande rapidité du processus: celle des spermatocytes se distingue par la seule scission transversale des segments chromatiques; celle des préspermatides se fait comme toutes les divisions cellulaires, mais en l'absence d'accroissement, la masse des segments chromatiques est très réduite. La division spermatocytaire s'éloigne du type normal par le seul fait de la répartition des segments chromatiques aux deux pôles opposés de la cellule avant leur dédoublement longitudinal. Le fait suivant le prouve: dans les spermatocytes de la Salamandre, les segments chromatiques se dédoublent, c'est-à-dire se fissurent en long seulement après s'être portés aux pôles opposés de la cellule. Leur dédoublement longitudinal se fait, mais il est en retard.

Comme la spermatide qui résulte de la division d'une préspermatide n'a que 5  $\mu$ . en moyenne, elle correspond au quart environ d'une spermatocyte (20  $\mu$ ) aussi bien au point de vue de son cytoplasma que de son noyau (richesse chromatique).

La spermatide se transformant ensuite par simple modification cellulaire et nucléaire en spermatozoïde; ce dernier n'équivaut qu'au quart d'une cellule ordinaire.

On comprendra l'intérêt de ce phénomène, décrit sous le nom de *réduction chromatique* ou de *maturation*, si on le rapproche de ce qui se passe dans l'ovule. Avant d'être apte à être fécondé, avant d'être mur, l'ovule se divise une première fois et élimine la moitié de sa chromatine sous la forme de premier globule polaire. Ensuite la moitié du noyau qui reste se divise une seconde et élimine encore la moitié de sa chromatine (2<sup>e</sup> globule polaire). De cette façon, les trois quarts de la chromatine primitive de l'ovule ont disparu et il n'y demeure qu'un quart qui, si l'ovule est

fécondé, se joint au spermatozoïde ne possédant que le quart de la chromatine d'une cellule quelconque du corps.

C. TRANSFORMATION DE LA SPERMATIDE EN SPERMATOZOÏDE. —

La spermatide est une cellule immobile ; pour devenir une cellule capable de se mouvoir et de progresser, pour aller au-devant de l'ovule, la spermatide va se munir d'un cil vibratile. Voici les phénomènes morphologiques qui se passent lorsque la spermatide se transforme en spermatozoïde. Le noyau de la spermatide s'allonge, mais reste entouré d'un mince liséré protoplasmique qui se renfle à son extrémité antérieure pour former un bouton, une pointe ou un capuchon, destiné, dit-on, à servir de perforateur. A l'extrémité postérieure de la tête, le cytoplasma reste plus abondant et montre des granulations qu'on regarde comme provenant des corpuscules centraux. Le corpuscule central, accolé à la tête, reste dans le noyau ; le corpuscule le plus éloigné de la tête, pousse un long cil qui occupe l'axe du cytoplasma existant à la partie postérieure du noyau. Dans ce cytoplasma apparaissent de nombreux granules colorables disposés en spirale autour du filament axile. Tout le reste du cytoplasma ne tarde pas à disparaître et il ne persiste dans le spermatozoïde définitif que le filament axile, entouré, à sa base, du filament spiral.

La queue du spermatozoïde se développe comme un cil vibratile dont il est l'homologue.

Le spermatozoïde est une cellule avec un seul ou plusieurs cils accolés et simulant un long fouet. Lorsque ce fouet, ou queue du spermatozoïde, entre en mouvement, elle déplace cet élément et le fait progresser.

D. FÉCONDATION. — L'ovule des grands Mammifères est une cellule de taille énorme ; elle mesure en effet  $0^{\text{mm}},1$  à  $0^{\text{mm}},2$ . Il est plus petit dans les espèces telles que la Souris. Le noyau seul atteint les dimensions de 35 à 40  $\mu$ .

La tête du spermatozoïde, au contraire, qui correspond au noyau de l'élément mâle, n'est longue que de 5 à 6  $\mu$ . (chez l'Homme) ; elle est aplatie et sa plus grande largeur n'a que 3  $\mu$ .

Pour se mettre en équivalence nucléaire, l'ovule se divise deux fois, comme nous l'avons déjà dit, mais nous ne craignons pas de

le répéter en raison de l'importance du phénomène. De l'une des deux cellules qui prennent ainsi naissance, l'une gagne la surface de l'ovule et est expulsée sous la forme d'un globule (*1<sup>er</sup> globule polaire*). L'autre moitié du noyau persiste dans l'ovule, et, se divise de nouveau, habituellement lorsqu'il est arrivé sur le pavillon de la trompe. La moitié du noyau est encore expulsée ou éliminée à l'état de *2<sup>e</sup> globule polaire*. Il ne reste donc dans l'ovule que le *quart* du noyau primitif.

C'est ce quart de noyau qui va s'unir à la tête du spermatozoïde qui, nous l'avons vu, représente le noyau d'une cellule testiculaire. Or, cette cellule testiculaire résulte elle aussi de deux divisions successives d'une cellule possédant un noyau dont la masse totale équivaut à celle d'une cellule quelconque de l'organisme. La tête du spermatozoïde ne correspond donc qu'au quart d'un noyau ordinaire.

Lorsque le spermatozoïde rencontre, dans son ascension dans les voies génitales de la femme, un ovule, celui-ci pousse un prolongement protoplasmique sous forme de cône ou de mamelon. La tête du spermatozoïde, arrivée au contact de ce cône, y pénètre, ainsi que la partie voisine de la queue. D'abord homogène et peu colorable, la tête du spermatozoïde ne tarde pas à devenir granuleuse, à fixer les matières colorantes de façon intense et à grossir jusqu'à acquérir la taille du noyau de l'ovule.

Les deux fractions de noyau, l'une femelle, l'autre mâle, prennent alors la structure réticulée des noyaux au repos. Puis il se développe dans chacune d'elles un filament chromatique qui se fragmente en une série de segments ou d'anses chromatiques. Celles-ci se comportent ensuite comme dans une mitose ordinaire : elles se disposent à l'équateur sous la forme de couronnes. Enfin, les anses émigrent les unes vers le pôle supérieur, les autres vers le pôle inférieur de l'ovule pour refaire deux noyaux à l'état de repos. Le corps cellulaire se divisant à son tour, l'ovule fécondé a donné naissance aux deux premières cellules de l'embryon, capables de constituer, par voie de division et de transformation protoplasmique, un nouvel être semblable aux parents.

On a l'habitude de désigner tout le processus sous le nom de *rajeunissement*. C'est là un terme fort expressif, mais qui peut s'appliquer également à la branche de saule que l'on coupe et qui,

plantée en terre, reproduit un saule entier. L'ovule non fécondé des Pucerons qui donne naissance à un jeune puceron par voie parthénogénétique rajeunit également l'individu dont il provient. Dans la reproduction sexuée, il y a quelque chose de plus : un seul être renaît de l'union de deux parcelles issues de deux individus distincts. C'est plus qu'un rajeunissement ; il y a création d'un être nouveau possédant un mélange des caractères de l'un et l'autre générateurs.

Si nous ressemblons à nos parents, c'est que nous descendons de deux fractions de cellules qui nous transmettent les qualités ou les défauts des protoplasmas originels. Cette question de la fécondation et de l'hérédité a préoccupé l'antiquité et il y a à peine un siècle que Cuvier écrivait : « La génération est un profond mystère. » Grâce aux études microscopiques du XIX<sup>e</sup> siècle, on a soulevé les voiles qui enveloppaient aussi bien la génération que l'hérédité. Pour ce qui est de cette dernière, on en connaissait les effets, mais on en ignorait le mécanisme. Il convient de citer le passage suivant de Montaigne, le profond observateur et philosophe du XVI<sup>e</sup> siècle.

Montaigne souffrait de la pierre, et se rappelant que son père l'avait eue également, voici les réflexions que ce rapprochement lui suggérait :

« Nous n'avons que faire d'aller trier des miracles et des difficultés estrangières ; il me semble que parmy les choses que nous veoyons ordinairement, il y a des estrangetez si incompréhensibles qu'elles surpassent toute la difficulté des miracles. Quel monstre est-ce que cette goutte de semence, de quoy nous sommes produits, porte en soy les impressions, non de la forme corporelle seulement, mais des pensements et des inclinations de nos pères ? Cette goutte d'eau où loge-elle ce nombre infiny de formes ? et comme porte-elle ses ressemblances d'un progrès si téméraire et si desréglé, que l'arriere-fils respondra à son bisayeul, le neveu à son oncle ? En la famille des Lapidus à Rome, il y en a eu trois non de suite, mais par intervalles, qui nasquirent un même œil couvert de cartilage : à Thèbes, il y avait une race qui portoit dez le ventre de la mère la forme d'un fer de lance ; et qui ne le portoit point, estait tenu illégitime. Aristote dict qu'en une certaine nation où les femmes estoient

communes, on assignoit les enfants à leurs pères par leur ressemblance. Qui m'esclaircira de ce progrez, je le croiray d'autant d'autres miracles qu'il voudra : pourveu que, comme ils font, il ne me donne pas en payement une doctrine plus difficile et fantastique que n'est la chose même. »

La transmission des propriétés paternelles ou maternelles est donc fatale chez les descendants qui continuent à vivre dans les mêmes conditions que leurs parents directs ou éloignés. Heureusement les facteurs externes modifient, nous le savons, la matière vivante. Si Montaigne avait suivi un régime alimentaire moins copieux, s'il avait fait de l'exercice, il aurait évité la maladie dont souffrait son père c'est-à-dire la formation des calculs urinaires.

*Acte intime de la fécondation.* — Comment s'unissent ensemble le spermatozoïde et l'ovule ? Les éléments du noyau du spermatozoïde se fusionnent-ils, se combinent-ils avec ceux du noyau de l'ovule pour constituer une petite masse à propriétés intermédiaires ? Ou bien les éléments mâles ne font-ils que se juxtaposer aux éléments femelles, les premiers conservant leurs propriétés originelles aussi bien que les seconds ? Il y a plus d'un demi-siècle que le moine Georges Mendel a résolu le problème par des expériences publiées dès 1866, mais dont on n'a tenu compte que dans ces derniers temps. Mendel croisa de diverses façons les variétés de végétaux, celles de pois jaunes, par exemple, avec celles à pois verts. La première génération qui résulta de ce croisement ne fut représentée que par des pois à graines jaunes ou à graines vertes. Ayant croisé ensuite ces hybrides de la 1<sup>re</sup> génération à pois jaunes, par exemple, Mendel constata que les descendants de la 2<sup>e</sup> génération étaient les uns (3 sur 4) à pois jaunes et un autre (1 sur 4) à pois verts. Ce dernier fit donc retour à son grand parent. C'est un « récessif » qui, croisé avec un autre récessif (à pois vert) continue à ne donner indéfiniment que des pois verts. Toute trace de protoplasma à pois jaune semble donc avoir disparu dans ces récessifs à pois vert.

Quant aux pois jaunes de la 2<sup>e</sup> génération, ils continuent lorsqu'on les croise entre eux à fournir des pois les uns à graine jaune et les autres à graine verte.

En résumé, les propriétés de l'un des générateurs se manifestent

exclusivement, du moins au point de vue morphologique dans les premiers descendants ; celles de l'autre générateur demeurent latentes dans la première génération. Mais dès la 2<sup>e</sup> génération, ces propriétés latentes réapparaissent chez quelques descendants et ainsi de suite dans les générations suivantes.

Il convient d'ajouter que les faits découverts par Mendel ont été amplement vérifiés, au xx<sup>e</sup> siècle, sur de nombreuses espèces végétales et plusieurs espèces animales.

Pendant plus d'un siècle, on a discuté la question de savoir si c'est l'ovule seul qui forme le jeune être, le spermatozoïde ne donnant que l'excitation nécessaire au développement. Aux ovistes, les spermistes répondaient que le spermatozoïde était déjà le jeune rejeton (*homunculus* dans l'espèce humaine) tout entier que l'acte de la génération plaçait simplement dans un milieu favorable à son développement. Le microscope avait déjà eu raison de ces théories en montrant que le spermatozoïde n'est qu'un élément cellulaire sans trace d'organes et qu'il faut l'union du spermatozoïde et de l'ovule pour produire un nouvel être. Mais l'expérimentation seule fut capable de décider si cette union est une combinaison ou un mélange, une juxtaposition. C'est cette dernière alternative qui correspond à la réalité : les deux protoplasmas (mâle et femelle) s'allient, mais conservent chacun ses propriétés. Cependant dans la première génération, l'un des protoplasmas prédomine, bien que l'autre ne soit pas étouffé, puisqu'il manifeste sa présence dans la 2<sup>e</sup> génération.

Il y a donc alliance ou juxtaposition des deux protoplasmas, mais malgré la persistance des propriétés originelles de chacun d'eux, l'un exerce sur l'autre une action excitatrice telle qu'il en résulte une cellule susceptible de faire un nouvel organisme semblable aux parents.

L'état latent où reste pendant une ou plusieurs générations le protoplasma de l'un des générateurs me semble expliquer les variations brusques qui surviennent chez des descendants qui vivent dans les mêmes conditions de milieu. H. de Vries a désigné ces phénomènes de variation brusque sous le nom de *mutation*. Ne relevant pas d'un facteur interne ou externe saisissable, la mutation me paraît ressortir à la réapparition d'un protoplasma ancestral.

E. VOIES GÉNITALES. — Chez les Vertébrés inférieurs, l'ovule et les spermatozoïdes sont évacués dans le milieu extérieur (eau) où a lieu la fécondation. Chez d'autres Vertébrés (Oiseaux), la fécondation est interne, mais l'ovule fécondé se développe en dehors de l'organisme maternel. Chez les Mammifères, non seulement la fécondation est interne, mais le jeune être accomplit ses premiers développements dans un organe maternel, l'*utérus*.

L'*utérus* provient d'un conduit dit *canal de Müller*, dont l'extrémité supérieure ou interne est largement ouverte dans la cavité péritonéale et dont l'extrémité externe s'ouvre dans une cavité commune aux organes génitaux et urinaires (*sinus urogénital*). Le canal de Müller est revêtu d'une muqueuse dont l'épithélium est à cils vibratiles et constituée par une tunique musculaire lisse tapissée par le péritoine.

Le sinus urogénital se transforme en vagin et en urèthre féminin lesquels se terminent dans la vulve. A celle-ci sont annexées les *glandes vulvo-vaginales* dont la structure est celle des glandes bulbo-urétrales (glandes de Mery ou de Cowper).

Dans le *type mâle*, les dernières voies d'excrétion du sperme et de l'urine sont communes.

La première partie des voies d'excrétion du testicule provient du corps de Wolff et de son conduit excréteur ou canal de Wolff. Du corps de Wolff persistent une dizaine de tubes qui constitueront les canaux ou cônes efférents auxquels fait suite le canal de Wolff qui deviendra le *canal déférent*. Canaux efférents et canal déférent ont une paroi conjonctive et musculaire tapissée en dedans par un épithélium à une ou deux assises dont l'extrémité superficielle est ciliée dans les cônes efférents et le commencement du canal déférent ou épидидyme. Dans le reste du canal déférent, les cils disparaissent, mais la couche musculaire devient très épaisse.

L'extrémité terminale du canal déférent (*canal éjaculateur*) débouche dans l'urètre prostatique, c'est-à-dire que les dernières voies d'excrétion du testicule lui sont communes avec celles de l'urine. La muqueuse de l'urètre membraneux et spongieux se distingue par un chorion pourvu d'un très riche réseau élastique et tapissé par une ou deux assises cellulaires. Les cellules épithéliales de ce revêtement sont hautes quand le canal est affaissé,

mais lorsqu'il est dilaté, elles sont aplaties, comme celles de la muqueuse vésicale.

Ce qui démontre que l'urètre masculin est affecté aussi bien à l'excrétion du sperme qu'à celle de l'urine, c'est la présence de nombreuses glandes dont les produits de sécrétion se mêlent au liquide séminal. Ces glandes sont la prostate, la glande de Méry ou Cowper et les glandes urétrales.

La *prostate* résulte de l'assemblage d'une trentaine de glandules qui débouchent au niveau où finit le canal éjaculateur. Le revêtement épithélial de ces glandules est constitué par une rangée de cellules polyédriques qui sécrètent une substance épaisse, jaune ou brune, se concrétant en grains à couches concentriques. Le tissu conjonctif qui réunit ces glandules est dense et très riche, du moins chez l'homme, en fibres musculaires lisses. La glande de Méry ou de Cowper<sup>1</sup> est située dans le muscle transverse profond du périnée et verse son produit de sécrétion dans la partie postérieure de l'urètre spongieux, c'est une glande en tubes composée.

Les glandes *urétrales* qui se trouvent très nombreuses, sont des tubes simples qui ne dépassent pas le chorion ou des tubes ramifiés dont le fond pénètre jusqu'au milieu du tissu érectile. Ces glandes sécrètent un liquide qui lubrifie les voies urétrales et se mêle au sperme.

F. ORGANES GÉNITAUX EXTERNES. — Les organes génitaux externes apparaissent chez les Mammifères sous la forme d'une tigelle conjonctive, avasculaire, qui s'attache par deux racines sur les branches ischio-pubiennes.

Le revêtement cutané de la face inférieure de cette tigelle forme de chaque côté du plan médian deux replis dont les bords se soudent et circonscrivent un canal l'*urètre masculin* (portions bulbeuse, spongieuse et glandaire).

