

ABRÉGÉ  
D'HISTOLOGIE

TROIS LEÇONS AVEC VINGT  
DE TABLEAUX

M. BAILLIÉ, DOCTEUR EN MÉDECINE

ABRÉGÉ

D'HISTOLOGIE

A LA MÊME LIBRAIRIE

**Manuel d'Embryologie**, par CH. CHAMPY, professeur agrégé à la  
Faculté de Médecine de Paris. — 1 volume de 228 pages avec  
159 figures originales et 6 planches en couleurs . . . 12 fr.

161.013

~~BV-1#~~

# ABRÉGÉ D'HISTOLOGIE

VINGT LEÇONS AVEC NOTIONS  
DE TECHNIQUE

PAR

H. BULLIARD

ET

CH. CHAMPY

Préparateur d'Histologie  
à la Faculté de Paris.

Professeur agrégé  
à la Faculté de Paris.

PRÉFACE DE A. PRENANT,

*Professeur d'Histologie à la Faculté de Médecine de Paris.*

---

TROISIÈME ÉDITION REMANIÉE

*avec 207 figures et 6 planches en couleur*

---



MASSON ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE  
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI<sup>e</sup>)

1922

191.012 BA-1A

ARRÊTÉ

# D'HISTOLOGIE

VINGT LEÇONS AVEC NOTIONS  
DE TECHNIQUE

PAR

CH. CHAPPY

R. BULLIARD

*Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation  
réservés pour tous pays.*

Copyright, 1922, by Masson et C<sup>ie</sup>.



MASSON ET C<sup>ie</sup> ÉDITEURS

LIBRAIRIE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

127, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS (VI<sup>e</sup>)

## PRÉFACE

---

*Ce serait une erreur de croire qu'une science s'enrichit en se surchargeant de faits et que son enseignement se perfectionne en se compliquant et en s'allongeant. L'allègement et la simplification des matières enseignées doivent au contraire être parallèles au perfectionnement scientifique et en donner la mesure. Car dans une science de plus en plus parfaite, du chaos des faits émergent, de plus en plus, aussi des faits principaux qui doivent, seuls, être retenus par l'enseignant et peuvent l'être, seuls, aussi par l'élève, et de plus en plus aussi ces faits principaux eux-mêmes se tassent et se groupent en des ensembles qui ont force de lois. La complication des programmes est le produit de la méconnaissance de la marche de la science dans le sens qui va du complexe au simple et non dans le sens inverse.*

*La nécessité de simplifier et d'abrégé est rendue plus particulièrement impérieuse pour les sciences biologiques enseignées dans les Facultés de médecine. Ces sciences en effet, quelque fondamentales qu'elles soient qualitativement, n'en doivent pas moins rester quantitativement accessoires, au regard des sciences médico-chirurgicales qui sont la finalité même des études médicales.*

*La simplification cependant ne doit être le sacrifice ni des idées théoriques générales ni des faits concrets. Elle ne doit pas être obtenue par la suppression pure et simple des idées générales, sans lesquelles l'enseignement se réduit à un corps sans âme. Elle ne doit pas se faire, en histologie moins qu'en toute autre science, au prix d'une sché-*

*matisation outrancière, dans laquelle des images microscopiques faites de cellules d'une régularité ridiculement inexacte ne permettent pas à l'élève de retrouver sous le microscope ce qu'il a vu dans son livre, et aboutissent à une science irréaliste, de convention et de mensonge, décevante pour ses yeux, stérile pour son instruction.*

*C'est ce qu'ont bien compris les auteurs de ce petit livre, qui se sont efforcés à la fois « de décrire des préparations, de mettre des noms sur des images » et de « montrer l'intérêt des faits... en rappelant les notions théoriques qui s'y rattachent ».*

*Cet Abrégé d'Histologie en vingt leçons est tout à fait convenable pour la préparation aux séances de travaux pratiques. Il convient aussi pour la préparation aux examens oraux de fin d'année, parce qu'il renferme la substance de l'enseignement complet de l'Histologie, tel qu'il est donné à la Faculté de Médecine de Paris et dans les autres. Mais il faut bien savoir qu'il n'en contient que l'essentiel, et que des questions importantes pour l'éducation histologique et biologique du médecin n'ont pu, faute de place, y être traitées avec les développements nécessaires et n'y sont qu'indiquées. Il était évident en effet qu'un enseignement comportant quatre-vingts leçons environ ne pouvait tenir tout entier en un manuel de vingt courtes leçons. Comme les auteurs l'indiquent expressément, l'étudiant « trouvera ici un noyau de notions essentielles autour desquelles il groupera facilement ses notes de cours et les souvenirs de ses lectures ». La part que MM. Champy et Bulliard prennent à l'enseignement, l'un comme agrégé et ancien préparateur, l'autre comme préparateur, leur a permis d'apprécier exactement, dans leur introduction, le rôle que ce petit livre pouvait remplir pour l'instruction histologique de l'étudiant en médecine.*

A. PRENANT.

## AVANT-PROPOS

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

---

Nous avons cherché à être utile aux étudiants en écrivant ce livre très réduit qui n'a pas la prétention d'être un traité ou même un manuel complet, mais seulement de présenter les notions indispensables.

Ces vingt leçons correspondent à peu près aux séances de travaux pratiques. Chacune donnera à l'étudiant, sous un minimum de volume, les notions nécessaires pour que ces exercices pratiques prennent toute leur valeur. Pour atteindre autant que possible ce but, nous avons choisi, chaque fois que nous avons pu, des exemples concrets et de préférence ceux-là mêmes qu'on emploie généralement pour l'enseignement pratique.

Nous n'avons cependant pas voulu nous contenter de décrire des préparations, de mettre des noms sur des images; nous nous sommes efforcés, autant que le permettait ce cadre étroit, de montrer l'intérêt des faits que nous présentons en rappelant les notions théoriques qui s'y rattachent.

L'étudiant pourra se contenter de ce livre s'il le complète par les lectures que nous indiquons à la fin de chaque leçon.

Il trouvera ici un noyau de notions essentielles, autour desquelles il groupera facilement ses notes de cours et les souvenirs de ses lectures. Il sera forcé ainsi de prendre contact avec des traités ou des ouvrages spéciaux, dont on ne peut lui imposer la lecture complète, mais dont il ne doit pas ignorer l'existence.

H. BULLIARD, CH. CHAMPY.

# TABLE DES MATIÈRES

## PREMIÈRE LEÇON

### NOTIONS PRÉLIMINAIRES DE TECHNIQUE GÉNÉRALE

	Pages
<b>Fixation.</b> — Liquides fixateurs simples. Qualités et défauts des liquides fixateurs. Liquides fixateurs complexes. Durcissement et imprégnation. Dissociations.	
<b>Coupes.</b> — Inclusions à la paraffine. Coupes au collodion, à la celloïdine.	
<b>Coloration.</b> — Colorants fixés par les tissus à l'état de laques. Couleurs extraites des goudrons de houille. Colorants vitaux. Choix et emploi des colorants. Colorations combinées.	
<b>Montage des coupes</b> . . . . .	1-17

## DEUXIÈME LEÇON

### LA CELLULE ET LA DIVISION CELLULAIRE

<b>I. La cellule.</b> — Étude de coupe d'œufs de Poissons. Éléments séminaux d'un myriapode (lithobius). Oeufs des Batraciens. Cellules sexuelles (spermatogonies) des Batraciens.	
<b>II. La division cellulaire.</b> — Division indirecte ou mitose. Division directe ou amitose. Divisions anormales. Divisions hétérotypiques.	
<b>TECHNIQUE</b> . . . . .	18-40

## TROISIÈME LEÇON

### I. APPAREILS FONCTIONNELS DE LA CELLULE. DIFFÉRENCIATIONS CELLULAIRES

#### 21-1 II. LES ÉPITHÉLIUMS

Appareils de soutien de la cellule. Tonofibrilles. Substances intercellulaires. Épithélium prismatique cilié (œsophage des Batraciens). Appareil cilié. Épithélium intestinal. Épi-

- thélium stomacal. Épithélium (endothélium) du mésentère. Épithélium pavimenteux stratifié (peau de la pulpe du doigt). Cornée.
- TECHNIQUE. — Cellules isolées d'un épithélium stratifié. Muc de Grenouille. Nitration d'un endothélium. . . . . 40-58