Dans la tigelle conjonctive du pénis ou clitoris embryonnaire se développe un système vasculaire qui prend un développement variable selon le groupe animal. Chez certains animaux, ce tissu

1. L'anatomiste Cowper a vécu au xvii<sup>e</sup> siècle et ne doit pas être confondu avec Astley Cooper qui a exercé la chirurgie dans la première moitié du xix<sup>e</sup> siècle.

très vasculaire ou érectile n'occupe que la partie proximale ou adhérente du pénis ou clitoris, tandis que dans la portion distale ou libre il se transforme en un squelette fibreux, cartilagineux ou osseux (os pénien). Le tissu érectile débute à l'état de réseau capillaire; plus tard, les capillaires, intermédiaires entre les artères et les veines, se multiplient, s'anastomosent richement et se dilatent en véritables sinus. Ce qui distingue essentiellement ces capillaires, c'est que l'endothélium qui les limite est intimement uni, c'est-à-dire soudé, avec les travées et les trabécules conjonctivo-musculaires qui constituent la trame du tissu érectile.

---

## CHAPITRE XIV

### ORGANES DES SENS

Il convient d'étudier, après les organes, la façon dont les nerfs s'y terminent. On a l'habitude de décrire cinq organes des sens ; cependant Buffon avait déjà admis l'existence d'un sixième sens qui apparaît à la puberté et nous allons voir dans les organes génitaux des corpuscules particuliers qui semblent en être le siège. Ce fait est des plus intéressants, car il nous montre que le mode de terminaison des nerfs paraît en relation avec les sensations dont ils sont le point de départ.

A. NERFS CUTANÉS OU SOUS-CUTANÉS. — Le système nerveux nous met en relation avec le monde extérieur, de plus, il nous rend compte de l'état de nos organes ; enfin, il règle et gouverne leur nutrition. Il est infiniment probable qu'il envoie des prolongements sous forme d'arborisations dans tous les tissus. Sauf dans le cartilage, on a découvert des terminaisons nerveuses dans la plupart d'entre eux.

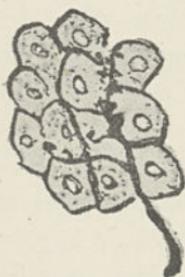


FIG. 76. — Terminaison des nerfs entre les cellules épithéliales.

Dans l'épiderme, entre les cellules épithéliales de la cornée, etc., les fibres nerveuses réduites à leur cylindre-axe se terminent par une extrémité libre, souvent renflée en bouton (fig. 76). D'autres fois, comme dans le groin du porc, le bout terminal du nerf s'étale en une arborisation simulant un ménisque dont la face concave embrasse une cellule épithéliale, distincte de ses voisines par son aspect clair.

Ce mode de terminaison, dit *ménisque tactile*, nous amène à la façon dont les nerfs se terminent dans le tissu conjonctif : dans le bec du Canard ou de l'Oie, par exemple, on trouve sous l'épiderme, dans la portion superficielle du derme, des corpuscules, les uns entourés d'une mince couche conjonctive (fig. 77), les autres enveloppés d'une capsule conjonctive plus épaisse et plus dense. Dans l'intérieur de cette enveloppe conjonctive (fig. 77), on observe deux grandes cellules dont les faces adjacentes sont planes ou concaves et entre lesquelles est située l'extrémité renflée en massue d'une fibre nerveuse (cylindre-axe).

Les corpuscules du tact analogues se rencontrent dans la peau de la pulpe des doigts (Homme) et qui atteignent souvent une longueur de 0<sup>mm</sup>,180 et une largeur de 0<sup>mm</sup>,100. Ils sont constitués par plusieurs séries de cellules analogues à celles du bec du canard, mais empilées les unes sur les autres. La fibre nerveuse qui arrive au corpuscule décrit un trajet spiral autour du corpuscule et se ramifie pour fournir des renflements terminaux qui se placent dans l'intervalle des cellules empilées. Quelle est la nature de ces dernières ? Leur forme et leur disposition rappellent celles de cellules épithéliales. Pour ne pas préjuger, certains auteurs les appellent *sensorielles*, sans préciser, il est vrai, leur rôle.

Sur les nerfs collatéraux des doigts, dans le péritoine et sur le Chat, par exemple, dans le pancréas existent des corpuscules déjà signalés par Vater au début du XVIII<sup>e</sup> siècle et mieux étudiés par Pacini en 1830. Ils sont longs de plusieurs millimètres c'est-à-dire visibles à l'œil nu. Ce qui les distingue des corpuscules précédents, c'est : 1<sup>o</sup> une coque fibreuse formée de lamelles concentriques, d'une grande épaisseur, et, 2<sup>o</sup> une masse de protoplasma central semé de nombreux noyaux dans laquelle vient se ramifier une fibre nerveuse (fig. 78).

Dans la conjonctive, dans les tendons, etc., existent des corpuscules de structure quelque peu différente et qui semblent être des organes de sensibilité spéciale. Mentionnons surtout les gros corpuscules (100 à 200  $\mu$ ) qui existent dans le gland du pénis et du

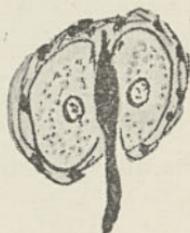


FIG. 77. — Terminaisons des nerfs entre deux cellules conjonctives.

clitoris et qui se rapprochent par leur structure de ceux du tact, mais dont la présence est le point de départ de sensations spéciales. On leur a donné pour cette raison, le nom de *corpuscules de la volupté*.



FIG. 78. — Terminaisons des nerfs dans une coque conjonctive.

Je ne sache pas qu'on ait la preuve expérimentale que les corpuscules dits du tact président au tact ou toucher, que les corpuscules de Vater servent à apprécier la pression. Cependant la répartition de ces corpuscules dans des régions, dans des organes à fonctions spéciales, semble parler en faveur de cette interprétation. Remarquons surtout que la fibre nerveuse qui aboutit à l'un ou l'autre de ces corpuscules présente la même structure, tandis que les cellules qui entourent le bout terminal de la fibre nerveuse ont une forme et une disposition qui varient énormément. Il est donc probable

que la façon dont l'impression se fait influe sur la nature de la sensation.

**B. NERFS ET ORGANES DU GOUT.** — Dans l'épithélium de plusieurs régions ou papilles de la langue, du palais, etc., existent des organes en forme d'olives qui reçoivent les fibres nerveuses du glosso-pharyngien. Ces organes, dits *olives* ou *bourgeons du goût*, sont très petits, car ils ne sont longs que de 80  $\mu$ . environ et moitié moins larges. Ils ne sont constitués (fig. 79) que par des cellules épithéliales, dont les unes n'auraient qu'un rôle de soutien, tandis que les autres, situées entre les premières, seraient les véritables éléments gustatifs. Ces cellules gustatives sont fusiformes et

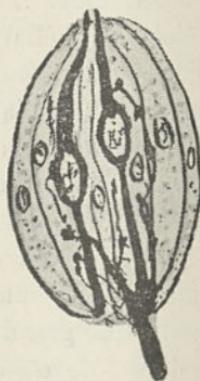


FIG. 79. — Terminaisons des nerfs dans les corpuscules du goût.

possèdent un noyau en bâtonnet, situé dans la partie renflée du corps cellulaire. Leur extrémité périphérique se termine en pointe faisant saillie dans le pore gustatif ; leur extrémité centrale a la forme d'une colonnette très grêle. La fibre nerveuse du glosso-pharyngien se ramifie dans le bourgeon du goût et ses ramifications terminales paraissent se mettre surtout en rapport avec les cellules gustatives.

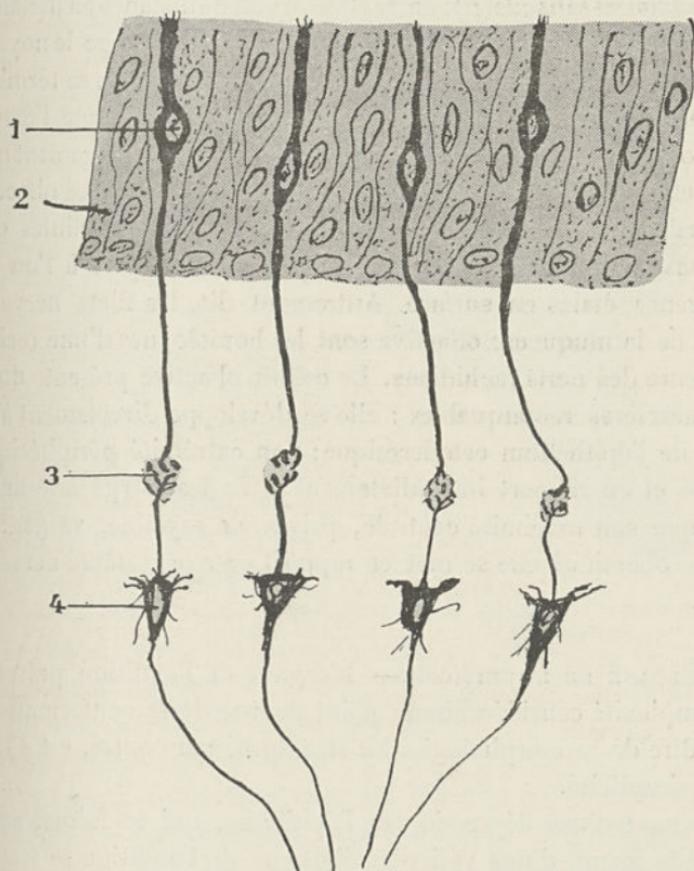


FIG. 80. — Éléments nerveux à la muqueuse olfactive.

1, cellule olfactive; 2, cellules épithéliales ordinaires; 3, point de rencontre du prolongement central de la cellule olfactive avec un prolongement d'une cellule du bulbe olfactif.

C. ORGANE OLFACTIF. — Les fosses nasales comprennent deux régions : l'une supérieure correspondant aux cornets supérieur et moyen dont la muqueuse a un aspect jaune ; c'est la *région*

*olfactive*; le reste des fosses nasales, revêtu d'une muqueuse rouge, est dit la *région respiratoire*. Celle-ci a un chorion très vasculaire avec un épithélium épais de 0<sup>mm</sup>,05 et constitué, comme celui de la trachée, par des cellules cylindriques stratifiées dont les superficielles sont ciliées. L'épithélium de la région olfactive, plus épais (0<sup>mm</sup>,09), montre encore de nombreuses assises cellulaires, du même type stratifié (fig. 80); les plus abondantes sont des cellules épithéliales ordinaires sans cils (2); entre elles on voit de distance en distance des éléments filiformes (1), renflés par le milieu qui loge le noyau. L'extrémité périphérique de ces cellules, dites *olfactives*, se termine librement à la surface interne de la muqueuse, tandis que l'extrémité profonde ou centrale se continue avec un fin prolongement qui va se mettre en rapport en (3) avec les cellules (4) du bulbe olfactif. Cette cellule olfactive se comporte donc comme les cellules des ganglions rachidiens et leur ensemble peut être comparé à l'un de ces organes étalés en surface. Autrement dit, les filets nerveux partant de la muqueuse olfactive sont les homologues d'une racine postérieure des nerfs rachidiens. La cellule olfactive présente donc deux caractères remarquables : elle se développe directement aux dépens de l'épithélium ectodermique; son extrémité périphérique est libre et en rapport immédiatement avec les corps odorants, tandis que son extrémité centrale, privée de myéline, va gagner le bulbe olfactif où elle se met en rapport avec le système nerveux central.

D. ORGANE DE L'AUDITION. — L'organe de l'audition présente une complexité considérable au point de vue de sa conformation, c'est-à-dire de sa morphologie. Sa structure, par contre, est d'une grande simplicité.

Provenant d'une dépression de l'épiderme, qui se ferme, pour prendre la forme d'une vésicule, l'organe de l'audition se transforme, chez les Mammifères, en une chambre moyenne ou vestibule dont la partie supérieure (*utricule*) communique avec trois canaux en demi-cercle, et, dont la partie antérieure (*sacculé*) se prolonge en un tube enroulé en spirale ou *labyrinthe*.

Les canaux demi-circulaires (fig. 81) sont composés d'une paroi conjonctive lâchement unie au squelette et revêtue d'une couche épithéliale simple (1) de cellules pavimenteuses ou cubi-

ques, sauf dans la partie renflée ou ampoule. Là il existe un épaissement en forme de crête (2) composé de quelques assises dont les superficielles figurent chacune une urne à prolongement interne raide (*poil* ou *soie auditive*). Un liquide (endolymphe) remplit l'ampoule et contient des cristaux de carbonate de chaux. Abondants au voisinage des soies auditives, ces cristaux ne sauraient que renforcer les vibrations de l'endolymphe.

Le prolongement périphérique des cellules nerveuses du ganglion de Scarpa se ramifie et s'arborise autour des cellules auditives (3).

L'utricule et le saccule ont une structure analogue à celle des canaux demi-circulaires : dans sa plus grande étendue, c'est une membrane fibreuse, revêtue d'un épithélium cubique. Au niveau des épaissements, appelés *taches* ou *macules*, la structure de l'épithélium est identique à celle des crêtes des ampoules des canaux demi-circulaires (fig. 65). Le prolongement périphérique des cellules bipolaires du ganglion de Scarpa s'y terminait de façon analogue.

Le canal cochléaire est rudimentaire ou manque chez les Poissons, il est droit chez les Reptiles et les Oiseaux, tandis que chez les Mammifères il s'enroule autour d'un axe osseux.

Dans ses deux tiers supérieurs (du côté de la rampe verticale), le canal cochléaire a la structure des canaux demi-circulaires et du vestibule, c'est-à-dire qu'il est formé d'une membrane fibreuse revêtue d'un épithélium cubique ou aplati (fig. 82, 6). Dans son tiers inférieur (du côté de la rampe tympanique), l'épithélium devient plus épais. Du côté de l'axe osseux autour duquel s'enroule le canal cochléaire, l'épithélium est haut et l'extrémité

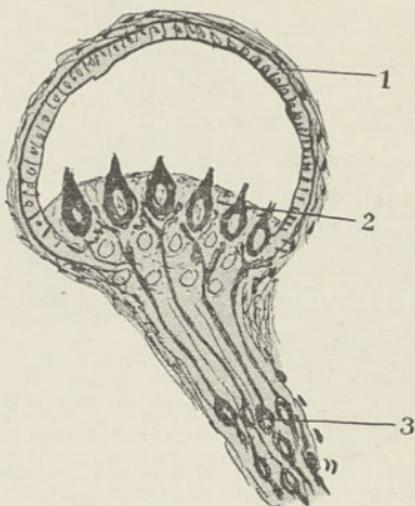


FIG. 81. — Coupe d'une ampoule du canal demi-circulaire.

1, épithélium cubique revêtant la plus grande partie de l'ampoule ; 2, crête auditive ; 3, ganglion auditif.

libre de ces cellules se prolonge librement en dehors en une membrane dite recouvrante (fig. 82, 7).

En dehors (fig. 82, 3), l'épithélium s'élève également et ses cellules sont pyramidales. Cet épaissement épithélial *externe* repose sur une membrane (4) tendue entre une lame spirale de l'axe osseux et la paroi externe du limaçon; la membrane porte le nom de *membrane basilaire* (4); sa partie interne supporte

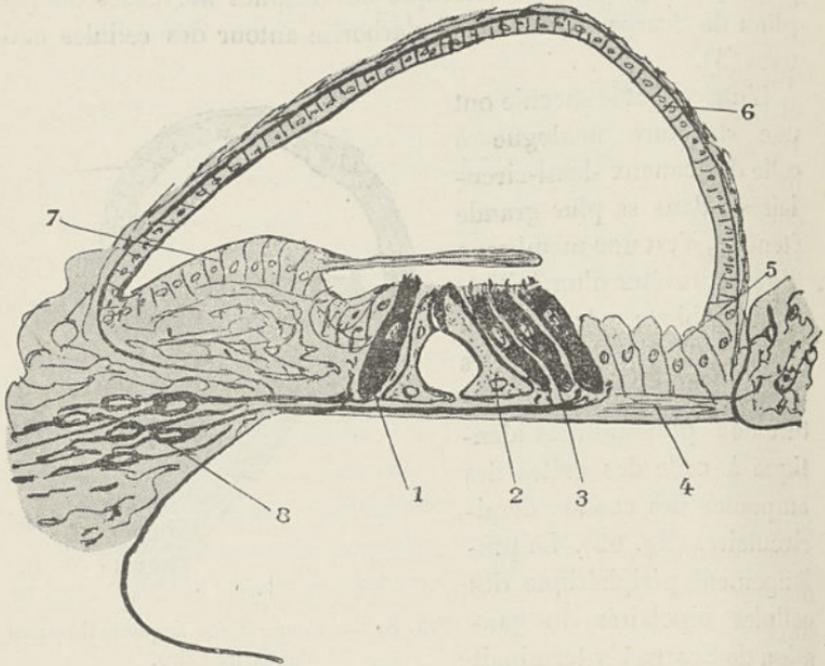


FIG. 82. — Coupe du canal cochléaire.

1, cellule ciliée interne séparée du tunnel par le pilier interne; 2, pilier externe, et 3, cellules ciliées externes; 4, membrane basilaire; 5, cellules épithéliales hautes; 6, épithélium bas du canal cochléaire; 7, saillie d'où part un prolongement recouvrant l'organe de Corti; 8, ganglion nerveux.

l'organe découvert par Corti en 1851 et où se trouvent les cellules auditives. Celles-ci sont disposées de part et d'autre de deux cellules de soutien ou piliers délimitant un tunnel (1 et 2).

Trois cellules auditives (3) se trouvent du côté externe du tunnel et une seule (1) du côté interne.

Chaque cellule auditive repose par sa base sur la membrane basilaire et son extrémité libre est munie de courts prolongements (cils ou poils) qui sont en rapport avec la membrane recouvrante.

Les cellules nerveuses formant un véritable *ganglion*, dit de Scarpa (8), sont situées dans l'axe osseux du limaçon. Ces cellules persistent toute la vie, à l'état de cellules *bipolaires*, comme le sont celles des ganglions spinaux embryonnaires. L'un des prolongements, le périphérique, des cellules bipolaires va gagner les cellules auditives autour desquelles il s'épanouit en un bouquet de ramifications. L'autre prolongement, central, se dirige vers le cerveau et relie le ganglion de Corti au système nerveux central.

Il est probable que la membrane recouvrante joue le même rôle que les calculs de carbonate de chaux de l'utricule, du saccule et des ampoules des canaux demi-circulaires. Elle renforce les vibrations de l'endolymphe. Comme, d'autre part, les fibres de la membrane basilaire sont d'autant plus longues qu'on approche davantage de la coupole ou sommet du canal cochléaire, elles vibrent à l'unisson des vibrations à longueur correspondante. C'est ainsi que nous pouvons nous expliquer le mécanisme par lequel les propriétés physiques des sons (intensité, hauteur, etc.) deviennent appréciables aux centres nerveux.

E. ORGANE VISUEL. — L'organe visuel rappelle un appareil photographique; la rétine correspond à la plaque sensible, le cristallin à la lentille et la sclérotique à la boîte ou au cadre. Mais cette comparaison est bien grossière. En réalité, l'organe visuel des Vertébrés atteint une complication et une perfection extraordinaires.

La plaque sensible ou rétine est, chez les Vertébrés du moins, une partie de l'écorce cérébrale qui est allée au-devant de la lumière. Chez d'autres animaux, tels que le Poulpe, elle n'est qu'une dépression cutanée.

Du fait de son origine, la rétine des Vertébrés est un centre nerveux relié par une commissure blanche (nerf optique) au cerveau. Comme toute portion du système nerveux central, la rétine présente une série d'assises de cellules nerveuses, reliées entre elles par des prolongements constituant des plexus intermédiaires.

Les cellules de la rétine se réduisent essentiellement à trois couches : les cellules externes sont très grêles, mais très longues, car elles mesurent 80 à 100  $\mu$ ; on les appelle *cellules visuelles*. Leur prolongement externe a la forme d'un cône ou d'un bâton-

net. Au noyau ovoïde, entouré d'un renflement protoplasmique fait suite le prolongement interne qui se termine dans un lacis filamenteux (*plexus externe*). A la face interne de ce plexus

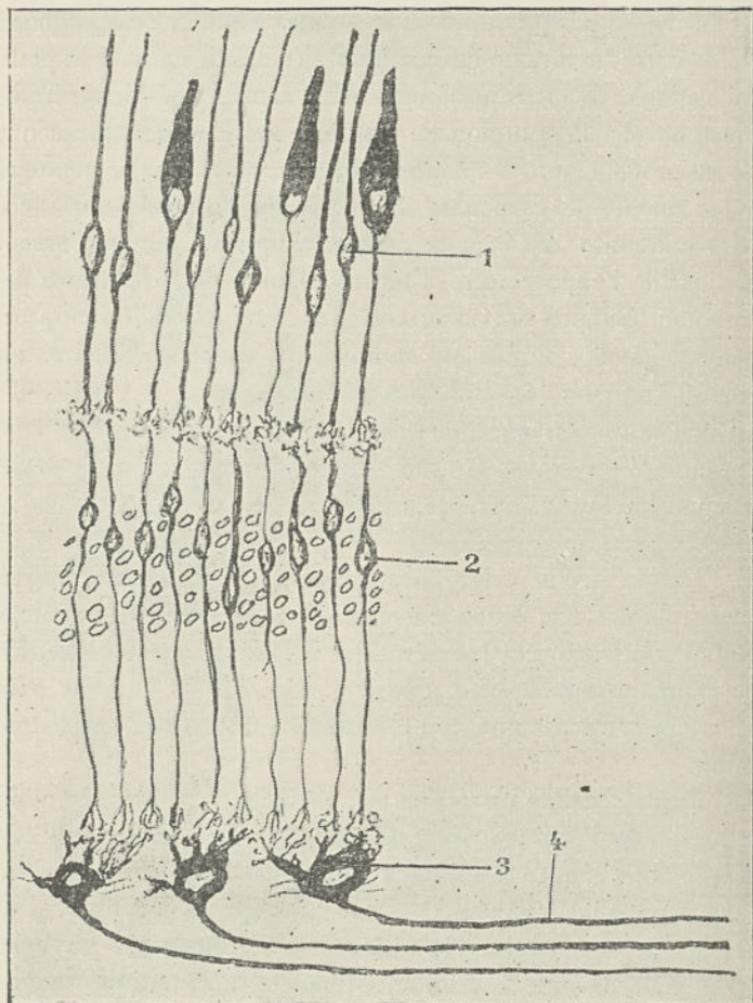


FIG. 83. — Coupe de la rétine.

1, cellules visuelles ; 2, cellules bipolaires ; cellules multipolaires ; 3, fibres commissurales, dites du nerf optique.

aboutit le prolongement externe de la seconde couche cellulaire (fig. 83, 2), constituée par des cellules dites *bipolaires*. En effet, du côté opposé au prolongement externe part un autre prolonge-

ment, dit interne qui, se rend à un autre *plexus*, appelé *externe*. La face interne de ce dernier reçoit des prolongements multiples de cellules étoilées (fig. 67, 3), d'où leur nom de cellules *multipolaires*.

Ces dernières émettent chacune par leur pôle profond un prolongement unique (fig. 83, 4) qui se dirige avec ses homologues vers le cerveau en formant un gros faisceau nerveux, dit à tort *nerf optique*, car il a la structure et la signification d'une commissure.

Si nous passons sur nombre d'autres cellules, dites de soutien ou d'association de la rétine, nous voyons en somme que cette membrane rappelle de très près l'écorce grise du cerveau. Nous savons que le canal central de la moelle et les cavités de l'encéphale sont revêtus d'une assise de cellules ciliées. En s'évaginant pour constituer la vésicule optique primitive puis en se déprimant en un feuillet interne ou rétine, celle-ci tourne en dehors les cellules ciliées dont le prolongement *externe* se transforme en *cône* ou *bâtonnet*. Comme les cils d'une cellule ciliée se mettent en rapport avec le milieu extérieur, les cônes et les bâtonnets reçoivent l'impression de la lumière quand celle-ci a traversé les autres couches de la rétine. Ils sont protégés par une couche de cellules épithéliales pigmentaires qui sécrètent une substance rouge, le *pourpre rétinien*. Au contact de la lumière le pourpre rétinien disparaît.

Remarquons que la proportion des cellules visuelles à cône ou à bâtonnet varie : chez l'Aigle (rapace diurne), les cônes prédominent, tandis que chez la Chouette (rapace nocturne), les bâtonnets semblent seuls exister. Ce fait indique que les cônes servent surtout à la vision nette des objets. Ce qui corrobore cette conclusion, c'est que la fossette *centrale* ou *tache jaune* qui, comme on sait, est située à l'axe postérieur de l'œil, ne possède plus que des cellules visuelles à cône. C'est la région visuelle par excellence.

F. CONSIDÉRATIONS SUR LES ORGANES DES SENS. — Sont analogues les cellules épithéliales de l'organe du goût et de l'audition autour desquelles se ramifient les divisions ou arborisations des nerfs correspondants. Ces cellules épithéliales rappellent celles du groin du porc, avec cette différence que les cellules auditives et olfactives émettent un prolongement court ou soie qui se met en

rapport avec l'endolymph et les cristaux de carbonate de chaux ou bien les liquides ou les corps qui émanent des substances alimentaires.

Les nerfs gustatifs et auditifs sont les prolongements périphériques de cellules nerveuses formant un ganglion périphérique ; mais les cellules du ganglion auditif conservent toute la vie leur forme embryonnaire.

Les cellules nerveuses périphériques de l'organe olfactif sont des cellules épithéliales ; leur prolongement périphérique reçoit le contact direct des corpuscules odorants dont nous ignorons la nature ; le prolongement central de ces cellules n'est constitué que par un filet ou cylindre, sans myéline.

Quant à l'organe visuel, il diffère des autres organes des sens par ce fait capital, c'est qu'il représente une portion de l'écorce cérébrale. Les éléments qui reçoivent l'impression des rayons lumineux en leur faisant subir les premières modifications sont les homologues des cellules épendymaires, c'est-à-dire des cellules revêtant le canal central de la moelle, par exemple. Tandis que le prolongement périphérique ou libre des cellules épendymaires se termine par un cil ou une touffe de cils, celui des cellules visuelles de la rétine se prolonge en un cône ou un bâtonnet ; de plus, dans ceux-ci, on distingue un filament axial et une gaine qui semble composée de disques superposés alternativement clairs et obscurs.

Nous avons déjà signalé l'absence de gaine de Schwann dans les fibres du prétendu nerf optique qui, par conséquent, n'est pas l'homologue d'un nerf, mais d'une commissure réunissant deux centres nerveux.

Ces faits de structure, ces dispositifs variables ne sauraient avoir d'autres effets que de transformer les impressions du monde extérieur en sensations différentes. On sait de longue date que toute excitation mécanique du nerf optique produit des sensations lumineuses, que l'excitation du nerf auditif est le point de départ de sensations auditives. Dire que chaque fibre nerveuse émanant d'un organe particulier s'est spécialisée ou adaptée à une fonction spéciale, c'est constater un fait, sans l'expliquer.

Que se passe-t-il dans la cellule périphérique qui reçoit l'impression ? et comment cette impression se transforme-t-elle en une

notion dont nous nous rendons compte, en un fait conscient ? Nous savons que l'acte inconscient ou réflexe exige déjà deux cellules, l'une périphérique qui reçoit l'impression et l'autre, centrale, qui agit sur le muscle. Pour qu'un acte devienne conscient, il faut un plus grand nombre de cellules nerveuses. Pour que nous voyions une fleur, une rose par exemple, il faut que la rétine soit intacte ; de plus, que les fibres de la commissure, dite nerf optique, conduisent l'impression dans des cellules situées dans des centres intra-cérébraux (corps genouillés, tubercules quadrijumeaux antérieurs, etc.). De ces derniers partent d'autres fibres qui les relient aux cellules pyramidales de l'écorce des circonvolutions occipitales.

Que se passe-t-il dans les cellules nerveuses situées dans les stations intermédiaires entre les cellules rétinienne et les cellules de l'écorce occipitale ? Notre ignorance est aujourd'hui à peu près complète. Neurone périphérique, neurone central, élaboration, transformations, désassimilation, tels sont les mots que nous employons pour désigner les modifications qui se passent pour que l'impression devienne sensation. En réalité, nous ignorons le fin mot.

Chaque groupe ou station nouvelle de cellules ajoute un nouvel élément de connaissance, un perfectionnement psychique à l'impression brute fournie par les cellules rétiniennes. Aujourd'hui il faut nous borner à ce résultat final. Si cette impression se répète, si nous y appliquons toute notre attention, nous pouvons même, en l'absence de la rose, nous en faire une image si nette que nous réussirons à la décrire comme si nous l'avions sous les yeux. Nous sommes à même de la comparer à une autre fleur également absente, à une violette, par exemple.

La simple vue des objets, qui nous permet de nous diriger vers eux ou de les éviter, se fait grâce à des cellules différentes de celle qui nous les fait reconnaître et y attacher une signification. La pathologie et l'expérimentation ont établi que le centre visuel commun est distinct du centre visuel intellectuel ou psychique.

Ce centre n'est pas isolé dans l'écorce cérébrale ; il est relié aux autres centres (auditif, gustatif, olfactif ou tactile). Si on nous met dans la bouche, dans l'obscurité complète, un quartier de pomme ou de poire, il suffit de l'écraser entre les dents ou la

langue pour réveiller l'image ou l'idée de la pomme ou de la poire. Il existe donc des cellules ou des fibres qui associent le centre gustatif et le centre visuel. Si nous traversons, par une nuit obscure, les allées d'un jardin, l'odeur des roses réveille l'image ou l'idée de cette fleur.

Sans insister davantage sur ces associations, nous pouvons affirmer, de par ces exemples, que les impressions visuelles, gustatives, etc., se transforment, en passant d'une cellule à l'autre, en sensations de plus en plus nettes, en idées et en pensées. Plus nombreuses sont les cellules qui sont ainsi affectées, plus parfaite est l'élaboration de l'idée. Le génie est non seulement une longue patience, mais surtout un exercice prolongé.

D'autre part, on a l'habitude d'écrire que les cellules et les cellules nerveuses en particulier sont d'abord indifférentes, et, qu'avec les progrès du développement, elles se *différencient*. D'autres traduisent cette transformation en disant qu'elles *s'adaptent*. Cette façon de s'exprimer coupe court à toute discussion et à toute recherche ultérieure. Au son de ces formules on s'endort sur le lit moelleux du repos, et, à force de les répéter, on endort les autres. Il vaut mieux, à mon avis, avouer franchement que, sauf quelques notions de structure et le gros résultat final, nous ignorons totalement les phénomènes intimes qui se passent dans les cellules nerveuses. Il faudra des siècles d'investigation pour jeter de la lumière sur cette question. Pour le moment, contentons-nous de constater les quelques faits que nous devons au labeur du siècle dernier. Nous connaissons la cellule nerveuse et le résultat final de son travail.

Par l'exercice et le travail, il est possible à chacun d'accroître le développement de ses cellules nerveuses. Chacun est libre de conserver son héritage paternel tel qu'il lui a été transmis ou bien de le faire prospérer par l'effort personnel qui non seulement hypertrophie les cellules nerveuses, mais crée de nouvelles stations et des centres d'association.

Cet exemple, joint à tant d'autres que nous trouvons dans la matière vivante, nous montre une loi, un dessein dont l'intelligence dépasse de beaucoup les conceptions humaines réputées les plus grandioses, les plus géniales.

## CHAPITRE XV

### SANG ET ORGANES SANGUIFORMATEURS

L'organisme vivant fait des échanges continus avec le monde extérieur ; le tube digestif y introduit les éléments liquides et solides ; par le poumon, arrive l'oxygène et s'en va l'acide carbonique. Ces éléments étrangers (exogènes) passent dans le sang ; celui-ci les met au contact des cellules et des tissus qui lui empruntent les matériaux nécessaires à leur nutrition, leur accroissement et leur renouvellement. D'autre part, l'organisme, en se renouvelant, produit des déchets qui sont versés dans le sang, pour être ensuite éliminés. Ce n'est pas tout. Les éléments figurés des tissus ou solides n'ont la plupart qu'une durée limitée ; ils subissent la fonte et mettent en liberté des portions cellulaires (globules blancs et globules rouges) Liquides ou plasmas ainsi formés, globules blancs et rouges sont recueillis par les vaisseaux lymphatiques et sanguins et constituent les éléments propres ou endogènes de la lymphe et du sang.

A. SANG. — Si l'on laisse couler le sang dans un liquide (acide osmique, bichlorure de mercure, chlorure de platine) qui endurec immédiatement les éléments figurés, on observe la forme naturelle de ces derniers. On peut encore poser, sur un animal vivant, deux ligatures sur un fin vaisseau, et, après avoir excisé le tronçon lié aux deux bouts, on le plonge dans l'un de ces liquides. Dans ces conditions, la forme des éléments figurés est toute autre que lorsqu'on étale une gouttelette de sang sur une lame et qu'on la dessèche ou recouvre d'une fine lamelle.

Si on examine le sang d'un Mammifère adulte (Homme, Chien,

Lapin), on y aperçoit des quantités innombrables de globules simulant des perles (fig. 84). Ces globules sont teints en jaune citron quand ils sont vus isolément, mais serrés ou superposés en couches, ils sont rouges ; ce sont les *globules rouges* ou *hématies* (*haima*, sang). En les colorant de façon appropriée, on voit que leur plus grande masse est formée d'une substance spéciale, dite *hémoglobine*.

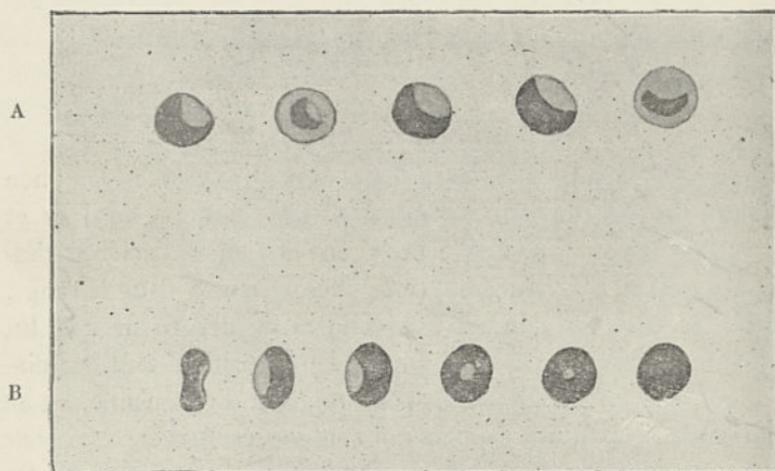


FIG. 84. — A. Hématies humaines examinées à l'objectif à immersion à eau dans une solution de sel marin à 5 pour 100, immédiatement après le prélèvement du sang. — B. Hématies de cobaye (veinule intestinale ligaturée, fixée dans le mélange de sublimé et de chlorure de platine, débitée en coupes et colorée à l'hématoxyline au fer et au rouge Bordeaux). Objectif à immersion.