## QUATRIÈME LEÇON

## LA CELLULE GLANDULAIRE ET LES PROCESSUS DE SÉCRÉTION

- Glandes acineuses. Canaux excréteurs. Glandes tubuleuses. Glandes holocrines. Glandes à sécrétion interne.
- TECHNIQUE . . . . . 59-70

## CINQUIÈME LEÇON

## SANG

- Les trois éléments essentiels du sang. Le sang des Mammifères. Globules rouges. Globules blancs. Signification morphologique et génétique des éléments du sang. Formules hématologiques et leucocytaires. Altérations pathologiques des globules sanguins.
- TECHNIQUE. — Étalement. Fixation du sang frais. Fixation du sang desséché. Coloration. Numération des globules rouges. Numération des globules blancs. Formule leucocytaire . . . . . 71-82

## SIXIÈME LEÇON

## LES TISSUS DE SOUTIEN

- I. **Le tissu conjonctif.** — Tissu conjonctif lâche et tissus membraneux. Tissu conjonctif orienté. Tendon. Aponévrose. Cornée. Fibres élastiques de la paroi d'une artère. Tissu adipeux.
- TECHNIQUE. — Tissu conjonctif. Tissu élastique. Préparation par dissociation-étalement. Coloration de la graisse.
- II. **Cartilage.** — Cartilage hyalin. Cartilage articulaire. Cartilage du larynx. Cartilage élastique. Cartilage fibreux.
- TECHNIQUE . . . . . 83-98

## SEPTIÈME LEÇON

## LES TISSUS DE SOUTIEN (Suite)

- I. **Os.** — Opercule de poisson. Os sec. Coupe transversale. Coupe longitudinale. Os frais décalcifié.

- II. **Ossification.** — Ossification conjonctive. Ossification d'une ébauche cartilagineuse. Ossification péri-chondrale. Ossification endochondrale.
- TECHNIQUE. — Os à l'état sec . . . . . 99-108

## HUITIÈME LEÇON

## LE TISSU MUSCULAIRE

- I. **Le muscle lisse.** — Vessie de Grenouille. Étude du muscle lisse de l'intestin. Variétés du muscle lisse.
- II. **Le muscle strié.** — Muscle strié simple. Muscle strié à sarcoplasme abondant. Muscle strié ordinaire. Dissociation de muscle strié. Détails de la striation. Rapports entre la structure du muscle et son fonctionnement. Signification cytologique des myofibrilles. Muscle cardiaque.
- TECHNIQUE. — Vessie de Grenouille. Muscle dissocié . . . . . 109-119

## NEUVIÈME LEÇON

## LE TISSU NERVEUX

- I. **Cellule nerveuse.** — Structure de la cellule nerveuse. Méthode de Golgi. Forme des cellules nerveuses. Mode de connexion des cellules nerveuses. Fonctionnement de la cellule nerveuse. La névroglie.
- II. **La fibre nerveuse.** — Croix de Ranvier. Neurofibrilles. Nerfs amyéliniques. Coupe transversale de Nerf. Substance blanche de la Moelle.
- TECHNIQUE. — Dissociation de substance grise de moelle. Nerf osmié. Nerf nitraté.
- Terminaisons nerveuses.** — Terminaisons motrices dans les muscles lisses, dans les muscles striés. Terminaisons des nerfs sécrétoires.
- TECHNIQUE . . . . . 119-144

## DIXIÈME LEÇON

## CELLULES REPRODUCTRICES ET FÉCONDATION

- I. **Spermatogénèse.** — Les trois périodes de l'évolution des cellules sexuelles. Phénomènes nucléaires de la période d'accroissement. Divisions réductrices. Signification des phénomènes de maturation. Spermatogénèse des Mammifères. Histogénèse des spermatozoïdes (spermiogénèse).
- II. **Ovogénèse.** — Ovaire d'Ascaris. Ovogénèse des Vertébrés.
- III. **Phénomènes cytologiques de la fécondation.** — Origine des cellules sexuelles.
- TECHNIQUE . . . . . 144-168

## ONZIÈME LEÇON

## VAISSEAUX, ORGANES VASCULAIRES

- I. **Vaisseaux.** — Artères, artères de gros calibre, artères de petit calibre. Veines, Capillaires. Cœur. Lymphatiques.
- II. **Organes vasculaires.** — **Organes vasculaires lymphatiques.** — Follicules clos. Plaques de Peyer. Amygdales. Ganglion lymphatique. Ganglion lymphatique injecté. Thymus.
- III. **Organes vasculaires sanguins.** — 1. Rate. Rate injectée. Frottis de rate. Glandes hémolympatiques. — 2. La Moelle osseuse. Frottis de Moelle. Évolution de la moelle. Origine des éléments du sang ou hématopoïèse.
- TECHNIQUE. — Vaisseaux. Ganglion lymphatique. Rate. Moelle osseuse . . . . . 469-495

## DOUZIÈME LEÇON

## L'APPAREIL EXCRÉTEUR DE L'URINE

- Reins et Annexes.** — Néphridie. Le corps de Wolf des Vertébrés inférieurs. Le rein des Mammifères. Substance corticale. Substance médullaire. Circulation du rein. Fonctionnement de l'appareil excréteur. Voies excrétrices de l'urine. Organes érectiles : Corps caverneux. Corps spongieux . . . . . 496-208

## TREIZIÈME LEÇON

## LE TUBE DIGESTIF

- I. **Anatomie microscopique du tube digestif.**
- II. **Tube digestif antérieur.** — Coupe de langue. Pharynx. Coupe transversale d'œsophage.
- III. **Estomac. Intestin.** — Estomac. Muqueuse de la grande courbure. Glandes du fond. Vascularisation. Glandes pyloriques. Transition de l'estomac à l'œsophage et au duodénum. Intestin. Duodénum. Gros intestin. Appendice. Rectum.
- TECHNIQUE . . . . . 208-225

## QUATORZIÈME LEÇON

## LES GLANDES DIGESTIVES

- I. **Glandes salivaires et pancréas.** — Glande parotide. Pancréas. Glande sous-maxillaire (mouton, homme). Glande sublinguale. Glandes de la bouche.

- II. **Foie.** — Foie d'Amphibien. Foie des Mammifères. Travees de Kiernan. Cellules hépatiques. Rapports des cellules hépatiques. Espaces portes. Circulation intra-hépatique. Tissu conjonctif du foie. Lobule hépatique et lobule biliaire. Les voies biliaires.
- TECHNIQUE . . . . . 225-241

## QUINZIÈME LEÇON

## LES GLANDES A SÉCRÉTION INTERNE

- Glandes endocrines bien définies.** — Thyroïde. Parathyroïdes. Hypophyse. Capsule surrénale. Paraganglions.
- Organes et tissus de structure analogue à celle des glandes endocrines.** — Corps jaune de l'ovaire. Cellules interstitielles du testicule. Ilots de Langerhans du pancréas.
- Le foie glande à sécrétion interne. Circulation dans les glandes à sécrétion interne. Thymus.
- TECHNIQUE . . . . . 242-256

## SEIZIÈME LEÇON

## APPAREIL RESPIRATOIRE

- Conduits aériens. Larynx. Bronches. Poumon. Parenchyme pulmonaire. Poumon de fœtus. Lobule pulmonaire. Endothélium pulmonaire. Plèvre.
- TECHNIQUE . . . . . 257-266

## DIX-SEPTIÈME LEÇON

## GLANDES GÉNITALES ET ANNEXES

- Testicule. Épididyme. Canal déférent. Vésicules séminales. Prostate.
- Ovaire. Trompe. Utérus. Glande mammaire. Placenta, . . . 267-281

## DIX-HUITIÈME LEÇON

## LES ORGANES NERVEUX

- Cerveau. Cervelet. Bulbe olfactif. Moelle. Les méninges. Ganglion nerveux. Glande pinéale . . . . . 282-293

DIX-NEUVIÈME LEÇON  
ORGANES DES SENS

- Muqueuse olfactive. Organe de Jacobson. Organes du goût. Organe de l'ouïe. Coupe de limaçon. Statocystes ou otocystes. Canaux semi-circulaires. Oreille moyenne. Oreille externe. Organe de la vue. Rétine. Cornée. Rétine antérieure. Paupière. Glandes lacrymales.
- Organes du toucher. Cornée. Groin de porc. Bec du canard. Corpuscules du tact des Mammifères.
- TECHNIQUE. — Méthode de Dogiel, Méthode de l'or. Dissociation. Rétine. Coloration au bleu de méthylène. . . . . 294-314