Les dimensions des Hématies sont des plus variables chez les divers Vertébrés. Les hématies à noyaux des Ovipares (Poissons, Batraciens, Reptiles et Oiseaux) sont d'autant plus grandes que les cellules de l'organisme sont plus volumineuses. Celles de la Grenouille ont 22  $\mu$ . environ. Les hématies des Mammifères adultes qui correspondent aux noyaux cellulaires ont également une taille qui correspond à celle des noyaux cellulaires ; aussi leur taille diffère-t-elle selon l'espèce animale. Jusqu'à présent on a assigné des dimensions trop fortes à ces hématies, parce que pour les mesurer on a desséché le sang ou bien on en a aplati les éléments figurés entre lame et lamelle. Voici le tableau de la taille des hématies de quelques Mammifères, ramenées aux dimensions natu-

relles, c'est-à-dire après la correction que nécessite l'allongement artificiel dû à l'aplatissement :

Cheval marin. . . . .	6,6 $\mu$	Porc. . . . .	4,1 $\mu$
Eléphant. . . . .	6,5 $\mu$	Cheval. . . . .	3,8 $\mu$
Homme. . . . .	5,0 $\mu$	Bœuf. . . . .	3,8 $\mu$
Chien. . . . .	5,0 $\mu$	Mouton. . . . .	3,4 $\mu$
Chat. . . . .	4,2 $\mu$	Chèvre. . . . .	2,8 $\mu$
Lapin. . . . .	4,0 $\mu$	Porc-musc. . . . .	1,7 $\mu$

La figure 85, *a*, montre un anneau d'hémoglobine entourant un point central, clair. L'hématie *a* est vue de face. L'hématie *b*,

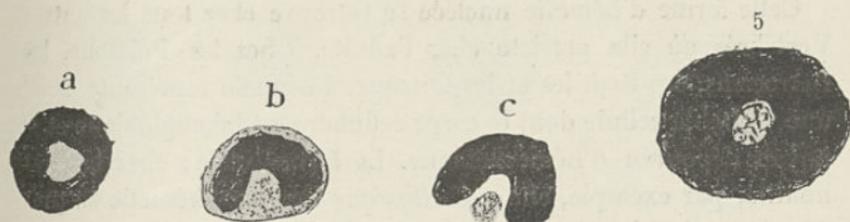


FIG. 85. — *a*, *b*, *c*, hématies humaines ; 5, hématie nucléée d'une grenouille.

*a*, hématie vue de face ; *b*, hématie jeune, vue de profil ; *c*, hématie vieille, vue de profil.

qui se présente de profil, a une masse hémoglobique en forme de croissant, entourée d'un liséré d'une substance qui est privée d'hémoglobine ou *anhémoglobique* (*a*, privatif). Dans la concavité du croissant, la substance anémoglobique forme une sorte de bouchon. L'hématie *c* ne possède plus que le croissant hémoglobique, mais, dans la concavité du croissant, on aperçoit encore un reste de bouchon anémoglobique.

Ceux qui n'ont examiné que du sang étalé frais sur une lame, desséché ou aplati par la lamelle, décrivent à l'hématie une forme discoïde et lui assignent un grand diamètre de 7  $\mu$  à 7,7  $\mu$ , et un petit diamètre ou épaisseur de 2  $\mu$ . L'hématie, gélatineuse, se déforme dans ces conditions. L'hématie, fixée dans le vaisseau, est sphérique et n'a, chez l'Homme et le Chien, que 5  $\mu$ .

Les histologistes qui ont incomplètement coloré les deux substances et n'ont pas aperçu le manteau et le bouchon anémoglobiques, soutiennent que l'hématie des Mammifères adultes a la forme d'une cloche (fig. 85, *c*). Cette forme est propre aux hématies vieilles qui ont perdu le manteau et le bouchon anémoglo-

globique lequel, dans les jeunes stades, entoure le croissant hémoglobique.

Les premiers globules rouges, ou premières hématies, ont une constitution différente de celles de l'adulte. Elles sont sphériques et ont un diamètre de 12 à 15  $\mu$ . Elles existent seules tant que l'embryon ne dépasse pas la taille de 8 à 10 centimètres. Chez les Mammifères, elles disparaissent sans laisser de trace pour être remplacées par les hématies de l'adulte. Les premières hématies sont des cellules possédant un noyau sans hémoglobine et un corps cellulaire chargé d'hémoglobine.

Cette forme d'hématie nucléée se retrouve chez tous les autres Vertébrés où elle persiste chez l'adulte. Chez les Poissons, les Batraciens, les Reptiles et les Oiseaux, l'hématie représente donc une véritable cellule dont le corps cellulaire est hémoglobique et le noyau dépourvu d'hémoglobique. La forme varie : chez la Grenouille, par exemple, elle est *elliptique* lorsque l'hématie se présente par le plat et *fusiforme*, quand l'hématie est vue par la tranche.

L'hématie de la Grenouille équivaut à une cellule entière, tandis que celle de l'Homme correspond à un noyau. Cependant les premières hématies de l'embryon humain sont également des cellules nucléées, et, dans certaines conditions de mauvaise nutrition ou d'empoisonnement chronique, il se développe de nouveau, chez le Mammifère adulte, des hématies nucléées.

*Leucocytes.* — Outre les hématies, le sang possède des globules incolores, sphériques ou contours lobés, dentelés, c'est-à-dire irréguliers ; ce sont les globules blancs ou leucocytes, moins nombreux que les hématies, car il n'y a qu'un leucocyte pour 600 ou 1 000 hématies. Les leucocytes ne sont que des cellules qui, d'abord réunies entre elles, sont devenues libres par fonte de la portion périphérique ou corticale du corps cellulaire.

La forme et les dimensions des leucocytes sont variables : les uns ont un corps cellulaire abondant (fig. 86, 2, 3 et 4) et chacun n'est pourvu que d'un noyau unique ; il porte alors le nom de leucocyte *uninucléé*. Lorsque le noyau s'est fragmenté, il devient *plurinucléé* (4) à protoplasma clair ou à protoplasma granuleux. Quand le protoplasma est réduit à un mince liséré entourant le

noyau, le leucocyte est dit *lymphocyte* (fig. 70, 1), parce que cette variété prédomine dans la lymphe qui sort des ganglions lymphatiques.

Les leucocytes ont un corps cellulaire qui, chez les uns, est hyalin ou très finement granulé (fig. 86, 1 et 2), tandis que, chez les autres, il est semé de nombreuses et grosses granulations (3 et 4). Celles-ci ont une affinité différente pour les couleurs : les unes se teignent par les couleurs basiques, les autres par les colorants d'aniline, tels que l'éosine, la thionine, le bleu d'azur, etc. On a attaché une grande importance à cette affinité



FIG. 86. — Globules blancs ou leucocytes.

1, lymphocyte ; 2, leucocyte uninucléé ; 3 et 4, leucocytes multinucléés.

variable et l'on a classé les leucocytes granuleux en *neutrophiles*, *éosinophiles*, *basophiles*, *azurophiles*, etc. A mon avis, ces différences sont dues à l'âge du leucocyte qui, pour moi, n'est qu'une cellule détachée d'un tissu et un élément en voie de dégénérescence. L'état du noyau parle en faveur de cette manière de voir : les leucocytes granuleux ont un noyau multilobé ou plusieurs fragments de noyaux dus à l'hydratation et à la dégénérescence du noyau primitivement unique.

Il y en a qui ont pris les lymphocytes pour des formes jeunes qui, en s'accroissant, peuvent acquérir un large corps cellulaire pour devenir des uninucléés ou des polynucléés. L'expérience n'est pas favorable à cette manière de voir : si l'on cultive dans un milieu convenable des leucocytes, on constate au bout de quelques heures que les variétés à gros corps cellulaire prennent une forme irrégulière, se munissent d'expansions ; mais au bout de plusieurs heures ou d'un ou deux jours, ces expansions disparaissent : elles gonflent en s'hydratant et finissent par se dissoudre. Il ne reste plus finalement que des lymphocytes, des noyaux ou des fragments nucléaires.

Ces changements de forme du leucocyte ont été observés depuis

longtemps, et, les comparant à ceux que présentent des animaux (*amibes*) unicellulaires vivant dans les mares, on les a attribués à des mouvements propres et essentiellement actifs de la cellule. De plus, on a vu que les poussières, les grains de carmin ou les microbes qui sont en contact avec le leucocyte pénètrent dans le corps du leucocyte. Pour expliquer cette pénétration on a supposé que le leucocyte se comporte comme l'Amibe, c'est-à-dire qu'il émet, par sa propre activité, des prolongements, dits amiboïdes, qui entourent la particule du corps étranger pour s'en emparer, l'incorporer et la digérer. Voilà pourquoi les leucocytes seraient des *phagocytes* (*phagein*, manger).

Non seulement le leucocyte serait une cellule capable de changer de place, de voyager (*cellule migratrice*), mais encore de détruire les microbes. Le phagocyte serait une cellule spéciale ayant une vie propre, presque indépendante de l'organisme qui l'héberge. Celui-ci le nourrirait mais, en retour, le phagocyte lui rendrait des services signalés. En effet, des poisons et des microbes pénétrant dans le corps, les phagocytes seraient attirés par la présence de ces éléments étrangers. En vertu du pouvoir que posséderaient les leucocytes d'émettre des pseudopodes, les phagocytes entoureraient le corps étranger ou le microbe, l'engloberaient et l'incorporeraient pour le dévorer. Aussi considère-t-on les leucocytes ou phagocytes comme un « corps de police » remplissant un service de voirie, nettoyant les déchets et débarrassant des intrus.

Si l'on observe la façon dont naît un leucocyte et si l'on étudie son évolution, on se convainc que le leucocyte est une cellule quelconque de l'organisme : après avoir fait partie de l'assemblage ou complexus des tissus, la cellule s'en détache parce que la portion périphérique de son protoplasma ou corps cellulaire subit la fonte. Une fois libre, elle perd le reste de son protoplasma grâce à une liquéfaction progressive du corps cellulaire. La fonte protoplasmique n'est pas indifférente pour l'organisme qui s'enrichit ainsi de plasma. A ce titre, les leucocytes continuent à communiquer au sang et à la lymphe une certaine vitalité. Ils agissent comme les cellules des glandes salivaires ou gastriques qui fournissent à la salive ou au suc gastrique des substances capables de fonctionner à l'état de diastases ou de ferments solubles de façon à transformer l'amidon en sucre ou les albuminoïdes en peptones. Autrement

dit, les leucocytes produisent par fonte ou par sécrétion des substances qui créent un milieu réagissant sur les microbes ou leurs toxines, amoindrissent ou neutralisent leur action. C'est la réaction de notre organisme contre les corps étrangers que ces derniers soient des éléments vivants ou des corps inorganiques.

Quelle est la durée du sang? Celle du plasma n'est pas connue. Pour ce qui est des globules blancs, il en est de même. Quant aux hématies, je les ai retenues pendant plusieurs jours dans le canal efférent d'un ganglion lymphatique que j'avais ligaturé. Au bout de 6 à 8 jours, elles avaient disparu.

*Plaquettes sanguines.* — Lorsqu'on examine une goutte de sang à un fort grossissement, on observe, entre les hématies et les leucocytes, des corpuscules de 2 ou 3  $\mu$ , à peu près incolores.

Décrits tour à tour sous le nom de *globulins*, de *granulations libres*, d'*ématoblastes*, de *plaquettes sanguines*, ces corpuscules (fig. 87) réunis en grand nombre semblent jouer un grand rôle dans la coagulation du sang. Pendant quelque temps, je pensais que ces corpuscules provenaient soit des leucocytes ou des hématies en voie de désagrégation. Des études plus récentes me portent à me ranger à l'opinion de Wright, selon laquelle les plaquettes ne seraient que des granulations basophiles de certaines cellules. Par la liquéfaction de l'hyaloplasma du corps cellulaire, les granulations sont mises en liberté et forment des plaquettes. Si la cellule toute entière est entraînée par le courant sanguin avant la mise en liberté des granulations, on est en présence d'une cellule autour de laquelle débute la coagulation du sang extravasé. Aussi a-t-on donné à pareille cellule le nom d'élément *coagulant* ou *thrombocyte* (*thrombos*, caillot).



FIG. 87. — Plaquettes sanguines.

B. MASSE DU SANG. — La quantité de sang d'un homme de 66 kilogrammes est d'environ de 5 kilogrammes, c'est-à-dire 5 litres; c'est le treizième environ du poids du corps. Elle peut augmenter et constituer la *pléthore* ou diminuer (*anémie*). La pléthore accompagne une grande activité musculaire et une bonne alimentation. Elle s'observe de 40 à 50 ans. A un âge plus avancé,

la quantité du sang diminue; de plus, les réparations sanguines se font alors mal lorsqu'il se produit des hémorragies.

A tout âge, la perte de la moitié du sang (2<sup>k<sup>er</sup></sup>,5) est mortelle. Des pertes sanguines moindres se réparent au bout de quelque temps chez les personnes bien portantes.

Ces faits sont de la plus haute importance : une personne qui a subi une forte hémorragie est en danger de mort. Il suffit de lui transfuser du sang d'une personne bien portante pour lui permettre une survie de plusieurs heures ou d'un jour pendant lesquels son organisme refait le sang. C'est un moyen auquel les chirurgiens modernes ont parfois recours. Cette pratique de la transfusion du sang date du xvi<sup>e</sup> siècle et fut imaginée par le célèbre alchimiste André Libavius qui préconisait l'opération comme un moyen non seulement de guérison, mais de rajeunissement.

Lower<sup>1</sup> a transfusé le sang d'un Chien dans les vaisseaux d'un autre Chien, de telle sorte « qu'un animal peut vivre avec le sang d'un autre et conséquemment qu'aux animaux qui n'ont presque plus de sang, ou dont le sang est corrompu, on peut substituer celui des autres. »

Denis (*Ibid.*, p. 44) répéta avec succès cette expérience sur deux chiens, puis il fit passer le sang de trois veaux dans trois chiens (*loc. cit.*, p. 63) et enfin, il transfusa du sang d'agneau à un garçon de 15 à 16 ans et à un homme de 45 ans (*loc. cit.*, p. 93). « La raison semble enseigner, conclut-il, que les maladies causées par l'intempérie ou la corruption du sang doivent se guérir par la transfusion du sang pur et bien tempéré. »

On s'imaginait qu'en substituant un sang neuf à un sang vieux, à un sang altéré par l'âge le sang d'un jeune animal, profondément imprégné de vitalité, on obtiendrait de complètes réparations du corps. Que n'espérait-on pas ? Qui le croirait ? Il était même question de rénovation perpétuelle et par conséquent d'immortalité. Étranges rêveries ! Folles conceptions que l'ignorance des lois de la vie pouvait seule accrédi-ter !

Pour remonter aux sources du sang et des éléments qui le constituent, pour en connaître la valeur, il nous faut étudier plusieurs autres organes et fluides.

1. *Le Journal des Savants*, 1667, p. 31.

C. LYPHME ET ORGANES LYMPHATIQUES. — Les Anciens ne connaissaient, en fait de liquides interorganiques, que le sang. Voilà pourquoi ils pensaient que les aliments digérés passaient directement dans les veines de l'intestin pour concourir à la formation du sang. On changea d'opinion après la découverte de vaisseaux blancs (*lactés* ou *chylifères*) faite par Aselli en 1622 dans les parois intestinales et le mésentère. C'est par les vaisseaux lactés que s'effectue l'absorption d'une partie des aliments digérés. Trente ans plus tard (1651), O. Rudbeck montra que la plupart des organes sont parcourus par des vaisseaux analogues aux chylifères, mais au lieu de contenir du chyle blanc, ils ne renfermaient qu'un liquide incolore, séreux, la *lymphe* (*lymph*a, eau).

Les Vaisseaux chylifères et lymphatiques déversent leur contenu dans les veines. Les lymphatiques tirent leur contenu des liquides qui baignent les éléments des tissus et des organes. Ces liquides interorganiques proviennent, d'une part, de la transsudation du plasma sanguin, et, d'autre part, des déchets dus à la liquéfaction même des éléments organiques.

Chez les Vertébrés inférieurs, les éléments figurés qu'on trouve dans la lymphe sont fournis par les restes cellulaires des tissus ; mais, chez les Oiseaux et les Mammifères, se trouvent placés, sur le trajet des vaisseaux lymphatiques, des organes particuliers, amas cellulaires dits *ganglions lymphatiques* qui fabriquent du plasma, des globules blancs et rouges. D'autres organes dont le développement et la structure diffèrent considérablement des ganglions lymphatiques contribuent à la formation du sang. Tels sont les *follicules clos* tégumentaires (bourse de Fabricius, des Oiseaux, amygdales, plaques de Peyer, follicules clos isolés, etc.), le *thymus*, la *rate*.

1. *Ganglions lymphatiques*. — Des milliers d'amas à aspect glandulaire (*glandes lymphatiques* des Anciens) sont, chez les Mammifères, placés sur le trajet des vaisseaux lymphatiques.

Comme la lymphe qui les traverse ne contient, dans les conditions ordinaires, que des globules blancs et surtout des lymphocytes, on a l'habitude de dire que le ganglion lymphatique ne produit que des globules blancs. L'expérimentation, comme nous le verrons, prouve que le ganglion lymphatique fabrique du plasma

et des globules rouges, ces derniers résultant, il est vrai, de la transformation des lymphocytes en globules rouges ou hématies.