VINGTIÈME LEÇON  
LE TÉGUMENT ET LES PHANÈRES

- I. **Tégument externe.** — Coupe de peau du doigt. Épiderme. Derme. Rapports du derme et de l'épiderme. Hypoderme. Glandes sudoripares. Glandes sébacées.
- II. **Phanères.** — Poil. Développement. Coupe longitudinale. Gaine épithéliale interne. Gaine épithéliale externe. Sac fibreux. Papille. Coupe transversale. Renouvellement des poils.
- Ongle.**
- Dent.** — Développement des dents. Émail. Ivoire. Pulpe. Cément. Dent définitive.
- Cristallin.** — Développement. Structure . . . . . 315-341
- TABLE DES FIGURES . . . . . 319
- INDEX ALPHABÉTIQUE . . . . . 329

# ABRÉGÉ D'HISTOLOGIE

---

## PREMIÈRE LEÇON

### NOTIONS PRÉLIMINAIRES DE TECHNIQUE GÉNÉRALE

Les premiers naturalistes, qui ont étudié les tissus au microscope se sont contentés de les examiner à frais, après les avoir écrasés ou dilacérés. C'est sur de telles préparations que *Hooke*, *Löwenhœck*, *Schleiden* et *Schwann* firent les premières découvertes histologiques. Peu à peu, on a cherché d'une part, à conserver les tissus sans que leur structure soit altérée et d'autre part à en colorer les différentes parties de façons différentes pour les distinguer plus aisément les unes des autres.

Actuellement, l'étude des tissus frais rend encore des services, mais on a recours le plus souvent à des préparations de tissus tués et colorés qui ont le double avantage d'être plus faciles à interpréter et de se conserver presque indéfiniment. La facture de telles préparations nécessite des manipulations compliquées. Nous ne décrivons ici que celles dont l'usage est général. Les techniques qui s'appliquent seulement à un tissu ou à un organe particulier seront indiquées avec ce tissu ou cet organe.

**Fixation.** — La première opération qu'on doit exécuter pour faire une préparation consiste à tuer le tissu qu'on veut étudier.

On appelle fixation l'opération qui consiste à tuer un tissu à l'aide d'un liquide qui lui conserve sa structure et coagule les substances qui le constituent de façon suffisamment énergique pour qu'il ne subisse aucune altération pendant les manipulations ultérieures.

Les tissus étant constitués surtout d'albuminoïdes, ce sont surtout les liquides qui précipitent ces substances qu'on emploie comme fixateurs.

On emploie aussi très souvent des réactifs destinés à conserver les graisses. La fixation est l'opération préliminaire et fondamentale de tout examen cytologique, car si elle est mauvaise, les manipulations ultérieures porteront sur des tissus altérés.

**Liquides fixateurs simples.** — On emploie souvent comme fixateurs des solutions coagulantes simples :

L'alcool (à 90° ou absolu) a l'inconvénient d'altérer tous les corps gras ;

L'aldéhyde formique (formol commercial) étendu à 1/10<sup>e</sup> conserve finement les structures et coagule la plupart des albuminoïdes ;

Le bichromate de potassium (solution de 3 à 5 p. 100) insolubilise et conserve les lécithines ;

L'acide chromique à 1 p. 100 ;

L'acide osmique (solution de peroxyde d'osmium à 1 ou 2 p. 100) a l'avantage de colorer et de conserver beaucoup de graisses ;

L'acide trichloracétique (3 à 4 p. 100), le sublimé à saturation sont aussi de bons réactifs ;

Les acides divers (acétique, nitrique, sulfurique) étendus sont moins recommandables.

**Qualités et défauts des fixateurs.** — Les liquides simples ont un avantage, c'est de permettre une critique plus facile des résultats obtenus ; cette critique est toujours nécessaire, car tuer et coaguler une cellule, c'est toujours l'altérer plus ou moins et dans les études de cytologie fine, il est important de savoir quelle est la nature de l'altération qu'on a ainsi créée et d'en faire la part. Tous ces liquides ont, au point de vue qui nous occupe, des propriétés diverses qu'il importe de connaître.

Ils sont plus ou moins *pénétrants*, diffusant plus ou moins

rapidement à travers les tissus. Or, il est avantageux qu'un liquide fixateur soit *aussi pénétrant que possible*; car si on plonge une pièce un peu grosse dans un liquide peu pénétrant, les éléments du centre de cette pièce ont le temps de subir des altérations cadavériques, avant que le liquide ne soit arrivé jusqu'à eux.

Mais il est d'autres raisons pour lesquelles on ne donne pas toujours la préférence aux liquides les plus pénétrants. Certains fixateurs sont *peu fidèles*, et s'ils conservent assez bien l'ensemble de la structure des organes, ils en altèrent les fins détails. D'autres donnent des fixations *peu résistantes*, c'est-à-dire que la coagulation est insuffisante pour résister aux manipulations ultérieures.

Enfin il est des fixateurs qui ne changent pas la réaction des tissus; ceux-ci se colorent après leur action comme ils se seraient colorés après coagulation par la chaleur par exemple; d'autres, au contraire, modifient leur colorabilité et empêchent souvent d'employer les teintures les plus usitées, ce qui est un inconvénient sérieux.

Les fixateurs peuvent être classés au point de vue de leur pénétration de la façon suivante: *Fixateurs très pénétrants*: acide acétique, acides minéraux, alcool, sublimé; *fixateurs médiocrement pénétrants*: acide chromique, acide picrique, formol. L'acide osmique et les sels d'or et de platine sont *très peu pénétrants*. Ce sont cependant, surtout l'acide osmique, les réactifs les plus fidèles.

L'acide chromique, le bichromate, l'acide osmique, les sels des métaux lourds gênent les colorations; au contraire, l'alcool, le formol, les acides sont sans inconvénients à ce point de vue. Mais les acides (souvent susceptibles de redissoudre le précipité albuminoïde qu'ils ont formé) sont des réactifs infidèles pour les fins détails.

**Artefacts.** — Les fixateurs, même les meilleurs, sont capables de faire apparaître dans les tissus des structures (*pseudostructures, artefacts*) qui n'existaient pas dans le tissu vivant et qu'il est souvent difficile de distinguer des structures réelles. Ainsi les acides produisent dans une solution homogène de blanc d'œuf un précipité réticulé rappelant certaines structures décrites dans les cellules. Au contraire, le bichromate produit dans la même solution un précipité d'aspect granuleux. Ces structures qui n'ont rien de réel peuvent aussi bien se produire dans les albumines constituant les tissus, il faut savoir les distinguer des structures réelles. Aussi *chaque observation histologique est une petite expérience dont les résultats doivent chaque fois être sévèrement critiqués*. L'examen du tissu frais peut, dans quelques cas, trancher la difficulté, mais la plupart du temps il ne permet de voir que très peu de choses.

**Liquides fixateurs complexes.** — Pour obvier aux inconvénients que nous venons d'énumérer, on a pris l'habitude de recourir à des mélanges complexes de liquides coagulants. Les mélanges les plus employés sont :

Le *liquide de Flemming* (acide chromique à 1 p. 100 : 15 cm<sup>3</sup>, acide osmique à 2 p. 100 : 4 cm<sup>3</sup>, acide acétique cristallisable : 1 cm<sup>3</sup>). C'est un mélange excellent, donnant des fixations très délicates, c'est le liquide des fines recherches cytologiques. Comme les acides qui entrent dans sa constitution, il gêne les colorations.

Le *liquide de Bouin* (acide picrique sol. sat. : 75 cm<sup>3</sup>, acide acétique : 5 cm<sup>3</sup>; formol commercial à 40 p. 100 : 20 cm<sup>3</sup>) permet la fixation de pièces assez volumineuses, car il pénètre bien; la fixation est assez fidèle, mais peu résistante. C'est un liquide d'emploi très courant.

On emploie le sublimé seul ou additionné d'acide acétique ou d'acide picrique <sup>1</sup>.

Le *liquide de Zenker* est constitué de bichromate (à 3 p. 100) : 100 part., sublimé : 5 g., acide acétique : 5 g. Quoiqu'il contienne du bichromate, il ne gêne pas les colorations <sup>2</sup>. Après ce liquide, comme après tous ceux qui renferment du sublimé, il est nécessaire de laver à l'alcool iodé pour oxyder les précipités de chlorure mercurieux ou de mercure qui se forment.

Si les liquides complexes donnent des résultats plus élégants, ils ont l'inconvénient de rendre la critique de la fixation plus difficile.

**Précautions à prendre dans l'emploi des fixateurs.** — Tous les coagulants sont capables de fixer convenablement dans des conditions diverses. Quel que soit le fixateur employé, il est certaines précautions que l'on ne doit pas négliger : La solution ne doit pas être trop hypertonique ou hypotonique; l'hypertonie surtout doit être évitée, car elle provoque une contraction des cellules. Il faut éviter aussi de faire agir le liquide trop rapidement, trop brutalement, surtout lorsqu'on veut

1. Le *liquide de Rabl* a la composition suivante : sublimé à saturation, 1 vol.; acide picrique, 1 vol.; eau, 2 vol.

2. Citons encore les liquides d'Altmann (acide osmique à 2 p. 100, p.; bichromate à 3 p. 100, 12 p.). C'est un excellent fixateur. Le liquide de Hermann (acide osmique à 2 p. 100, 4 p.; chlorure de platine à 1 p. 100, 15 p.; acide acétique, 1 p.), le liquide de Carnoy (alcool absolu, 60 cm<sup>3</sup>; chloroforme, 30 cm<sup>3</sup>; acide acétique, 10 cm<sup>3</sup>). Le mélange de formol et de bichromate de Orth, le mélange d'alcool, d'acide nitrique et d'acide chromique de Perenyi doivent être préparés au moment de s'en servir.

conserver les couches superficielles : on place alors la pièce à étudier, d'abord dans un liquide étendu, puis après quelques minutes, lorsque les couches superficielles sont coagulées, on la met dans le liquide concentré. La pièce doit toujours être placée dans un grand excès de fixateur ; il faut éviter qu'elle ne séjourne sur le fond du vase où elle est fixée, le liquide ne pouvant pénétrer par la face qui est appliquée contre le verre. Pour obvier à cet inconvénient, on recommande de placer quelques brins d'ouate au fond du flacon où se fait la fixation.

Lorsqu'on veut obtenir une coupe d'ensemble, on peut couper dans le tissu frais des tranches larges et minces que le fixateur pénètre suffisamment par la plus faible épaisseur et qu'on coupera parallèlement à la plus grande section.

**Durcissement et imprégnation.**— Lorsqu'on a employé un fixateur qui ne durcit pas suffisamment la pièce, on peut faire suivre la fixation du durcissement dans un liquide spécial : acide chromique, acide picrique, alcool, etc.

On a quelquefois avantage à changer les réactions de colorabilité des tissus en les imprégnant de sels de métaux lourds.

Benda pour étudier les mitochondries (voir deuxième leçon) imprègne les pièces fixées dans le liquide de Flemming, par un séjour de vingt-quatre heures dans un mélange d'acide chromique et d'acide pyrolique, et de vingt-quatre heures dans le bichromate à 3 p. 100. Regaud arrive au même résultat par un séjour prolongé dans le bichromate après fixation dans le mélange formol-bichromate.

Le liquide de Müller, très employé autrefois comme fixateur, est encore employé comme durcissant. C'est une solution de bichromate à 2 1/2 p. 100 additionnée de 1 p. 100 de sulfate de soude. Le liquide d'Erlicki renferme 1/2 p. 100 de sulfate de cuivre, au lieu de sulfate de soude. Il donne d'excellents résultats. Ces liquides durcissants sont surtout employés pour insolubiliser la myéline et les corps gras similaires.

**Dissociations.**— Les tissus fixés peuvent quelquefois, mais rarement, être examinés directement ; c'est le cas pour les lames minces et transparentes comme le mésentère, la vessie de la grenouille, etc. Ces objets de démonstration sont d'ailleurs devenus classiques parce qu'ils sont exceptionnellement favorables. La plupart du temps, on ne peut bien voir les éléments des tissus qu'après les avoir dissociés ou les avoir débités en coupes suffisamment minces pour qu'elles soient transparentes.

La dissociation est la méthode la plus ancienne; elle rend encore des services, notamment pour les tissus composés de fibres qui se laissent aisément séparer.

On peut dissocier les tissus frais en les dilacérant sur une lame, à l'aide d'aiguilles montées, dans une goutte d'une solution isotonique (chlorure de sodium à 7 1/2 p. 1.000) ou mieux dans l'humeur aqueuse de l'animal qui a fourni ce tissu.

Les tissus morts ne peuvent être dissociés aisément que si on les a fixés dans un liquide qui commence déjà la séparation des éléments, la plupart des fixateurs augmentant plutôt la cohésion des tissus. Les liquides les plus employés sont l'alcool étendu au tiers de Ranvier, le fluorure de sodium à 4 p. 100, l'acide osmique (on place d'abord la pièce dans de l'acide à 1 p. 100 puis dans des solutions de plus en plus faibles).

On ne peut employer des méthodes bien compliquées pour la coloration des dissociations. On colore de la façon suivante : une goutte de colorant est placée sur la lame où on a fait la dissociation; on la laisse agir le temps voulu, puis on l'enlève en l'aspirant à l'aide d'une feuille de buvard, assez lentement pour ne pas entraîner les fragments de tissu; on met alors une goutte d'eau qu'on enlève de la même façon et qui emporte l'excès de couleur. On peut faire agir ainsi plusieurs solutions colorantes.

Les colorants les plus recommandables pour les dissociations sont le picrocarmin de Ranvier, le carmin aluné, l'hématoxyline et l'éosine, le vert de méthyle (pour les pièces dissociées dans l'acide osmique).

On peut monter les dissociations d'une façon durable dans le baume du Canada. On met alors sur la préparation successivement une goutte d'alcool à 95°, d'alcool absolu, de xylol (on enlève ces liquides à l'aide de buvard, comme les colorants). Lorsque la préparation est imprégnée de xylol, on met une goutte de baume et une lamelle couvre-objet.

On peut monter plus simplement dans la glycérine (après simple lavage à l'eau); alors il faut luter la préparation avec de la cire ou une solution alcoolique de gomme laque. On peut employer de même la gélatine glycinée à chaud (40° à 50°), qui devient solide par refroidissement. Le mélange de gomme arabique et de sucre d'Apathy est aussi très recommandable. Ces excipients aqueux évitent le passage par le xylol et permettent de conserver les graisses des tissus.

Les lames minces de tissus peuvent être montées de la même manière que les dissociations.

**Coupes.** — Les dissociations ont le grave inconvénient de ne pas montrer les *rappports des éléments entre eux*, c'est pourquoi

la méthode des coupes est devenue prépondérante. On peut faire des coupes à main levée avec un rasoir ou à l'aide du microtome de Ranvier, mais ces méthodes ne donnent que des résultats bien grossiers. On emploie aujourd'hui presque exclusivement les méthodes d'inclusion à la paraffine et à la celloïdine qui donnent des coupes fines et égales. Nous les décrirons sommairement.

**Inclusions à la paraffine.**— La pièce étant fixée, il s'agit de l'incorporer à de la paraffine, de façon qu'elle en soit imprégnée et qu'elle fasse parfaitement corps avec elle.

*Montage.*— Pour cela, il faut d'abord amener la pièce dans un liquide qui dissout la paraffine.

On peut employer : le toluène, le xylène, le sulfure de carbone, le chloroforme, l'éther de pétrole, l'essence de cèdre et diverses autres huiles essentielles<sup>1</sup>.

Mais tous ces liquides ne se mêlent pas à l'eau ; il faut donc d'abord débarrasser la pièce de l'eau qu'elle renferme, *la déshydrater*. On déshydrate avec de l'alcool absolu, en évitant le passage brusque de l'eau dans l'alcool fort ou de l'alcool dans l'essence.

Ainsi pour l'inclusion au toluène de pièces de volume moyen (1/2 cm. de côté), on peut procéder de la manière suivante : deux heures dans l'alcool à 60°, six heures dans l'alcool à 95°, six heures dans l'alcool absolu, trois heures dans le mélange en proportions égales d'alcool absolu et de toluène, trois heures dans le toluène, trois heures dans le mélange de toluène et paraffine. On met alors la pièce à l'étuve (l'étuve est réglée de sorte que la température ne dépasse pas 60°), d'abord dans de la paraffine fusible à 35°, puis dans de la paraffine fusible à 52° ou 58° (une heure et demi dans chaque paraffine). Le temps du séjour dans chaque liquide augmentera avec le volume des pièces.