La structure d'un ganglion lymphatique est la suivante. La figure 88 qui représente un fragment de ganglion montre que le vaisseau lymphatique afférent (1) s'ouvre dans un espace cloisonné, ou *sinus périphérique* (2) situé entre la capsule de l'organe et

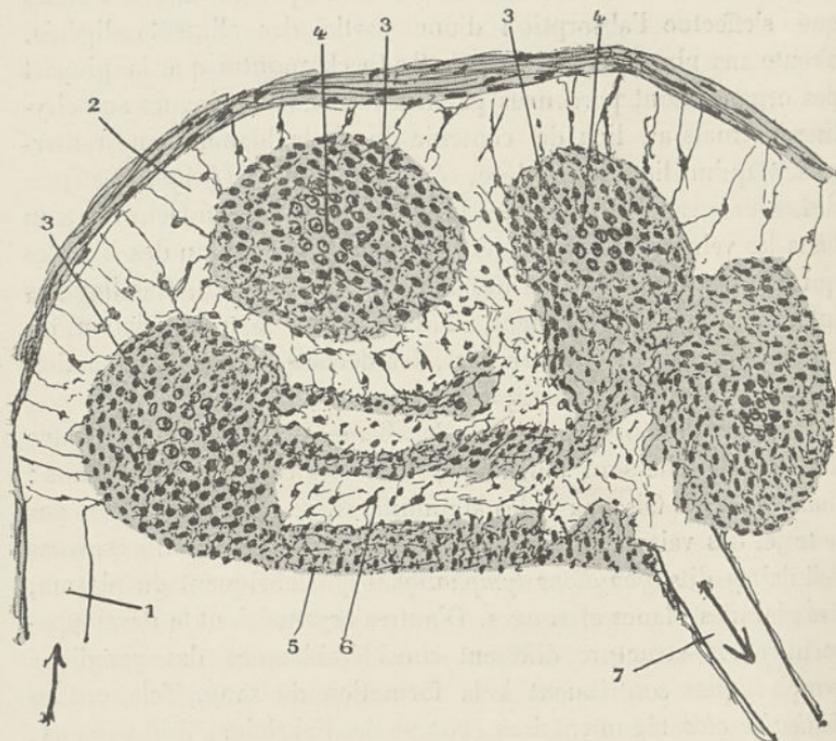


FIG. 88. — Coupe d'une portion de ganglion lymphatique.

1, vaisseau afférent ; 2, sinus périphérique ; 3, 3, nodule ou follicule lymphatique ; 4, 4, centre du nodule ; 5, cordon folliculaire ; 6, sinus médullaire ; 7, vaisseau efférent.

la substance périphérique de ce dernier. Cette dernière se décompose en une série de portions à apparence dense *follicules* ou *nodules* (3, 3). De la face interne de chaque nodule partent des prolongements ou *cordons folliculaires* (5) qui sont séparés les uns des autres par d'autres espaces cloisonnés, ou *sinus médullaires* (6) aboutissant au hile de l'organe où prend naissance le *vaisseau efférent* (7).

Pour comprendre la structure et la signification du ganglion

lymphatique, il faut étudier la composition d'un follicule ou nodule lymphatique et suivre l'évolution des cellules qui le constituent. Au centre du nodule (4, 4) se trouve un amas de tissu plus clair que celui qui forme la portion périphérique ou corticale du nodule (3, 3). Les noyaux de la portion centrale sont plus volumineux et moins riches en chromatine que ceux de la portion corticale. Les premiers montrent de nombreuses images mitotiques; aussi la portion centrale a-t-elle reçu le nom de *centre germinatif* (4, 4). Les noyaux du centre germinatif sont réunis entre eux par un cytoplasma commun qui est peu granuleux et par suite clair. Dans la portion corticale, au contraire, les noyaux de 4 à 5  $\mu$  sont très chromatiques et, dans le cytoplasma qui les sépare, on distingue un réticulum granuleux dont les mailles contiennent de l'hyaloplasma.

Les cordons folliculaires présentent une structure analogue à celle de la portion périphérique des follicules ou nodules. Entre les derniers, d'une part, les cordons folliculaires, de l'autre, ainsi qu'entre la capsule et les follicules se trouve un tissu réticulé encore, mais à mailles vides (sinus médullaires et périphérique).

Par une étude attentive, il est facile de voir les rapports génétiques qui existent entre la portion corticale des nodules ou les cordons folliculaires et le tissu des sinus. A mesure que le tissu des nodules évolue du centre vers la périphérie, l'hyaloplasma contenu dans les mailles du tissu réticulé plein se fluidifie et il ne reste que les filaments du réticulum avec quelques noyaux aux points nodaux. L'hyaloplasma disparaît et un grand nombre de noyaux, entourés d'un mince liséré protoplasmique deviennent libres dans les mailles. Le courant lymphatique *afférent* passant dans les sinus périphérique et médullaires entraîne l'hyaloplasma, ainsi que les petits éléments mis en liberté sous la forme de *lymphocytes*.

Ces lymphocytes se transforment finalement en globules rouges ou *hématies*. Les preuves expérimentales sont les suivantes : si sur l'animal vivant, on ligature le vaisseau *efférent* d'un ganglion lymphatique à une distance de plusieurs centimètres de l'organe, la portion attenante du vaisseau efférent se remplit de lymphocytes. Si on laisse pendant 6 à 12 heures ces lymphocytes dans le vaisseau lymphatique ligaturé, on ne trouve plus que des *hématies*.

Sur les Mammifères *avant* la naissance, dont la circulation est lente, les sinus périphérique et médullaires contiennent des hématies. Sur les animaux soumis au jeûne et les sujets morts d'affections chroniques, la circulation lymphatique est arrêtée, c'est-à-dire qu'elle cesse de se faire quelque temps avant la mort. Aussi les sinus des ganglions lymphatiques sont-ils remplis d'hématies. Les classiques mettent leur présence sur le compte de la diapédèse.

Cette hypothèse est contredite par l'observation directe. En effet, si l'on met les ganglions lymphatiques périphériques, c'est-à-dire situés loin du courant lymphatique central, dans des liquides qui fixent l'hémoglobine, on observe les images suivantes : sur les cellules des cordons folliculaires encore en place, c'est-à-dire réunis en tissu, les noyaux se colorent par l'éosine et l'orange comme les hématies libres.

Donc le ganglion lymphatique produit des lymphocytes qui se transforment en hématies. Il forme de plus du plasma, car la fonte du protoplasma du tissu ganglionnaire se fait sur une vaste échelle, lors de la mise en liberté du noyau et du mince corps cellulaire.

2. *Rate.* — La rate est un organe mou, spongieux, situé à gauche de l'estomac. Elle existe chez la grande majorité des Vertébrés. Son tissu est semblable à celui des ganglions lymphatiques, c'est-à-dire qu'il se compose de masses cellulaires à protoplasma plein et de travées de tissu réticulé à mailles vides. Le protoplasma des masses cellulaires subit une fonte partielle et met en liberté des restes cellulaires qui se transforment en globules blancs et en globules rouges, comme dans les ganglions lymphatiques. L'artère de la rate, ou *splénique* (*splen*, la rate), se divise en une foule d'artérioles qui s'épanouissent dans le tissu splénique à la manière d'un pinceau ; à leurs extrémités, la plupart de ces artérioles et surtout leurs capillaires débouchent dans les mailles vides du tissu splénique et le courant sanguin, en les traversant, s'enrichit en globules blancs et rouges ; il les entraîne dans la veine splénique qui les déverse dans la veine porte. Remarquons la disposition particulière de la rate : elle est annexée au tube digestif et son sang se mêle à celui de la veine porte dont les racines absorbent dans

l'intestin les sucs digestifs, c'est-à-dire des matériaux riches en albuminoïdes, en sucre, en sels et en eau. Or, la rate adjoint à ces matériaux amorphes les éléments figurés du sang, ainsi que le plasma qui résulte de la fonte des cellules spléniques. La rate animalise par conséquent les principes absorbés.

3. THYMUS, AMYGDALES, PLAQUES DE PEYER, FOLLICULES GLOS TÉGUMENTAIRES, BOURSE DE FABRICIUS DES OISEAUX. — Les divers organes que nous venons d'énumérer débutent à l'état d'ébauches épithéliales. Peu à peu, de la périphérie vers le centre, les cel-

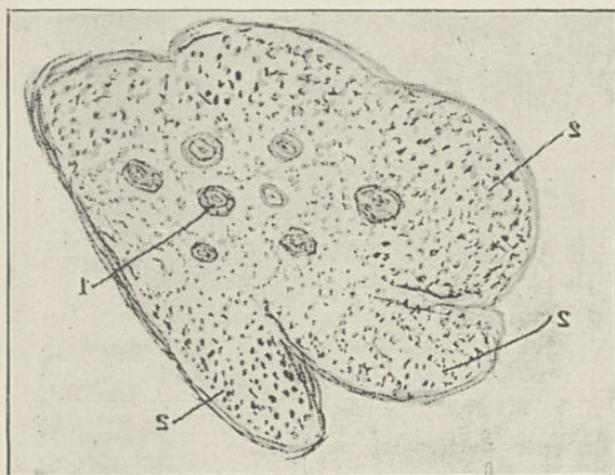


FIG. 89. — Coupe d'un thymus d'un enfant à la naissance.

*l, l, l*, lobules ; *h*, corpuscule de Hassal.

lules épithéliales se divisent activement et donnent naissance à un tissu plein dont les éléments (noyaux et cytoplasma) ont les caractères d'un tissu conjonctif jeune (cytoplasma commun à nombreux noyaux). Au stade suivant, certains des éléments se transforment en cellules fusiformes ou étoilées dont le protoplasma édifie des fibrilles conjonctives (trame ou charpente), tandis que le cytoplasma commun des autres éléments subit la fonte et met en liberté les noyaux, chacun entouré d'un mince liséré protoplasmique (*lymphocytes*).

Le *thymus* se développe comme une glande ramifiée, par deux bourgeons épithéliaux prenant naissance l'un aux dépens de

l'épithélium de la 3<sup>e</sup> poche branchiale droite, et l'autre aux dépens de celui de la 3<sup>e</sup> poche branchiale gauche. La surface de chacun de ces bourgeons (fig. 89) ne tarde pas à présenter une série d'incisures occupées par le tissu conjonctif qui cloisonne partiellement l'organe et le divise superficiellement en lobules (fig. 73, 2).

De bonne heure, sur les embryons de 5 à 6 centimètres de long, les cellules épithéliales périphériques se divisent et donnent naissance à une trame réticulée et à des éléments qui deviennent lymphocytes par liquéfaction de leur cytoplasma cortical.

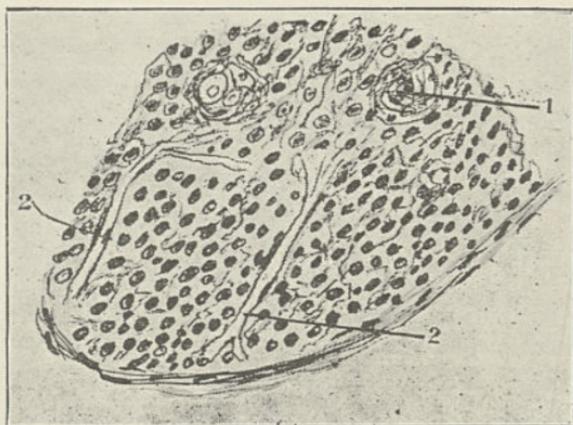


FIG. 90. — Portion du même thymus à un grossissement plus fort.  
1, corpuscule de Hassal ; 2, 2, vaisseaux sanguins dans le tissu réticulé périphérique.

En même temps se développent de nombreux vaisseaux sanguins (fig. 90, 2,2). Ce processus s'étend peu à peu vers le centre des lobules, mais la partie centrale de ceux-ci reste toujours plus claire et les vaisseaux y sont plus rares. Certaines cellules de la portion centrale (fig. 89, 1) s'hypertrophient et prennent une disposition qui rappelle les perles épithéliales qu'on observe dans les cancers épithéliaux ou dans les amygdales ; ce sont là les corps concentriques décrits par Hassal ; de là leur nom de *corpuscules de Hassal* (fig. 90, 1).

Les amygdales, les plaques de Peyer, les follicules clos isolés commencent également par des bourgeons épithéliaux. Donc l'ébauche amygdalienne est formée par un épithélium pavimenteux stratifié ; les bourgeons des plaques de Peyer, ceux de

l'appendice, etc. sont, à l'origine, analogues à ceux des glandes intestinales.

Si l'on étudie l'évolution de l'un de ces bourgeons de l'amyg-

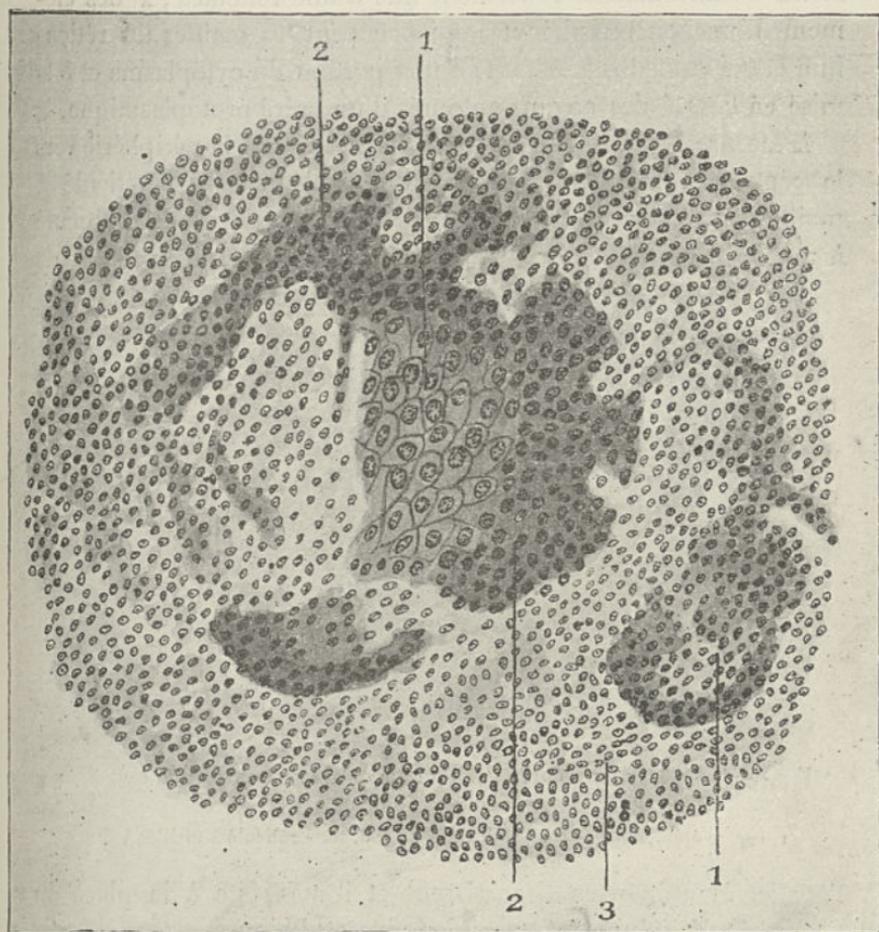


Fig. 91. — Portion de follicule clos jeune (amygdale de cheval de 20 ans).

1, 1, îlots épithéliaux ; 2, cytoplasma commun et granuleux à petits noyaux chromatiques ; 2', 2', transformation de ce cytoplasma commun et granuleux en protoplasma réticulé à hyaloplasma clair et abondant ; 3, 3, îlots de cytoplasma commun et granuleux.

dale, par exemple, on voit qu'il présente de bonne heure trois couches ou zones (fig. 91) : le *centre* (1) est constitué par des cellules épithéliales polyédriques ; la couche *moyenne* (2) montre des noyaux plus petits et très chromatiques réunis entre eux par

un cytoplasma commun, plein, et dans lequel apparaissent des filaments granuleux ; dans la couche *périphérique* (3) enfin, on distingue : 1° des cellules étoilées ou fusiformes dont les prolongements s'anastomosent et forment une trame réticulée ; 2° des éléments libres ou lymphocytes qui occupent les mailles du réticulum et qui sont dus à la fonte d'une portion du cytoplasma et à la mise en liberté des noyaux entourés d'un liséré protoplasmique.

A mesure que ce dernier processus s'étend de la périphérie vers le centre, la zone moyenne devient également tissu réticulé à mailles vides, tandis que le centre se transforme en tissu réticulé à mailles pleines d'abord, vides finalement. Avec les progrès de

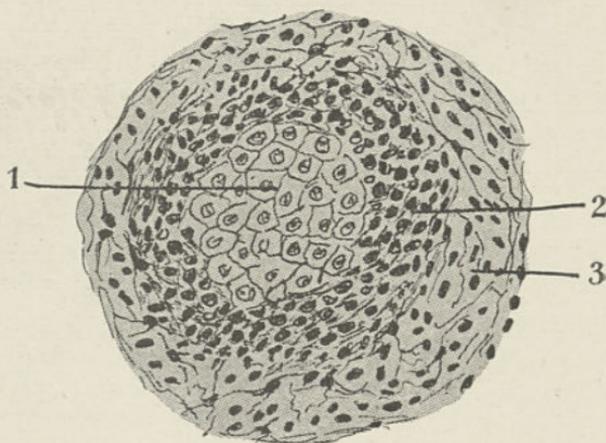


FIG. 92. — Bourgeon épithélial de l'amygdale se transformant en tissu réticulé ou follicule

1, centre épithélial ; 2, tissu réticulé plein ; 3, tissu réticulé à mailles vides.

l'âge les lymphocytes disparaissent et il ne reste à la place du tissu réticulé qu'une masse conjonctive ou fibreuse.

Dans d'autres régions tégumentaires, telles que la muqueuse qui recouvre le gland du pénis du Chien, par exemple, on observe les mêmes transformations sans qu'il se produise de véritables bourgeons épithéliaux. En effet, on voit (fig. 93) les cellules des couches profonde et moyenne de l'épithélium pavimenteux stratifié qui existe sur cet organe, subir, du derme vers la surface, les mêmes modifications que nous venons de décrire dans l'amygdale. A la couche profonde (3) ou *tissu réticulé à mailles vides*, fait suite, du côté superficiel, une couche réticulée à cytoplasma commun

(2) c'est-à-dire à mailles pleines. Cette dernière couche n'est recouverte, du côté de la surface, que par quelques assises de cellules épithéliales (1).