Lorsque la pièce est bien imprégnée de paraffine, on coule de la paraffine dans un moule spécial, et avant qu'elle ne soit complètement refroidie, on y place la pièce, en l'*orientant* rapidement si on doit pratiquer les coupes dans une direction détermi-

1. Les liquides les plus volatils nous semblent préférables, car il est difficile de débarrasser la pièce de liquides comme les essences par exemple.

Le toluène, le chloroforme, le sulfure de carbone se recommandent surtout.

née, car une fois la paraffine refroidie, elle est opaque. Il est bon de refroidir rapidement.

Lorsque l'inclusion est bien faite, la pièce est lisse et brillante à la coupe comme la paraffine elle-même.

On peut aussi monter à l'aide de liquides qui dissolvent peu ou pas la paraffine : l'acétone, l'acide sulfurique. Ces liquides déshydratent suffisamment et, comme ils sont très volatils, ils s'évaporent à l'étuve et la paraffine les remplace pour ainsi dire mécaniquement. Ils ont l'avantage de dispenser du passage dans l'alcool absolu qui durcit toujours les pièces, mais donnent des succès moins réguliers.

Voici comment on procède avec l'acétone : on met la pièce dans l'acétone qu'on change trois fois, à vingt-quatre heures d'intervalle, puis directement dans la paraffine dure qu'on change une fois.

### Exécution et traitement des coupes à la paraffine.

— Les inclusions à la paraffine sont coupées à l'aide d'instruments compliqués. Nous ne décrivons pas ici ces microtomes : c'est à l'usage qu'on apprend à connaître l'utilité des différentes dispositions de ces instruments. Les microtomes du type Minot se recommandent surtout.

Il est un certain nombre de précautions qu'on doit observer avec tous les microtomes à paraffine quel qu'en soit le modèle. Le bloc de paraffine doit être taillé de façon qu'il ait *deux faces parallèles l'une à l'autre et bien franchement taillées*, il sera disposé sur le microtome de sorte que ces faces soient *parallèles au tranchant* du rasoir ; le rasoir sera incliné légèrement du côté de l'objet à couper.

Le tranchant du rasoir sera l'objet de soins tout particuliers : il faudra éviter de faire des coupes trop épaisses qui pourraient l'abîmer ; il ne faut jamais toucher le tranchant avec des objets métalliques. On enlève la paraffine qui pourrait l'encrasser avec un linge humide de xylène.

Ces précautions observées, les coupes doivent se coller l'une au bout de l'autre en formant une sorte de *ruban ou de tænia* très commode à manier. Ce ruban sera découpé en petits segments qui seront collés sur des lames porte objet. Les coupes une fois collées et séchées seront débarrassées de la paraffine par

passages : 1° dans le xylène ; 2° dans l'alcool absolu ; 3° dans l'alcool à 90°, enfin dans l'eau. On peut alors les colorer.

Voici comment on opère le collage des coupes sur le porte-objet : on place sur le porte-objet une très petite goutte d'un mélange en parties égales d'albumine (blanc d'œuf) et de glycérine ; on étend cette goutte avec le doigt de manière qu'il en reste une couche à peine sensible. On ajoute alors une grosse goutte d'eau distillée sur laquelle on place un fragment du petit tænia ; on porte le tout à une température de 35° à 40° ; la paraffine se ramollit et les plis qui persistaient, s'effacent. On enlève l'excès d'eau et on sèche, de préférence à chaud (35-40°). On peut aussi étaler et coller les coupes à l'aide de solutions très étendues d'albumine, de gélatine ; ou encore étaler les coupes dans une cuvette d'eau tiède et les recueillir avec une lame enduite d'albumine glycinée. Il faut, dans tous les cas, que les lames soient d'une propreté absolue. Ces manipulations s'apprennent rapidement, et une longue description est moins utile qu'une heure de pratique.

**Coupes au collodion, à la celloïdine.** — On fait une solution épaisse de collodion ou de celloïdine dans parties égales d'alcool absolu et d'éther ; cette solution sert à en faire deux autres : l'une additionnée de deux fois son volume d'éther, l'autre de quatre fois son volume d'éther alcoolique. Les objets à inclure sont passés d'abord dans l'alcool absolu et l'éther, puis successivement dans les trois solutions de collodion en commençant par la plus faible. Ils restent de vingt-quatre à quarante-huit heures dans chaque. On les coule dans un moule avec la dernière solution et lorsque, par un début d'évaporation, la masse commence à prendre, on achève la coagulation du collodion dans un mélange d'alcool et de chloroforme. Les inclusions sont conservées dans l'alcool faible. On fait les coupes à l'aide de microtomes spéciaux. Le rasoir doit être disposé obliquement et être maintenu humide d'alcool.

Les coupes au collodion sont généralement plus difficiles à traiter que celles à la paraffine. Pour les colorer, on les porte successivement dans des verres de montre contenant les solutions colorantes.

Il est difficile d'obtenir avec le collodion des coupes aussi fines qu'avec la paraffine, mais les tissus sont généralement moins contractés et aussi moins durcis<sup>1</sup>. Cette méthode rend encore des services dans des cas spéciaux, notamment pour les objets de consistance dure. Le montage au collodion abîme souvent moins les tissus fragiles que l'inclusion à la paraffine.

**Coloration.** — Depuis longtemps, les histologistes ont pris l'habitude de traiter les coupes et les dissociations par diverses

1. On peut encore inclure dans la gomme arabique qu'on durcit dans l'alcool ou dans la gélatine qu'on durcit dans le formol. Ces procédés peuvent être utilisés lorsqu'on désire éviter le passage dans l'alcool fort et le xylène qui altèrent certaines structures et dissolvent les graisses.

Enfin, il existe des appareils permettant de couper les objets frais ou fixés, après les avoir congelés. Cette méthode peut rendre des services pour l'examen rapide d'une pièce, et surtout pour l'étude des corps gras qui sont intégralement conservés.

solutions colorantes. Les différentes parties des tissus retiennent ces colorants avec plus ou moins d'intensité, ce qui permet de les différencier et d'avoir des préparations claires et faciles à lire.

C'est surtout les noyaux qu'on cherche à colorer électivement ; aussi a-t-on l'habitude de diviser les colorants d'après leur affinité pour le noyau ou le protoplasma. Nous essayerons de les classer d'après leur mode d'action, quoique bien souvent on ignore la raison de leurs affinités.

**Colorants fixés par les tissus à l'état de laques.** — Ces colorants sont fixés sur les tissus grâce à la présence d'un sel métallique qui sert de mordant et forme ce que les teinturiers nomment une laque. Ce sont surtout des colorants nucléaires. On sait que le noyau retient les sels de divers métaux ; c'est sans doute grâce à cette propriété qu'il fixe les mordants.

Le colorant de ce genre le plus employé est l'*hématoxyline* (principe colorant extrait du bois de campêche). C'est une substance brune, dont les solutions alcooliques sont brun-jaune, les solutions aqueuses rouges en milieu neutre ou acide et bleues en milieu alcalin.

On emploie l'hématoxyline à l'alun (laque bleue), au fer (laque noire), on l'emploie aussi au cuivre, au vanadium, etc. Tantôt on la mélange au mordant, tantôt on fait agir le mordant et le colorant séparément. Quelquefois on place la coupe dans le mélange colorant et on attend qu'elle ait fixé suffisamment le colorant. C'est une coloration *progressive*. Tantôt on colore très intensément, puis on décolore peu à peu dans un liquide approprié. C'est une coloration *régressive*.

Voici quelques formules : Hémalun de *Mayer* : on ajoute à une solution d'alun à 5 p. 100 (1 000 g.), une solution alcoolique d'hématéine à 2 p. 100 (50 g.) ; on filtre après refroidissement (colorant progressif).

Hématoxyline de *Behmer*. On ajoute à une solution d'alun à 2 p. 100, une solution alcoolique saturée d'hématoxyline jusqu'à ce que le mélange soit d'un beau bleu. On laisse mûrir quinze jours (progressif).

Hématoxyline de *Delafield* : hématoxyline, 4 g ; alcool, 25 cm<sup>3</sup> ; solution saturée d'alun ammoniacal, 400 cm<sup>3</sup>. On laisse reposer plusieurs jours, on filtre et on ajoute : alcool méthylique, 100 cm<sup>3</sup> et glycérine, 100 cm<sup>3</sup> ; laisser mûrir (progressif, colore intensément).

L'hématoxyline au fer de *Weigert* : on a deux solutions : a) solution alcoolique d'hématoxyline à 1 p. 100 ; b) perchlorure de fer (solution officinale à 45°), 4 cm<sup>3</sup> ; acide chlorhydrique, 1 cm<sup>3</sup> ; eau, 93 cm<sup>3</sup>. On

mélange *a* et *b* en quantités égales au moment de s'en servir (colore rapidement) (progressif).

Pour ces différentes solutions, le temps de coloration est, en moyenne, de cinq minutes; les trois premières nécessitent un lavage à l'eau courante, de 1/4 d'heure environ, qui fait virer la teinte de l'hématoxyline en un beau bleu violacé.

Récemment, on a introduit l'hématoxyline au vanadium (*M. Heidenhain*), à l'acide phosphotungstique (*Mallory*)<sup>1</sup>; on peut obtenir de bons résultats avec l'hématoxyline combinée à d'autres métaux.

Comme type de coloration régressive indiquons la méthode de R. Heidenhain.

Voici la façon de faire cette coloration: les coupes sont placées dans une solution d'alun ferrique à 4 p.100 pendant vingt-quatre à quarante-huit heures; on les lave, puis on les porte dans une solution d'hématoxyline à 1 p.100 où on les laisse vingt-quatre heures: elles deviennent complètement noires; on les décolore alors dans la solution d'alun de fer, en surveillant la décoloration au microscope. Avec les coupes fixées au Bouin, au sublimé, etc., cette méthode colore les noyaux et certains détails cytoplasmiques; après fixation au liquide de Flemming et métallisation convenable, elle colore diverses formations protoplasmiques. On peut dire que cette coloration est d'un emploi à peu près universel. Selon le temps de décoloration et aussi selon les fixations, on colore en somme exactement ce qu'on veut.

Le carmin forme des laques notamment avec l'alun, mais on emploie aussi ce colorant sans mordant métallique. Les couleurs à base de carmin sont moins employées qu'autrefois, cependant le carmin aluné, boraté et même le picocarmin trouvent encore leur emploi<sup>2</sup>.

Le carmin aluné se prépare de la manière suivante: on fait bouillir 1 g. de carmin avec une solution à 3 p. 100 d'alun ammoniacal. on laisse refroidir et on filtre (on colore une demi-heure). Le carmin boraté se prépare en broyant 8 g. de borax avec 2 g. de carmin et 130 cm<sup>3</sup> d'eau (pour coloration en masse). Les picocarmins sont d'une préparation délicate, nous renvoyons pour les diverses formules aux traités spéciaux de technique.

1. *Hématoxyline de Mallory*: hématoxyline, 0 g. 1; acide phosphotungstique à 10 p. 100, 1 cm<sup>3</sup>; eau, 80 cm<sup>3</sup> et quelques gouttes d'eau oxygénée.

*Hématoxyline au vanadium*: Mélanger 60 cm<sup>3</sup> d'une solution d'hématoxyline à 1/2 p. 100 avec 30 cm<sup>3</sup> d'une solution de vanadate d'ammonium à 1/2 p. 100. Laisser mûrir trois jours.

2. La Brésiline, succédané de l'hématoxyline donne une laque rouge avec l'alun et brune avec le fer. C'est un bon colorant.

La méthode de Weigert pour la coloration de la myéline consiste essentiellement dans la formation d'une laque cuprique d'hématoxyline.

On fait usage dans la coloration de Benda (pour les mitochondries) d'une laque ferrique d'alizarine.

**Colorants fixés par dissolution dans certains éléments des tissus.** — Les couleurs organiques employées comme colorants des graisses se fixent sur celles-ci parce qu'elles sont solubles dans les corps gras et peu solubles dans les liquides aqueux. Il se fait alors un partage physique qui est très en faveur des corps gras ; le sudan III, le Scarlach ou Fettponceau, rentrent dans cette catégorie. On les emploie en solution alcoolique ou acétonique faibles, de préférence alcalinisées <sup>1</sup>. La solution alcoolique de chlorophylle est un très bon colorant des graisses.

**Imprégnation des tissus à l'aide de métaux réduits.** — On peut imprégner certains tissus ou certains éléments, en réduisant sur eux divers sels des métaux précieux.

Dans ce type de coloration, on utilise parfois le pouvoir réducteur des parties qu'on veut mettre en évidence : ainsi les graisses (graisses non saturées, graisses oléiques) réduisent l'acide osmique et se colorent en noir par l'osmium métallique. Aussi tous les fixateurs osmiques colorent les graisses en même temps qu'ils les fixent.

Le plus souvent on ne saisit pas bien le rapport entre une propriété particulière de l'élément coloré et la réaction obtenue.

On peut aussi réduire par la lumière le sel métallique dont on a imprégné les tissus. Ainsi on imprègne le ciment intercellulaire par du nitrate d'argent qu'on réduit à la lumière.

On peut également le réduire par une substance réductrice, ainsi imprègne-t-on les fibrilles des cellules nerveuses par l'azotate d'argent réduit par l'acide pyrogallique ou encore les fibres nerveuses par le chlorure d'or réduit par l'acide citrique <sup>2</sup>.

Jusqu'ici ces méthodes, souvent très fines sont purement empi-

1. On enlève l'excès de colorant dans l'alcool faible.

2. Nous indiquerons la façon de procéder à propos du tissu nerveux.

riques. Les résultats sont assez souvent inconstants et la critique en est délicate.

**Couleurs extraites des goudrons de houille.** — Elles sont nombreuses et souvent employées. On peut concevoir leur manière d'agir de deux façons :

Les partisans de la théorie chimique appellent l'attention sur ce fait que ces couleurs étant pour la plupart des sels neutres peuvent se diviser en deux groupes : ceux où le radical colorant est dans la partie acide de la molécule ; c'est-à-dire que cette molécule est formée d'un acide coloré et d'une base incolore ; et ceux où, au contraire, la base est colorée et l'acide incolore. Par abréviation, on appelle ces derniers colorants basiques, tandis que les premiers sont appelés colorants acides.

En général, les colorants basiques colorent le noyau, tandis que les colorants acides auraient plus d'affinité pour le protoplasma. On explique ce fait par ce que le noyau est constitué d'albuminoïdes à caractère acide (nucléines) qui retiendraient la base colorée, tandis que le protoplasma est constitué d'albumines alcalines.

D'autres histologistes (Fischer) pensent que les couleurs d'aniline sont fixées par un simple phénomène d'adhérence moléculaire, dans lequel l'affinité chimique n'intervient que fort peu et où intervient surtout la densité du précipité albuminoïde.

En réalité, presque tous les colorants basiques ont une affinité pour le noyau, mais de netteté variable ; quant aux colorants acides, ils colorent d'une façon diffuse sans aucune élection, ce sont, comme on dit, des colorants de fond. La plupart d'entre eux, même, colorent le noyau plus intensément que le cytoplasma. Enfin l'affinité de certains colorants varie selon l'ordre dans lequel on les emploie successivement. Au reste, la *basophilie* du noyau persiste après fixation dans des liquides qui ont dû singulièrement changer la constitution chimique des albumines nucléaires. Cependant quand on a opéré la dissolution des nucléines, la basophilie du noyau disparaît à peu près

Les couleurs nucléaires d'aniline les plus employées sont : la *safranine*<sup>1</sup> (rouge), la *fuchsine basique* (rouge), les *bleus de thionine*, de *méthylène*, de *toluidine*, le *vert de méthyle*, le

1. La safranine colore puissamment les noyaux quand elle est additionnée de formol et d'un peu de carbonate d'ammoniaque.

*violet de gentiane*, le *violet de méthyle*. On emploie ces colorants en solution aqueuse, en y ajoutant un peu d'aniline ou de phéno[ qui augmentent leur affinité pour le noyau. On enlève l'excès de colorant par l'alcool (acidulé ou non).

Les colorants acides ou colorants de fond les plus utiles sont : *L'éosine* (rose), la *fuchsine acide*, le ponceau (RR)<sup>1</sup>, *l'orange* (G), le *rouge congo*, le *vert lumière*, le *bleu de méthyle*. On emploie ces colorants en solutions aqueuses sans addition de mordant ou avec une solution d'acide picrique.