Les téguments du gland du chien sont un objet d'étude des plus favorables pour suivre cette évolution cellulaire, c'est-à-dire la transformation d'un épithélium ou tissu conjonctif réticulé. Les classiques expliquent tout autrement le développement de ce tissu, ainsi que son évolution ultérieure. Pour ce qui est des ganglions lymphatiques, ils admettent que les lymphocytes amenés par les vaisseaux afférents, restent dans les mailles du réticulum, s'y multiplient et ne quittent le ganglion que si le besoin s'en fait sentir. Ils ont vu des hématies dans les tissus ou cellules du ganglion et ils expliquent leur présence par la diapédèse ou le pouvoir phagocytaire des lymphocytes ou des macrophages.

A mon avis, la migration d'un lymphocyte qui n'a qu'un liséré protoplasmique de 1 ou 2  $\mu$  est un mythe. Il en est de même de son pouvoir phagocytaire.

Transportant cette hypothèse aux follicules clos tégumentaires ou au thymus, les classiques soutiennent que les lymphocytes s'accumulent dans le derme ou chorion des téguments, parce que le bourgeon épithélial fait office d'épine inflammatoire. Une fois là, les lymphocytes continuent à avancer jusqu'entre les cellules épithéliales, y creusent des trous et finissent par dévorer l'épithélium. C'est ainsi que prendraient naissance les organes lymphoïdes ou les tissus lympho-épithéliaux. Les lymphocytes feraient cette migration et cette destruction du revêtement épithélial pour arrêter et annihiler les microbes qui pourraient vouloir envahir l'organisme !

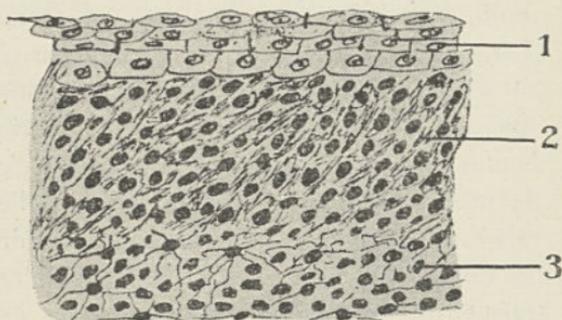


Fig. 93. — Portion d'un follicule (à son début) de la muqueuse glando-préputiale de chien.

1, épithélium ordinaire; 2, épithélium en partie hyperplasié; 3, quelques cellules épithéliales en voie de transformation.

Nous sommes loin d'avoir épuisé la liste des organes sanguiformateurs. Rappelons d'abord le fait singulier que les premières hématies se développent non pas dans le corps même de l'embryon mais dans la portion extra-embryonnaire du tube digestif, dans la *vésicule ombilicale*. Déjà au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, Gaspard Wolff découvrit les premiers germes vasculaires dans la vésicule ombilicale, sous la forme d'amas rouges, appelés dès lors *îlots de Wolff*. L'origine de ces îlots est la suivante, comme l'a montré mon maître Mathias-Duval : l'épithélium intestinal ou endoderme pousse des bourgeons qui se disposent en îlots ou en cordons, les uns et les autres constitués par une masse de protoplasma commun, c'est-à-dire non segmenté, parsemé de noyaux multiples. Les cellules centrales de ces cordons se chargent d'hémoglobine et se séparent les unes des autres pour devenir des hématies nucléées, tandis que les cellules périphériques se mettent bout à bout pour former la paroi vasculaire. En végétant et en s'étendant de proche en proche dans le corps de l'embryon, ces premiers vaisseaux produiraient tout l'arbre vasculaire, ainsi que les hématies du jeune être. A cet effet, les capillaires déjà existants émettraient des bourgeons protoplasmiques (*pointes d'accroissement*) qui se mettraient en rapport avec des pointes d'accroissement venues des capillaires voisins. Ces cordons protoplasmiques ainsi formés se creusent d'une lumière, c'est-à-dire qu'ils se canalisent pour constituer un nouveau réseau capillaire. Quant aux hématies, elles seraient dues au bourgeonnement, c'est-à-dire à la prolifération des cellules internes ou endothéliales des vaisseaux capillaires.

Dans le foie des embryons des Mammifères, longs de 8 à 11 millimètres, par exemple, on observe des groupes de cellules épithéliales dont les limites cellulaires sont peu accusées ou effacées et qui rappellent les îlots de Wolff; comme dans ces derniers, le corps cellulaire se charge d'hémoglobine, puis l'élément devient libre et devient une hématie nucléée.

Telle est l'origine des globules rouges à noyau. Mais bientôt cette forme disparaît et il n'y a plus dans le sang que des hématies sans noyau. D'où viennent ces dernières? Neumann découvrit, vers 1868, dans la moelle osseuse, des petites cellules analogues aux lymphocytes, c'est-à-dire à noyau volumineux et à petit corps cellulaire. Ces cellules se chargeraient d'hémoglobine pendant

que le noyau serait rejeté ou se résorberait. Mais comment les hématies anucléées peuvent-elles rentrer dans le torrent circulatoire? Les uns admettent que les capillaires de la moelle osseuse ne sont pas clos, d'autres supposent que les globules blancs jouant le rôle de phagocytes s'en emparent pour les transporter dans l'intérieur des vaisseaux sanguins.

Ranvier<sup>1</sup> a découvert dans le grand épiploon des jeunes chats et lapins des cellules à nombreux noyaux et à cytoplasma commun. Ces cellules contiennent de plus des globules rouges. Il les a appelées des *cellules vasoformatives*. Avec la technique que Ranvier a employée, il n'a pu reconnaître l'origine des globules rouges. Comme les classiques admettaient alors que le globule rouge est une cellule qui avait perdu son noyau, Ranvier suppose que le globule rouge est une production intraprotoplasmique. « Il serait comparable à la genèse des grains d'amidon dans les cellules végétales. »

Ranvier (*loc. cit.*, p. 633) s'est demandé cependant si les cellules et les réseaux vasoformatifs « ne seraient pas des portions du réseau vasculaire séparées du système général par l'atrophie des branches intermédiaires ». Ranvier écarte cette hypothèse que d'autres (G. et F. Hoggan, S. Mayer, Spuler, Vosmaer, etc.) soutiennent au contraire.

En 1899, j'ai étudié ces mêmes amas vaso-sanguiformatifs et j'ai conclu, avec Ranvier, qu'ils donnent naissance et aux hématies et à la paroi vasculaire. Ayant une notion erronée de la valeur de l'hématie anucléée, je ne pouvais songer à rechercher l'origine nucléaire de cet élément.

En 1901, j'ai montré par l'histogénèse et l'expérimentation que les ganglions lymphatiques fabriquent des lymphocytes qui se transforment en hématies anucléées.

Dans les conditions physiologiques, c'est-à-dire quand la circulation lymphatique est active, les lymphocytes sont versés immédiatement dans la lymphe, puis le sang. Mais lorsque la circulation lymphatique est lente (embryons ou dans les maladies chroniques) ou bien quand on retient par une ligature du vaisseau efférent, la lymphe dans le ganglion ou dans le tronçon attendant

1. *Technique*, 1875, p. 618 et suivantes.

de ce vaisseau, ces lymphocytes s'y transforment en globules rouges. Les ganglions lymphatiques sont donc à la fois formateurs de globules blancs et rouges.

Ces résultats m'ont porté à étudier la moelle osseuse, organe sanguiformatif par excellence, d'après les classiques. Mon attention s'est surtout fixée sur les cellules multinucléées, découvertes par Ch. Robin en 1849 et qu'il a appelées *myéloplaxes*. De nombreux histologistes ont étudié ces cellules et leur ont donné des noms divers; Virchow les a appelées *cellules géantes*; Kölliker, *ostoclastes*; Howell, *polycaryocytes*. Peu importe cette multiplicité de termes, retenons un fait capital vu, dès 1872, par Levschin: les cellules multinucléées de la moelle osseuse contiennent des hématies. On l'a confirmé de divers côtés, mais pour y expliquer la présence d'hématies, on a invoqué la nature phagocytaire des myéloplaxes.

J'ai été frappé<sup>1</sup> des analogies de structure et d'évolution des myéloplaxes et des îlots vaso-sanguiformatifs du grand épiploon, et, grâce à une technique appropriée, j'ai constaté que les noyaux centraux de ces myéloplaxes se transforment en hématies tandis que les périphériques élaborent la paroi vasculaire.

Restait à prévenir l'objection qu'on a faite à l'interprétation de Ranvier, c'est-à-dire que j'aurais pris pour myéloplaxes des tronçons capillaires résultant du morcellement atrophique de vaisseaux sanguins. J'ai eu la bonne fortune de découvrir une membrane due à la transformation d'un épithélium en tissu conjonctif. C'est la membrane circum-radulaire ou ligament dentaire. Dans ce tissu privé à l'origine de vaisseaux, puisqu'il dérive d'un épithélium, apparaissent des amas et des cordons multinucléés, de structure identique aux myéloplaxes. Dans ces derniers, il est facile sur des pièces fraîches fixées au formol et sur les coupes colorées à l'hématoxyline, puis à l'éosine et à l'orange, de voir, par l'observation directe, parmi les noyaux tous réunis par le cytoplasma commun et teints en violet ou en noir par l'hématoxyline, certains d'entre eux se colorer en rouge et présenter un contour violet et des granulations également violettes, éparses dans la masse rouge, et d'autres encore prendre l'éosine et l'orange avec la même avi-

1. *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, 16 juin 1917.

dité que les hématies libres dans les vaisseaux voisins. En un mot les noyaux des cordons nucléés à cytoplasma commun se changent en hématies. Par la fonte du cytoplasma, celles-ci deviennent libres.

Nous voyons donc l'épithélium interne de l'organe prédentaire non seulement se transformer en tissu conjonctif, mais encore produire des amas protoplasmiques à nombreux noyaux (*myeloplaxes* ou *cellules géantes*). Le cytoplasma de ces amas multinucléés demeure fort réduit et est basophile ; leurs noyaux, composés d'un bloc de chromatine, changent, surtout ceux qui occupent le centre de l'amas de constitution et fixent l'éosine et l'orange comme les hématies. C'est ainsi que l'amas multinucléé se transforme en un organe creux, rempli d'hématies et entouré d'un anneau nucléé. Cet organe creux se mettant en relation avec les vaisseaux voisins, fera partie du système vasculaire qui, avec les progrès de l'âge, s'étend jusqu'au cortical osseux et même dans son intérieur, comme chez le Bœuf.

Il n'est pas de question plus discutée que celle de l'origine des éléments figurés du sang, leucocytes et hématies. Aussi, au risque de nous répéter, allons-nous résumer les opinions.

Un premier point est à élucider : les globules blancs sont-ils des cellules entières et descendent-ils d'une espèce, d'une souche distincte des autres cellules faisant partie d'un complexe tissulaire ? Les classiques l'admettent implicitement, sans se prononcer nettement. A mon avis, tous les globules blancs descendent de cellules qui, pour devenir libres, perdent, par fonte protoplasmique, la portion périphérique ou corticale de leur corps cellulaire.

Les lymphocytes et les leucocytes à protoplasma hyalin se produisent *normalement* dans les ganglions lymphatiques, les follicules clos tégumentaires, la rate. Mais à l'état pathologique, ces organes seraient capables de donner naissance à des leucocytes granuleux, comme la moelle osseuse, d'où le nom de *myelocytes* donné à ces leucocytes granuleux.

Nombre d'histologistes admettent, il est vrai, qu'un lymphocyte peut acquérir un corps cellulaire plus volumineux et se charger de granulations. Ce fait me paraît peu probable. A mon avis, les organes dont les cellules ont un protoplasma granuleux, produisent des leucocytes granuleux ; ceux dont le cytoplasma est hyalin, des leucocytes non granuleux.

Quant aux globules rouges ou hématies, il faut distinguer les hématies nucléées et les hématies anucléées. Les hématies nucléées prennent naissance dans tous les organes de l'embryon, tant que celui-ci ne dépasse pas la taille de 1 ou 2 centimètres. Les premières hématies se développent aux dépens des cellules épithéliales (îlots de Wolff et bourgeons endodermiques). Ce processus se poursuit dans le foie de l'embryon.

Pour ce qui est des hématies anucléées, on a été unanime, jusque dans ces derniers temps, à soutenir qu'elles dérivent de cellules à noyau, dont le corps cellulaire se charge d'hémoglobine, dont le noyau s'atrophie et se résorbe ou bien est expulsé. Par l'expérimentation j'ai pu montrer, il y a plus de vingt ans que c'est le noyau qui devient hémoglobique et que c'est le corps cellulaire qui disparaît par fonte. Le fait a été confirmé récemment. L'étude des cellules multinucléées de la moelle rouge, du grand épiploon des jeunes Mammifères, de la membrane circum-radulaire des dents a donné des résultats concordants. Autre fait plus intéressant : pour les classiques, les hématies sont toujours d'origine conjonctive ou mésodermique. Dans la membrane circum-radulaire, les îlots vaso-sanguiformatifs se développent aux dépens de bourgeons épithéliaux. Donc chez l'adulte, comme chez l'embryon, les hématies peuvent provenir de cellules épithéliales.

*En résumé*, le sang est un fluide qui est l'intermédiaire entre le milieu extérieur et les tissus. Il résulte de l'union des matériaux venus du dehors et de la fluidification des éléments vivants. La fluidification des cellules n'est pas totale, dans le principe, puisque les noyaux nus ou entourés d'un mince corps cellulaire continuent à faire partie intégrante du sang sous la forme de globules rouges ou blancs.

Le sang n'est pas l'origine de la vie, puisque le jeune être commence à se développer en l'absence de tout élément sanguin. Le sang n'apparaît que quand les cellules et leurs dérivés commencent à constituer une colonie nombreuse qui a besoin d'échanges très actifs avec le milieu extérieur (aliments liquides et oxygène de l'air).

Pour produire le plasma sanguin, une partie du protoplasma encore vivant se fluidifie et est versée dans la lymphe et le sang. C'est ainsi que le sang acquiert une certaine vitalité.

On le voit, le sang, et je ne parle que des éléments (plasma,

hématies et leucocytes) qui sont fournis par l'organisme lui-même, est produit par nombre d'organes. Il est des histologistes qui ont considéré la transformation hémoglobique comme une dégénérescence. C'est une façon de parler qui est en contradiction avec l'expérience journalière. Plus un organisme est bien nourri, plus il fait de l'exercice et qu'il vit au grand air, plus ses hématies sont nombreuses et chargées d'une hémoglobine pouvant fixer davantage d'oxygène. Nous sommes donc à même, par notre manière de vivre et le régime que nous suivons, de déterminer la quantité et la qualité de nos hématies. C'est là le point capital au point de vue de la santé et que le médecin ne doit jamais perdre de vue.

Aussi est-il intéressant de faire la revue rapide des opinions que nos devanciers et le peuple avaient du sang.

La couleur du sang, les accidents graves, parfois mortels qui surviennent après des pertes notables de sang n'ont pas manqué de frapper l'homme primitif. Les Anciens attachaient au sang une importance capitale.

Chez les Hébreux, le sang passait pour la substance vitale par excellence. Moïse défend de manger le sang, parce que « le sang est l'âme et, pour ce motif il ne faut pas manger l'âme avec le sang... La vie du corps est dans le sang aussi longtemps que le corps est vivant... » Chez les Israélites, on versait le sang pour l'offrir en holocauste à la Divinité.

Chez les Grecs, nous retrouvons des opinions analogues. Pour Aristote, le sang est l'élément vital, le principe de toutes les parties du corps.

Selon Aristote, « les animaux très charnus ont des veines plus petites et le sang plus rouge... Le sang est l'élément le plus nécessaire et le plus commun... Tout le sang est renfermé dans des vaisseaux qu'on appelle les veines, et il ne s'en trouve absolument nulle part ailleurs, si ce n'est que dans le cœur tout seul...

« Le sang se produit d'abord dans le cœur, avant même que le reste du corps ne soit complètement formé...

« Selon les âges, le sang est différent en quantité et en qualité. Dans les sujets très jeunes, il est lymphatique et en quantité plus forte; dans les vieux, il devient épais, noir et peu abondant. Chez les sujets, qui sont dans la force de l'âge, il est entre les deux. Le sang des vieillards se coagule vite, même quand on le prend à la

surface du corps. Chez les sujets jeunes, ce phénomène ne se produit pas. La lymphe est un sang qui n'a pas de coction, soit qu'il ne l'ait pas encore reçue, soit qu'il se soit tourné en sérosité. »

Ces théories médicales ont régné pendant des siècles et continuent à être partagées par le grand public.

Harvey, par exemple, qui a découvert, vers 1628, la circulation, regardait le sang comme la source de l'existence et de la vie. Riolan écrivait à la même époque : « le sang nourrit le corps, crée et restaure les esprits animaux... Le sang est une humeur nourrisnière, principe de notre vie et qui l'entretient... On tient pour très certain que la masse du sang est composée de quatre humeurs, bile, pituite, humeur mélancolique et celui qu'on appelle vrai sang qui est en plus grande partie que les trois autres et les comprend en soi si bien unis et mêlés qu'on ne les peut trouver séparés que dans les maladies... Il faut encore observer dans la masse du sang un esprit, soit naturel, soit vital, qui entre dans sa composition, lequel il peut corrompre seul dans les fièvres malignes et pestilentiennes, sans que la masse du sang soit gâtée. »

Selon Bossuet, qui reflète l'opinion régnante du xvii<sup>e</sup> siècle, le sang était une liqueur « mêlée dans toute sa masse de beaucoup d'autres liqueurs, telle que la bile et les sérosités... Le sang s'échauffe beaucoup dans le cœur et cette chaleur entretient la vie. Car d'un sang refroidi, il ne s'engendre plus d'esprits; ainsi le mouvement cesse et l'animal meurt... Les esprits sont la partie la plus vive et la plus agitée du sang. »

Mais d'où vient le sang? Hippocrate, Platon, Aristote pensaient que le sang était engendré par le cœur. Pour Galien, c'est le foie qui fabriquait le sang qui est porté par la veine porte dans les organes. Vésale, Columbus, Carpus, Bauhin, etc., tout en se rangeant à l'avis de Galien, étaient enclins à penser que les veines prenaient également part à la formation du sang. « L'action du foie, dit Ambroise Paré, est de tourner le chyle en sang. »

Pendant l'influence des aliments sur la fabrique du sang n'échappa point aux observateurs. En s'animalisant par la digestion, les aliments réparent les pertes que le corps fait par l'usage de la vie. Aussi Rabelais a-t-il énoncé nettement la proposition que les aliments fournissent les matériaux nécessaires au foie pour en faire du sang.

Voici en quels termes, Rabelais<sup>1</sup> décrit la nature et l'origine du sang :

« La vie consiste en sang ; sang est le siège de l'âme ; pourtant un seul labour poine (peine) en ce monde, c'est forger sang continuellement. En cette forge sont tous membres en office propre. Sa matière et métal convenable pour être en sang transmué est baillé par nature, pain et vin. En ces deux sont comprises (comprises) toutes espèces des aliments... »

Après avoir suivi les aliments dans l'estomac et l'intestin, Rabelais ajoute :

« Les veines méseraïques en succent ce qui est bon et idoine, délaissent les excréments... puis la portent au foye ; il la transmue derechef et en fait sang. »

Outre le foie, Riolan<sup>2</sup> considère la rate comme un organe sanguiformateur. « La rate contribue à la sanguification, voire même que parfois c'est elle toute seule qui fait le sang durant les maladies du foye. »

Après la découverte des chylifères, on admit que le sang provient du chyle. *Conficit sanguinem ex chylo*, écrit Bartholin en 1684.

Le sang était, pour les anciens, l'une des quatre humeurs dont chacune avait un siège distinct : ils plaçaient la *pituite* dans le cerveau, la *sang* dans le cœur, la *bile jaune* dans le foie et la *bile noire* dans la rate. Le mélange convenable de ces humeurs faisait la santé. Le sang prévalait dans la jeunesse. La maladie était due à l'une des quatre humeurs.

Ces doctrines portèrent les anciens médecins à pratiquer la saignée. On attribuait la maladie et la fièvre au mélange disproportionné des humeurs ; par la saignée, on espérait empêcher les humeurs et les esprits de se fixer dans l'organe enflammé.

Les humeurs étaient viciées ; il fallait en dépouiller l'organisme pour faire naître un sang moins impur. La saignée était dite une purgation.

Pour chasser les humeurs, on saignait ; un seul exemple : pendant les dix derniers mois de la vie de Louis XIII, on le saigna 47 fois, et on lui administra 215 médecines et 210 lavements.

Telles étaient les opinions des anatomistes et des médecins ;

1. *Œuvres*. Pantagruel, livre III, chap. iv.

2. *Anthropographie*, liv. II, p. 334, 1629.

mais le grand public lui aussi avait la sienne sur les vertus du sang : c'est le sang qui transmet aux enfants les qualités, les défauts ou les vices des parents. C'est dans le sang qu'on plaçait le courage et l'héroïsme : « A son côté dextre, lit-on dans le *Journal de Paris* de 1431, estoit tout le sang de France, c'est assavoir tous les grands seigneurs de France. »

En définissant le sang « chair coulante », Bordeu indique que le sang emprunte aux organes et aux muscles en particulier quelques-unes de leurs propriétés. En appelant le sang « fluide nourricier », Cuvier reprit l'idée des anciens médecins.

Le sang communique ses principes aux organes et « le sang noir, dit Bichat, reçoit ce que l'autre a perdu. Il reçoit en effet : 1° la lymphe ; 2° le chyle et tous les produits de désassimilation. Le sang noir est, pour ainsi dire, un réservoir général où est versé en premier lieu tout ce qui doit sortir du corps ou tout ce qui y entre. »

Bordeu admettait que le sang était un composé de toutes les humeurs animales ; le sang, c'était la *chair coulante*. Selon J. Hunter, le sang est la partie de l'ensemble, sans laquelle la vie ne commencerait ni ne serait continuée... La vie est donc conservée par la réunion de ces deux éléments (sang et corps) et un animal n'est point parfait sans le sang...

En 1828, Davy écrivait encore : « Le sang est un fluide mystérieux. » Quant aux globules rouges qui avaient déjà été découverts par Malpighi vers 1680, ils passèrent pour des éléments « qui n'importaient guère », jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, où l'on montra qu'ils étaient les agents de la respiration.

Aussi Cl. Bernard envisagea-t-il le sang comme une atmosphère intérieure et liquide, comme un milieu dans lequel vivent tous nos organes : c'est dans ce milieu qu'ils puisent les substances nécessaires à leur nutrition ; mais c'est là aussi qu'ils rejettent leurs produits excrémentitiels ; il n'y a donc pas à proprement parler de sang pur et de sang impur, mais un sang plus ou moins riche ou pauvre en produits utiles.

« Le plasma du sang, c'est-à-dire le liquide dépouillé de ses globules rouges, est le liquide général de l'économie ; il comprend la lymphe, le chyle et tous les liquides interstitiels. »

## CHAPITRE XVI

### ORGANES A SÉCRÉTION INTERNE

Pendant des siècles on a attribué à chaque organe une fonction propre et l'ensemble de l'organisme était considéré comme une association de parties ou d'instruments contribuant chacun à la conservation de l'individu ou de l'espèce, sans exercer aucune influence spéciale sur les autres organes.

En montrant que la cellule hépatique élabore, outre la bile, du glycogène, Cl. Bernard a découvert un fait d'une portée énorme : le glycogène, transformé en glycose et versé dans le sang, concourt au bon fonctionnement de tout l'organisme.

Le pancréas exerce une action analogue sur la nutrition générale ; non seulement il fournit le suc pancréatique servant à la digestion des matières alimentaires, mais il agit sur la nutrition générale, car l'ablation du pancréas entraîne le diabète.

Les glandes génitales (ovaire et testicule) produisent, outre l'ovule et les spermatozoïdes, un suc ou plasma qui, passant dans le sang, circule dans les divers tissus et exerce sur ces derniers une influence telle qu'ils prennent des caractères distinctifs<sup>1</sup> (mâles ou femelles).

Nous avons vu des organes, tels que le thymus, la bourse de Fabricius, les amygdales, les ganglions lymphatiques, etc., élaborer du plasma, des globules rouges et blancs qui sont versés dans la lymphe et le sang. Or, ces organes atteignent leur plus grand développement pendant la période de croissance de l'indi-

1. Voir Retterer et S. Voronoff, *La glande génitale mâle et les glandes endocrines*, Paris, Doin, 1921.

vidu. La croissance achevée, les uns s'atrophient, tandis que les autres s'acheminent vers un état qui dénote une lente régression.

Le microscope seul a été impuissant à nous éclairer sur les diverses fonctions des organes précédents, c'est-à-dire à nous renseigner sur les organes à sécrétion interne.

L'expérimentation en a pu donner la preuve définitive ; il est vrai que l'étude au microscope précise les modifications cellulaires et structurales que subissent les éléments des glandes à sécrétion interne. N'oublions cependant pas que les anciens avaient senti les fonctions de certains de ces organes, puisqu'ils désignaient les ganglions lymphatiques, la rate, le thymus, les amygdales, etc., sous le nom de glandes, mais croyant à un produit de sécrétion versé en dehors de l'organisme, ils s'évertuèrent à en chercher les conduits excréteurs.

Outre les organes précités, il en existe d'autres qui ont toutes les apparences de glandes et qui sont également privés de conduits excréteurs.

Telles sont la glande thyroïde, la capsule surrénale, la glande pituitaire ou hypophyse, etc.

Le microscope nous montre dans la thyroïde des cellules épithéliales revêtant des vésicules closes dont la lumière contient une substance colloïde. Ces cellules sont d'origine épithéliale.

La capsule surrénale et la glande pituitaire sont, au contraire, constituées par deux portions ou substances dont l'une est de provenance épithéliale, tandis que l'autre dérive d'éléments nerveux. On arrive aisément à distinguer, au microscope, ces deux sortes de substances, mais l'examen microscopique ne pourra que nous renseigner sur la structure normale ou les altérations pathologiques de ces organes. Aussi me semble-t-il inutile d'insister davantage sur les détails descriptifs, tant que l'expérimentation n'aura pas élucidé le processus qui préside à l'élaboration des produits de sécrétion de ces organes.

---

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

---

La matière vivante ou protoplasma est un composé de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de soufre, dans lequel entrent dans des proportions infinitésimales du phosphore et des éléments minéraux (calcium, manganèse, etc.). Ce composé fait partie des substances albuminoïdes et a une constitution très instable, car pendant la vie certains de ses éléments sont constamment en voie d'élimination, pendant qu'ils sont remplacés par d'autres qui viennent du dehors.

Chez tous les organismes, le protoplasma débute à l'état de petites masses, individualités ou cellules de quelques centièmes de millimètre, formée chacune d'un centre de 5 à 7  $\mu$ . en moyenne (*noyau*) et d'un corps cellulaire ou cytoplasma. Pour donner naissance à un organisme multicellulaire, la cellule primitive se multiplie en se divisant en deux moitiés égales, et chaque moitié de noyau et de cytoplasma produit une nouvelle cellule. Ces jeunes cellules font de même, mais restent réunies entre elles pour constituer les tissus. La division cellulaire semble provoquée par l'entrée abondante d'éléments étrangers qui produisent un protoplasma clair, hyalin ou *hyaloplasma*. L'*hyaloplasma* s'infiltré entre la partie figurée et granuleuse du protoplasma, et l'expansion ou tension excentrique qui se produit divise la partie figurée en travers et en long. Les segments sont portés ensuite sous la même influence moitié vers le pôle supérieur, moitié vers le pôle inférieur de la cellule. Le cytoplasma se groupe autour de chacune des deux moitiés qui forment deux nouvelles cellules.

Lorsque la division se fait sur une cellule riche en protoplasma figuré, les phénomènes de scission transversale et longitudinale

donnent naissance à des images caractéristiques, faciles à mettre en évidence grâce à l'orientation des segments chromatiques. Mais quand la division se passe dans des cellules pauvres en protoplasma figuré et qu'elle s'effectue très rapidement (cellules glandulaires de la mamelle, etc.), les stades successifs ne peuvent être suivis et nous ne voyons que le résultat, c'est-à-dire deux noyaux dans une cellule, puis la disparition par fonte de l'une des cellules qui est la superficielle.

A mesure que se poursuivent les divisions cellulaires, les cellules qui limitent le jeune organisme se disposent en assises et en couches juxtaposées et souvent superposées. C'est ainsi que se développent les *épithéliums*. Ceux qui subissent la dessiccation et l'action mécanique des corps étrangers durcissent et se transforment, dans leurs assises superficielles, en couches *cornées*, aptes à protéger l'organisme contre le milieu extérieur ou à former des organes défensifs ou offensifs. Les épithéliums qui servent aux échanges avec le milieu extérieur, s'aplatissent en une pellicule mince (poumon) ou bien se disposent en éléments allongés (intestin) qui restent constitués de protoplasma mou.

D'autres cellules épithéliales élaborent des fluides destinés à modifier les aliments : elles apparaissent isolément sur les membranes épithéliales ou bien se multiplient pour constituer des tubes simples ou ramifiés qui se prolongent dans les tissus sous-jacents, mais continuent la plupart à déboucher, par le conduit qui leur a donné naissance, à la surface de la membrane épithéliale dont ils procèdent. Toutes les glandes *ouvertes* rentrent dans cette catégorie.

Les cellules qui sont sous-jacentes aux membranes épithéliales subissent des modifications plus profondes. Pour constituer les tissus résistants, leur protoplasma édifie des fibrilles inextensibles (conjonctives), exemples : les tendons, les aponévroses, les ligaments, le derme des membranes tégumentaires. Pour former des tissus qui facilitent le glissement des organes, et qui contiennent les vaisseaux sanguins, une partie du protoplasma se fluidifie, tandis que les restes cellulaires persistent à l'état d'éléments étoilés et anastomosés (*tissu réticulé*).

Quant aux organes de soutien ou squelette proprement dit, ils résultent la plupart de l'élaboration, aux dépens des couches péri-

phériques du protoplasma, d'une substance dense et compacte qui s'accumule entre les portions centrales des cellules. Le cartilage hyalin et l'os doivent à ce processus leur origine. Mais les cellules cartilagineuses ou osseuses continuent à exercer leur influence sur ces substances intercellulaires, car si les cellules s'atrophient, les substances intercellulaires ne tardent pas à se résorber.

Les cellules qui sont préposées à changer les rapports des autres parties de l'organisme se transforment en éléments *musculaires lisses* ou *striés*. Les muscles lisses restent à l'état de cellules fusiformes, tandis que les muscles striés prennent la figure de colonnettes de protoplasma commun à nombreux noyaux. Dans le protoplasma musculaire, on distingue encore une portion *amorphe* (sarcoplasma) et une portion *figurée* (myofibrilles).

Plus la contraction est intense et énergique, plus le sarcoplasma est abondant. C'est donc ce dernier qui est l'élément *contractile*, tandis que les myofibrilles n'ont que le rôle d'éléments *élastiques*.

Les impressions du monde extérieur se font sur les cellules épithéliales. Pour réagir sur le monde extérieur, les cellules épithéliales se mettent en rapport directement, par un prolongement, avec les muscles ou bien elles envoient dans la profondeur de l'organisme des colonies de cellules épithéliales qui reçoivent les impressions et les modifient pour agir secondairement sur les muscles.

Telle est l'origine du *système nerveux* qui n'est que l'ensemble de ces colonies cellulaires et de leurs prolongements dont les uns sont reliés aux organes récepteurs des impressions, et, les autres, aux muscles.

Les *organes des sens* sont des parties localisées du système récepteur des impressions; les unes servent à nous rendre compte de la température, de la pression, etc.; les autres, des qualités des aliments; d'autres, de l'odeur des objets; d'autres, des vibrations des corps; d'autres, enfin, des impressions de la lumière.

Pour fonctionner, les éléments qui composent nos divers organes ont besoin de la présence constante de l'oxygène et de fluides nutritifs. Le poumon assure l'arrivée de l'oxygène et l'appareil circulatoire (lymphatiques et vaisseaux sanguins) distribue partout les matériaux nutritifs.

Les éléments qui se chargent d'oxygène sont des cellules ou

noyaux *transformés* en petites masses hémoglobiques ou hématies. De nombreux organes deviennent vaso-sanguiformateurs par le fait que leurs cellules ou leurs noyaux deviennent libres par fonte d'une portion protoplasmique et par transformation hémoglobique du reste cellulaire.

Les déchets qui résultent de la désassimilation sont éliminés au niveau du poumon (eau et acide carbonique) et par les reins (eau, urée, éléments minéraux).

Tous les êtres vivants ont une durée limitée. Pour assurer la continuité de l'espèce, c'est-à-dire de la vie à la surface du globe terrestre, certaines cellules se détachent de l'organisme et se multiplient pour former un être semblable à ce dernier (*parthénogénèse* des pucerons). Le plus souvent, il faut le concours de deux organismes de la même espèce : l'un (femelle) fournit une cellule (ovule) à laquelle se réunit une cellule provenant d'un autre individu (mâle) de la même espèce. L'ovule ainsi fécondé est capable de se développer en un organisme semblable aux parents.

Ce n'est pas tout. Les nombreux éléments (plasmas, fibres ou cellules) qui constituent un être vivant ne vivent pas à part, chacun d'une vie isolée. Ils réagissent les uns sur les autres, de façon que tous se modifient pour pouvoir concourir à un but commun. Lorsque le testicule édifie le spermatozoïde, il élabore en même temps une substance qui passe dans le sang, imprègne le système nerveux et les muscles pour inciter l'être à placer les spermatozoïdes et à lui donner les forces nécessaires à l'acte. Il en va de même pour le type féminin.

Cette influence que les glandes génitales exercent sur les autres organes par la sécrétion de certains plasmas et leur distribution dans le corps est connue sous le nom de *sécrétion interne*. D'autres glandes, telles que la thyroïde, ont une action analogue : l'ablation du corps thyroïde est suivie de la dégénérescence du système nerveux.

Telle est la structure et l'évolution de l'organisme qui se développe dans les conditions normales ou physiologiques. Mais lorsque les conditions sont défavorables, que deviennent les cellules et les tissus? Nos renseignements sont bien rares, bien incomplets sur ce point. Nous savons qu'une jeune plante cultivée dans l'obscurité s'allonge plus, mais reste plus frêle qu'une autre qui

croît en plein soleil. Les végétaux qu'on cultive dans une atmosphère imprégnée de vapeurs d'alcools dépérissent et meurent. Les enfants qui respirent un air confiné et qui se nourrissent insuffisamment, deviennent la proie du microbe de la tuberculose (lymphatisme, tumeurs blanches). Les adultes qui travaillent dans les ateliers et qui font donc de l'exercice physique sont atteints également d'affections tuberculeuses, surtout si l'alimentation laisse à désirer et s'ils abusent des boissons fermentées. Il faut se demander quel est l'état de leurs tissus, la structure de leurs cellules. On a l'habitude de dire que celles-ci sont moins résistantes. Mais il s'agirait de déterminer les causes de cette moindre résistance, ce qui n'a pas été fait, que je sache du moins.

Bien plus, nous ignorons l'état et la structure des cellules glandulaires qui, comme celles de l'estomac, sécrètent un suc gastrique affaibli, c'est-à-dire incapable de transformer les albuminoïdes en peptones. L'expérience nous a appris que l'exercice au grand air est le meilleur moyen de donner au suc gastrique ses qualités digestives. Nous avons vu que le tissu osseux prend une structure différente chez les animaux qui font des mouvements et chez ceux dont les os sont inactifs. Il en va de même pour les cartilages qui revêtent les extrémités articulaires. Les muscles eux-mêmes changent, dans ces conditions, de structure.