**Colorants vitaux.** — Lorsqu'on place de petits animaux ou des fragments de tissus dans certaines solutions de colorants peu toxiques, ou lorsqu'on injecte ces colorants dans le sang, certaines parties des tissus les fixent avec élection. Ces colorations sont dites vitales, car le phénomène de coloration qu'on ne s'explique pas encore bien, malgré diverses tentatives faites, se produit en tout cas dans des cellules encore vivantes. Il semble qu'il y ait dissolution du colorant dans les divers éléments des tissus avec localisation prépondérante dans ceux de ces éléments qui sont les meilleurs solvants du colorant donné, suivant la loi physique des partages. *Les colorants vitaux ne colorent jamais les noyaux tant que la cellule est vivante.*

Les colorants vitaux les plus employés sont : le *rouge neutre*, le *bleu de méthylène*, le *brun Bismarck*, le *vert Janus*, le *crésylblau*. On fait vivre de petits animaux aquatiques dans des solutions faibles de ces substances, ou bien on en fait des solutions dans l'eau salée à 7 p. 1 000 dans lesquelles on dissocie les tissus frais.

**Coloration en masse.** — On colore généralement les coupes ou les dissociations, mais on peut aussi colorer de petits fragments de tissus avant de les inclure, c'est ce qu'on appelle une coloration en masse. Les carmins et l'hémalun se recommandent surtout pour cet usage.

**Choix et emploi des colorants.** — Il est, nous l'avons dit, des fixations qui gênent certaines colorations; après de telles fixations, le nombre de colorants possibles est souvent très restreint.

1. Les lettres entre parenthèses indiquent la marque qu'il faut employer lorsqu'il en existe plusieurs.

Ainsi, après les liquides chromiques (sauf le Zenker) et osmiques, on ne peut employer ni les hématoxylines (sauf celle de M. Heidenhain), ni les bleus basiques. On utilise alors la safranine ou la fuchsine basique, ou le violet de gentiane. Les couleurs de fond sont utilisables dans tous les cas,

Il faut, en général, laver à l'eau ou à l'alcool après emploi de n'importe quel colorant pour en enlever l'excès. Il est des cas, avec la safranine par exemple, où on fait une véritable coloration régressive par décoloration dans l'alcool ou l'alcool acidulé.

**Colorations combinées.** — Il est le plus souvent avantageux d'employer plusieurs colorants qu'on fait agir successivement. On combine généralement un colorant nucléaire avec un colorant cytoplasmique faisant contraste. Indiquons les combinaisons les plus usitées : Hématoxyline éosine ; bleu de méthylène ou de toluidine et éosine ; safranine-vert lumière ; violet de gentiane et orange.

On peut employer deux colorants nucléaires : safranine et hématoxyline, et leur ajouter encore un colorant de fond : Safranine-violet de gentiane et orange (*coloration de Flemming*). On peut employer une triple coloration avec deux couleurs protoplasmiques : hémateïne, éosine et orange ; hématoxyline au fer, éosine et vert lumière (*coloration de Prenant*) ; vert de méthyle, fuchsine acide et orange (*mélange d'Ehrlich*). On peut employer enfin trois couleurs acides : fuchsine acide, bleu de méthyle et orange (Mallory) en prenant la précaution de fixer la première par l'acide phosphotungstique.

Donnons quelques détails pour l'emploi de ces colorations combinées :

*Coloration à l'hématoxyline-éosine-orange.* — On colore à l'hématoxyline ; on lave ; on colore avec une solution assez forte d'éosine, on lave sommairement, puis on passe une solution saturée d'orange G et on porte directement dans l'alcool pour le montage. On a les noyaux bleus, le cytoplasme rose, le sang jaune.

*Coloration de Flemming.* — On colore vingt-quatre heures dans une solution faible de safranine, on décolore ensuite par l'alcool jusqu'à ce qu'il n'y ait plus que les nucléoles de colorés (teinte rose pâle des coupes), on colore alors trente minutes dans une solution aqueuse concentrée de violet de gentiane, on lave ; on met sur les coupes une solution d'orange (G), saturée pendant trois à cinq minutes, puis on ajoute quelques gouttes d'alcool à 60° ; on voit le violet s'en aller. On arrête la décoloration alors que les coupes sont encore très violettes, et on monte ; l'alcool enlève encore beaucoup de violet pendant le montage. Lorsque les coupes sont dans le xylol, on peut encore enlever du violet,

s'il en reste trop, avec de l'essence de girofle (Cette coloration est très jolie, mais difficile à réussir). Elle colore les nucléoles et les karyokinèses en rouge, les autres noyaux en violet, le fond en jaune.

**Coloration de Prenant.** — On colore d'abord par une solution forte d'éosine, on lave; on fait alors une coloration à l'hématoxyline au fer, selon la méthode de Heidenhain indiquée plus haut, on lave, puis on met sur la coupe quelques gouttes d'une solution saturée de vert lumière dans l'eau alcoolisée; on laisse une demi-minute, on enlève l'excès de colorant et sans lavage à l'eau, on porte dans l'alcool pour montage. Noyaux noirs, cytoplasme rose, mucus et tissu conjonctif en vert.

**Coloration de Mallory.** — On colore deux minutes par une solution de fuchsine acide à 2 p. 100, on lave sommairement; on met trois minutes dans l'acide phosphotungstique à 1/2 p. 100, on lave soigneusement, et on colore deux à trois minutes dans le mélange suivant: bleu de méthyle, 0 g. 5; orange (G) 2 g.; acide oxalique, 2 g.; eau, 100 g. Noyaux rouges, cytoplasme orange, conjonctif bleu.

Le *mélange d'Ehrlich* se trouve tout fait dans le commerce. où il porte à tort le nom de *triacide*.

**Coloration Weigert-Curtis.** — 1° Colorer les noyaux à l'hématoxyline au fer de Weigert (voir plus haut); 2° colorer par le mélange suivant: ponceau S à 2 p. 100, 1/2 cm<sup>3</sup>; acide picrique, 9 cm<sup>3</sup>; coloration excellente, facile et stable. Noyaux noirs, cytoplasme jaune, conjonctif rose.

Après fixation chromique, nous recommandons la coloration suivante: safranine formolée, vingt-quatre heures; on passe après lavage dans une solution d'acide chromique à 2 p. 100, on lave et on décolore à l'alcool, on recommence le passage à l'acide chromique et à l'alcool plusieurs fois, puis on passe dans une solution saturée de vert lumière et on monte sans lavage à l'eau.

**Coloration de Benda.** — On peut employer le picrobleu à la place de vert lumière (Curtis).

**Colorations mitochondriales.** — Pour obtenir la coloration des mitochondries (voir II<sup>e</sup> leçon) il faut avoir fixé soit par les liquides de Benda (Ac. chromique à 1 p. 100, 15; ac. osmique à 2 p. 100, 4); de Regaud (formol et bichromate); de Champy (Ac. chromique à 1 p. 100, 7; bichromate à 3 p. 100, 7; ac. osmique à 2 p. 100, 4; fixer 8 à 10 jours ou faire suivre la fixation de 24 heures d'un durcissement prolongé dans le bichromate (ou mieux le liquide d'Erlicki (temps important). On peut ensuite colorer par l'hématoxyline au fer de Heidenhain (donne les meilleurs résultats après fixation au formol bichromaté).

Par la *méthode de Benda* (donne le mieux après fixation de Benda), Voici la technique de Meves: mordancer 24 heures dans l'alun ferrugineux à p. 1 000, laver, colorer 8 à 10 heures dans une solution de sulfalizarinate de soude faible (teinte jaune ambrée). Colorer à chaud 10 minutes par la solution suivante: solution alcoolique de krystalviolett saturée 1/3; eau anilinée 2/3, laver, différencier dans l'acide acétique à 1/3 jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus de violet. Monter rapidement en évitant l'alcool (déshydratation à l'acétone).

La *méthode d'Altmann* modifiée par Küll donne les meilleurs résultats après fixation de Champy (*méthode de Champy-Küll*). Colorer fortement par une solution de fuchsine acide saturée, différencier dans l'acide picrique en solution alcoolique ou une solution de picro-carmin d'indigo.

**Montage des coupes.** — La préparation colorée, il faut la conserver. Pour cela on la monte généralement dans le baume du Canada. Les coupes sont portées successivement dans l'alcool à 95°, dans l'alcool absolu et dans le xylol, puis on met une goutte de baume et une lamelle (Le baume du Canada est employé en dissolution dans le xylol). On peut substituer au baume une solution de résine Dammar dans le xylol.