Voilà à quoi se bornent les notions histologiques que nous possédons sur l'influence que les facteurs physiques ou mécaniques exercent sur la structure de nos tissus et de nos organes. On en est encore à la formule de Lamarck (début du XIX<sup>e</sup> siècle) qui concluait de ses observations : l'exercice développe les organes, le manque d'emploi les atrophie. Quant à la transformation d'une cellule en une cellule d'une autre espèce, je ne connais pas d'historien qui l'admette ; tous ne parlent que de *substitutions cellulaires* avec autant de conviction que Cuvier invoquait les substitutions d'espèces animales pour expliquer la succession des êtres vivants à la surface de la terre. Et cependant l'histologie comparée, comme nous l'avons dit (p. 75), montre que des organes homologues, tels que les ménisques articulaires, les sésamoïdes, existent à l'état *fibreux*, lorsqu'ils ne subissent que la traction et peu de pression ; mais qu'ils deviennent *cartilagineux* ou osseux dans les points où les frottements et la pression exercent leur action.

L'hérédité, le milieu ambiant, les circonstances variées où vivaient les animaux auraient été les facteurs de la transformation des organismes, c'est-à-dire de la formation des diverses espèces animales. Malheureusement on n'a jamais réussi par l'expérimentation à en donner la preuve et on continue à répéter avec Serres que l'organogénie des Vertébrés supérieurs, par exemple, n'est qu'une répétition des états où persistent les Vertébrés inférieurs. Les extrémités des membres passeraient ainsi par les stades de nageoires, d'ailes, puis celles de pattes et enfin deviendraient, chez les Singes et l'Homme, des mains. L'étude du squelette des embryons de Mammifères (ongulés, onguiculés et homme) montre qu'il n'en est rien. L'ontogénie n'est pas une simple récapitulation de la phylogénie. Cette formule n'a trait qu'aux apparences ; elle ne tient aucun compte du milieu, et, en ce qui concerne les organes de soutien, du facteur mécanique.

L'exemple suivant est démonstratif. Les poissons ont des dents comme la plupart des Mammifères. Chez la plupart des poissons la couche d'émail est si mince que les histologistes les plus distingués en nient l'existence. Il est cependant un poisson osseux, le Sargue qui non seulement a des dents de forme variée, distinguées par Cuvier en incisives et molaires, mais ces dents sont revêtues d'une épaisse couche d'émail, décrites et figurées par Ch. Tomes.

Le Dauphin, au contraire, supérieur, en tant que mammifère, aux poissons, a des dents à peu près toutes semblables et la couronne pointue de ces dents homodontes a un revêtement d'émail dont l'épaisseur ne dépasse pas  $0^{\text{mm}},03$  à  $0^{\text{mm}},04$ . Il ne s'agit donc pas d'une vaine répétition. Les dents débutent chez le Sargue et le Dauphin, à l'état d'ébauches identiques et la papille produit de l'ivoire. Cet ivoire ne se transforme qu'en une mince couche d'émail chez le Dauphin qui ne se sert de ses dents que pour saisir la proie et l'avalier sans la triturer, tandis que le Sargue se nourrit de Mollusques dont il broie les valves avant de les avaler.

Les dents du Veau qui ne boit que du lait ne sont recouvertes que d'une mince couche d'émail, alors que celles du Bœuf ont un émail épais de 1 millimètre à  $1^{\text{mm}},5$ .

Il s'agit, non pas d'une adaptation, mais d'une transformation de tissu.

Il ne suffit pas de noter les différentes phases de développement

d'un organe et la différence que présente un seul et même organe dans la série des êtres pour en connaître la structure et la nature. En disant que les cellules *se différencient* ou *s'adaptent*, nous ne faisons qu'exprimer le résultat apparent, sans déterminer le facteur de cette différenciation ou de cette adaptation. Les cellules épithéliales de la ligne latérale des Poissons, celles de la langue des Mammifères se différencient en cellules de soutien et en cellules sensorielles (gustatives); comment cela se fait? Les cellules épithéliales de la région olfactive se différencient en cellules olfactives et en cellules épithéliales ordinaires; ce sont là de belles formules qui ne nous apprennent pas grand'chose sur la cause.

Les anciens zoologistes et les physiologistes admettent des lois *préétablies* qui règlent la structure du protoplasma, la succession et la régularité des phénomènes. Mais nous avons vu que le protoplasma change de structure (tissu conjonctif, cartilage, os ou tissu musculaire) selon l'intensité ou la répétition des excitations. Par conséquent, les manifestations phénoménales varieront avec ce changement de structure. Nous avons vu que R. y Cajal a montré qu'une cellule nerveuse qui a travaillé a une structure différente de celle qui a été au repos prolongé. Et la cellule cérébrale des animaux *intelligents* a-t-elle même structure que celle des brutes? J'ai extrait du crâne, avec mon maître Georges Pouchet, à Vardoe en Norvège, un encéphale de baleine (Balénoptère); le cerveau de cet animal est aussi gros qu'une tête humaine et cependant les baleines sont si stupides qu'elles n'ont pas encore appris à connaître et à éviter le bateau à canon ou baleinière qui leur décoche des boulets. Le moineau ou le corbeau à cerveau si minime est plus avancé, il sait se garer du chasseur et de son fusil. Que se passe-t-il dans une cellule cérébrale qui observe et réfléchit? Quels sont les changements de structure qui s'y opèrent? Jusqu'à présent, nous sommes à cet égard dans une ignorance à peu près complète.

Nous l'avons déjà dit, l'hérédité fixe et transmet non seulement les propriétés du protoplasma ancestral, mais encore les caractères acquis. En ce qui concerne l'espèce humaine, il serait du plus haut intérêt d'établir la structure et le développement que présentent les cellules cérébrales chez les races inférieures, d'une part, chez l'homme civilisé, d'autre part. Ce fait nous mettrait à même

de comprendre et d'expliquer l'évolution de l'homme primitif et les étapes qu'il a parcourues depuis qu'il a cessé d'errer dans les bois ou d'habiter des cavernes.

Si nous ignorons comment a pris naissance la première cellule, le protoplasma en un mot, il nous est donné d'étudier ses changements de forme et de structure sous l'influence des facteurs externes et internes. Il n'est pas de *loi préétablie* qui règle la configuration et la constitution du protoplasma et, par suite, les manifestations phénoménales. Mais il est certain que le protoplasma se transforme sous des influences diverses, et, grâce à l'expérimentation, on arrivera un jour à suivre pas à pas les modifications de structure non seulement des cellules végétatives, mais encore celles des éléments cérébraux. Jusqu'à présent on a attribué la succession et l'évolution des êtres vivants soit à une puissance créatrice soit à la fatalité des forces physiques ou chimiques. A mon avis, les choses se passent autrement : la matière vivante, une fois née, obéit à une loi qui me semble supérieure et plus intelligente que toutes les lois mécaniques, physiques ou chimiques et que nous ne trouvons pas dans les œuvres humaines : non seulement, elle se laisse modeler selon les circonstances, comme nous faisons de l'argile entre nos doigts, mais elle change de structure et de nature avec l'intensité ou la répétition des excitations, de telle sorte que ses propriétés et ses manifestations phénoménales deviendront également différentes avec le temps. Les êtres vivants et surtout l'homme sont libres de choisir la marche ascendante du progrès ou la pente qui mène fatalement à la déchéance protoplasmique. La matière vivante est ainsi faite, elle est si malléable, elle se transforme de telle sorte sous l'influence des facteurs externes et internes, que l'Homme est le maître, l'arbitre de l'évolution de son corps, de son perfectionnement ou de sa dégénérescence.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
PRÉFACE. . . . .	7
INTRODUCTION. . . . .	17

## CHAPITRE PREMIER

### CELLULE

A. Forme et aspect. . . . .	27
B. Composition. . . . .	33
C. Structure. . . . .	34
D. Division ou multiplication cellulaire.. . . .	35
E. Division directe ou amitotique. . . . .	41

## CHAPITRE II

ORIGINE DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX ET FORMATION DES ORGANES. . . . .	46
--	----

## CHAPITRE III

ÉPITHÉLIUMS.. . . .	51
---------------------	----

## CHAPITRE IV

TISSU CONJONCTIF.. . . .	54
Tissu élastique. . . . .	60

## CHAPITRE V

### CARTILAGE ET OS

A. Cartilage. . . . .	62
B. Os. . . . .	63
C. Ossification. . . . .	67
D. Relations génétiques entre les tissus conjonctif, cartilagineux et osseux.. . . .	70
D <sup>r</sup> RETTERER. . . . .	10

## CHAPITRE VI

## MUSCLES

A. Muscles lisses. . . . .	73
B. Muscles striés. . . . .	75

## CHAPITRE VII

## VAISSEAUX

A. Capillaires. . . . .	80
B. Artères. . . . .	81
C. Veines. . . . .	83
D. Vaisseaux lymphatiques. . . . .	83

## CHAPITRE VIII

## SYSTÈME NERVEUX

A. Cellule nerveuse. . . . .	85
B. Rapports des cellules nerveuses entre elles ou avec les autres tissus. . . . .	90

## CHAPITRE IX

MEMBRANES TÉGUMENTAIRES. . . . .	99
----------------------------------	----

## CHAPITRE X

PEAU OU TÉGUMENT EXTERNE. . . . .	105
-----------------------------------	-----

A. Origine et rapports du tissu conjonctif et du revêtement épithé- lial. . . . .	107
B. Organes annexes de la peau. . . . .	109

## CHAPITRE XI

## MUQUEUSE DIGESTIVE OU TÉGUMENT INTERNE

A. Cavité buccale, pharynx et œsophage. . . . .	115
B. Estomac et intestin. . . . .	115
C. Glandes du tube digestif. . . . .	116
D. Pancréas. . . . .	121
E. Foie. . . . .	122
F. Poumon. . . . .	126

## CHAPITRE XII

DENTS. . . . .	128
----------------	-----

CHAPITRE XIII  
ORGANES GÉNITO-URINAIRES

A. Reins. . . . .	147
B. Ovaire et testicule. . . . .	152
C. Transformation de la spermatide en spermatozoïde. . . . .	160
D. Fécondation. . . . .	160
E. Voies génitales. . . . .	165
F. Organes génitaux externes. . . . .	166

CHAPITRE XIV  
ORGANES DES SENS

A. Nerfs cutanés ou sous-cutanés. . . . .	168
B. Nerfs et organes du goût. . . . .	170
C. Organe olfactif. . . . .	171
D. Organe de l'audition. . . . .	172
E. Organe visuel. . . . .	175
F. Considérations sur les organes des sens. . . . .	177

CHAPITRE XV  
SANG ET ORGANES SANGUIFORMATEURS

A. Sang. . . . .	181
B. Masse de sang. . . . .	187
C. Lymphes et organes lymphatiques. . . . .	189
D. Thymus, amygdales, etc. . . . .	193

CHAPITRE XVI  
ORGANES A SÉCRÉTION INTERNE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES . . . . .	209
---------------------------------	-----



# CHOIX DE LIVRES



PAYOT, 106, Boulevard Saint-Germain, PARIS

---

GUSTAVE CHAUVEAUD

Directeur de laboratoire à l'École des Hautes-Études.

---

# LA CONSTITUTION DES PLANTES VASCULAIRES

Révlée par leur Ontogénie.

*Avec 54 figures dans le texte.*

Un vol. in-8. . . . . 10 fr.

« Les végétaux pourvus de racines sont formés de plantules élémentaires ou phyllorhizes et leur constitution présente l'unité de plan morphologique, ainsi que l'unité de plan structural. » Telle est la théorie exposée dans ce livre, résultat d'observations poursuivies depuis trente ans par M. Gustave Chauveaud.

---

L -FÉLIX HENNEGUY

Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine,  
Professeur au Collège de France.

---

# LA VIE CELLULAIRE

Éléments de Cytologie.

Un vol. in-16 relié de la *Collection Payot*. . . . . 5 fr.

Ce petit volume contient un tableau succinct, mais très méthodique et très clair, de l'état actuel de nos connaissances sur la substance vivante.

Grâce à sa concision et à sa clarté, il pourra être abordé même par les lecteurs cultivés, non spécialisés.

*(Revue générale des Sciences.)*

ÉMILE MEYERSON

---

# DE L'EXPLICATION DANS LES SCIENCES

Deux volumes in-8, ensemble. . . . . 40 fr. »

Expliquer les phénomènes, expliquer l'univers, est le but suprême de la Science, comme de la philosophie elle-même. Mais il y a antinomie entre l'instrument de notre connaissance, la raison, qui ne peut procéder que par le moyen de l'identité, et la réalité du monde, qui échappe perpétuellement à l'identification et dont l'essence est d'être irrationnelle. La réalité nous est-elle donc insaisissable? Tel est le problème capital que pose et qu'éclucide avec profondeur M. Émile Meyerson dans ce livre *De l'Explication dans les Sciences* qui devra désormais servir, pour employer une expression de l'auteur dans sa préface, de « prolégomènes à toute métaphysique future ».

(*La Nature.*)

---

Dr ACHALME

---

## LES ÉDIFICES PHYSICO-CHIMIQUES

TOME I

# L'ATOME

SA STRUCTURE, SA FORME

*Avec dessins à la plume de M. Raoul Leclerc.*

Un volume in-8. . . . . 15 fr. »

...Un livre excellent, clair, hardi. On y trouvera les derniers progrès que nous devons à Perrin, à Weiss, à J.-J. Thomson. On y trouvera davantage encore: un essai de concrétisation. L'ensemble de ce volume constitue un tout séduisant, rationnel, propre à faciliter la spéculation scientifique ou philosophique et bien adapté à nos connaissances

(*L'Action Française.*)

PAYOT, 106, Boulevard Saint-Germain, PARIS

---

D<sup>r</sup> ACHALME

Directeur de laboratoire à l'École des Hautes-Études.

---

## LES ÉDIFICES PHYSICO-CHIMIQUES

TOME II

# LA MOLÉCULE

Équilibres et Réactions chimiques

*Avec des dessins à la plume de M. Raoul Leclerc.*

Un vol. in-8. . . . . 15 fr.

Dans ce deuxième volume des *Édifices physico-chimiques*, l'auteur étudie la structure des molécules et leurs propriétés. Ses théories permettent une explication concrète des phénomènes d'électrolyse et de catalyse et rendent plus accessibles les lois qui régissent les équilibres et les réactions chimiques.

*(La Revue de France.)*

TOME III

# LA MOLÉCULE MINÉRALE

*Avec des dessins à la plume de M. Raoul Leclerc.*

Un vol. in-8. . . . . 20 fr.

C'est une *nouvelle chimie, vraiment vivante*, qui s'adresse à la fois aux yeux et à l'esprit. De nombreuses figures représentent les molécules minérales; leur aspect harmonieux ne nuit en rien à leur précision et concourt à leur vraisemblance.

VILFREDO PARETO

# TRAITÉ DE SOCIOLOGIE GÉNÉRALE

Deux volumes grand in-8, chaque volume . . . . 30 fr.

Un des efforts les plus puissants qui aient été faits pour comprendre les uniformités de l'histoire.

ADRIEN NAVILLE (*Journal de Genève*).

Cet ouvrage considérable est un travail énorme qui intéresse le lettré, l'historien, le philosophe au moins autant que le sociologue.

(*Le Mercure de France*.)

On connaît l'importance des travaux dus à ce savant maître. Son nouvel ouvrage : *Traité de Sociologie générale*, est un traité complet de sociologie dont on ne voit guère l'équivalent.

(*Revue générale de Droit*.)

---

Dr R.-A. REISS

Docteur ès sciences, Professeur à l'Université de Lausanne.

# MANUEL DE POLICE SCIENTIFIQUE (TECHNIQUE)

## I. VOLS ET HOMICIDES

Préface de M. Louis LÉPINE, ancien préfet de police de Paris.

Un vol. in-8 avec 149 figures dans le texte. . . . 30 fr.

Cet ouvrage est un véritable monument élevé à la science policière.

Dr Eug. STOCKIS (Liège)

On constate tout au long du premier volume que l'auteur a fait pour les criminels ce que le Fabre de la *Vie des insectes* a fait pour le scarabée sacré, avec la même patience et, si on peut dire, avec le même amour.

(*Le Temps*.)

PAYOT, 106, Boulevard Saint-Germain, PARIS

---

PAUL APPELL

Membre de l'Institut, Recteur de l'Université de Paris.

ÉLÉMENTS  
DE LA  
THÉORIE DES VECTEURS  
ET DE LA  
GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE

Un vol. de la *Collection Payot* avec 57 figures dans le texte. 5 fr.

La géométrie analytique ainsi que la théorie des vecteurs sont d'origine française. Descartes d'une part, Cauchy et Poinsoy de l'autre en sont les auteurs. Exposer les éléments de ces deux sciences, en appuyant les deux théories l'une sur l'autre, tel est le but de l'ouvrage.

---

GEORGES MATISSE

Docteur ès sciences.

LE MOUVEMENT SCIENTIFIQUE  
CONTEMPORAIN EN FRANCE  
I. LES SCIENCES NATURELLES

Un vol. de la *Collection Payot* avec 25 figures dans le texte. 5 fr.

Ce premier volume d'un ouvrage destiné à faire connaître au grand public le mouvement scientifique contemporain en France, expose d'admirables découvertes françaises récentes en botanique, zoologie et biologie générale.

L'auteur a choisi parmi les savants les plus éminents dans chaque branche quelques-uns de ceux qui ont véritablement créé ou fait avancer la science. Il a analysé leur œuvre de façon approfondie, cherchant toujours à mettre en lumière les principes et les idées générales ayant une valeur scientifique et une portée philosophique.

(*La Croix.*)