On a sur sa table trois flacons ou tubes bouchés à l'émeri contenant l'alcool à 95°, l'alcool absolu et le xylol. Ces flacons servent pour débarasser les coupes de la paraffine (on passe alors dans l'ordre suivant : xylol, alcool absolu ; alcool à 95°, et pour le montage (on passe dans l'ordre inverse : alcool à 95° ; alcool absolu, xylol). On insiste sur le xylol pour enlever la paraffine et sur l'alcool absolu pour le montage (pour déshydrater).

**Injections.** — Pour mettre en évidence les vaisseaux, on injecte soit le vaisseau principal d'un organe, soit un petit animal dans son ensemble (par l'aorte) à l'aide d'une masse d'injection constituée généralement par une solution chaude de gélatine colorée par une substance finement émulsionnée, mais non dissoute (pour qu'elle ne diffuse pas hors des vaisseaux). On emploie généralement le carmin ou le bleu de Prusse.

On peut injecter par les veines ou par les artères, ou injecter à la fois les unes et les autres en poussant fortement une injection artérielle.

On arrive à injecter les lymphatiques en piquant au hasard certains organes : c'est assez aléatoire.

On peut injecter au lieu de gélatine colorée une solution de nitrate d'argent qui met les vaisseaux en évidence grâce à l'imprégnation des limites endothéliales (Voir III<sup>e</sup> leçon). Il faut préalablement les laver avec de l'eau distillée pour éviter la précipitation de chlorure d'argent.

## DEUXIÈME LEÇON

### LA CELLULE ET LA DIVISION CELLULAIRE

#### I. — LA CELLULE

On sait que les tissus et les organes des animaux, comme ceux des végétaux sont constitués par la juxtaposition des cellules. Ces cellules sont de véritables organismes élémentaires, de petits êtres vivants déjà compliqués et la vie d'un individu n'est que la résultante de la vie des cellules qui le constituent.

Nous ne voulons rappeler ces notions vulgaires et connues tout au moins de tous les étudiants, que pour montrer l'intérêt tout particulier qui s'attache aux études concernant la cellule, études morphologiques, chimico-physiques ou biologiques. Quoique nous les considérons toutes comme étant du ressort de l'histologie, nous ne nous occuperons ici, pour être fidèles au programme que nous nous sommes tracé, que de la morphologie des cellules

Toute cellule, quel que soit le tissu ou l'organe où nous la prenons, est constituée d'une masse de nature albuminoïde plus ou moins mêlée de substances grasses ou lipoïdes : le *cytoplasma*, renfermant une masse généralement arrondie et plus réfringente, constituée d'albuminoïdes plus complexes que les albuminoïdes cytoplasmiques : c'est le *noyau*. Ce dernier renferme en son centre un ou plusieurs corps arrondis très réfringents : ce sont les *nucléoles*.

Ces détails peuvent s'observer sur n'importe quelle cellule. Il est bon cependant de s'adresser à des cellules de grande taille comme celles du foie (surtout du foie des Batraciens) ou les œufs. Ces cellules sont particulièrement commodes à étudier, surtout pour les débutants, parce que

leurs limites sont bien visibles, ce qui rend la préparation facile à interpréter.

La plupart du temps en effet, les limites entre les cellules animales sont difficiles à percevoir et il faut souvent recourir à des méthodes spéciales (imprégnation par le nitrate d'argent) (voir *Epithéliums*) pour les mettre en évidence.

**Syncytium.** — On a un certain nombre d'exemples de tissus, où l'on ne peut jamais mettre en évidence de limites cellulaires, les noyaux étant semés dans un protoplasma indivis; un tel tissu reçoit le nom de *syncytium*. On admet alors qu'il y a, autour de chaque noyau, un territoire protoplasmique qui en dépend, une sorte de cellule théorique, qu'on nomme *énergide*. Beaucoup de tissus peuvent passer par l'état syncytial à un moment de leur existence et reprendre ensuite la structure cellulaire.

Comme type de syncytium, citons par exemple les grandes plaques à nombreux noyaux, qu'on rencontre dans le placenta des Mammifères.

Certains auteurs, se basant sur le fait que chez les animaux les limites cellulaires sont peu visibles, considèrent tous les tissus comme présentant la structure syncytiale. Ils sont obligés alors de distinguer dans la masse protoplasmique commune de petites unités théoriques ou énergides constituées chacune par un noyau et la petite portion de protoplasme qui en dépend. Cette théorie syncytiale de la substance vivante n'aboutit donc pas à une notion sensiblement différente au fond de la conception habituelle.

**Cellules géantes.** — On nomme ainsi des éléments syncytiaux constitués par la fusion *temporaire* de plusieurs cellules. La formation de cellules géantes s'observe soit dans le développement, soit chez l'adulte, soit pathologiquement chaque fois qu'il y a à accomplir un travail auquel une cellule seule ne pourrait suffire. Ex.: cellules géantes pathologiques des phagocytoses difficiles.

Le cytoplasma et le noyau ont une structure. Ce ne sont pas seulement des mélanges amorphes de substances chimiques; car si on les écrase, ils meurent, mais les diverses méthodes d'étude montrent dans le cytoplasma et dans le noyau des structures différentes. Pour nous faire une idée de ces différentes structures, passons d'abord en revue un certain nombre d'exemples concrets de cellules.

### *Protoplasma et deutoplasma*

*Etude de coupes d'œufs de poissons* (fig. II, pl. I). — Sur une telle préparation, nous voyons deux sortes de cellules; de jeunes œufs très petits (E), présentant un cytoplasma soit finement granuleux, soit réticulé, et un grand noyau clair renfermant un

ou deux nucléoles. On voit, outre les nucléoles, quelques grains anguleux très colorables et qui, pour cette raison, ont reçu le nom de grains de chromatine (6). Il existe aussi des œufs très grands (C), entourés d'une membrane épaisse, striée radiairement, dont le cytoplasma est bourré de très gros grains (1), de taille et de colorabilité variables. Entre ces grains, on aperçoit un réseau peu colorable (2), qui, à un très fort grossissement, se montre constitué d'une substance finement granuleuse. Les gros grains représentent un matériel de réserve particulier aux œufs, nommé *vitellus*. On ne trouve pas de tels grains dans toutes les cellules, on ne les trouve pas, par exemple, dans les très jeunes œufs, de plus si on examine les œufs d'espèces diverses de poissons, la quantité et la nature des enclaves varient, ils ne font donc pas partie de la structure essentielle du cytoplasma, d'où le nom d'enclaves ou mieux *deutoplasma* (formation secondaire) qu'on donne aux productions analogues par opposition au mot *protoplasma* (formation primitive, essentielle) qu'on donne à l'ensemble de substances que l'on retrouvera dans toutes les cellules.

Le réseau qu'on voit entre les grains de vitellus fait partie du protoplasma : c'est la même substance qui constituait tout le cytoplasma des jeunes œufs et on retrouve une substance semblable dans toutes sortes de cellules ; c'est en elle que se sont élaborés les grains de vitellus : c'est la substance véritablement vivante.

Dans les gros œufs, le noyau (C) présente une structure un peu différente de celle que nous avons étudiée dans les petits.

Toutes les coupes ne passent pas par le noyau, ce qui se comprend facilement puisque le cytoplasma est très développé : il faut donc chercher dans la préparation un endroit, une cellule favorablement coupée.

Il a une forme irrégulière, souvent vaguement étoilée, renferme de nombreux nucléoles qui occupent une situation périphérique et de petits filaments très colorables constitués par la substance que nous avons appelée chromatine. Le tout est plongé dans une masse homogène : c'est le suc nucléaire coagulé par le réactif.

Les filaments se sont constitués ici aux dépens de la chromatine parce que l'œuf est à un stade proche de la karyokinèse (voir plus loin). Les nucléoles sont périphériques comme chaque fois

qu'il y a dans le protoplasme une élaboration active. Cela marque la participation du noyau aux phénomènes qui se produisent dans le cytoplasme.

### Structure du noyau

*Éléments séminaux d'un myriapode (lithobius) (fig. 1).*— Ces éléments sont très favorables à cause de leur grande taille, ils permettront de voir à un grossissement relativement faible des détails qu'on retrouve dans bien d'autres cellules, mais qu'on n'y peut voir qu'avec de très forts grossissements, et de plus, ils présentent une structure nucléaire extrêmement répandue chez les Vertébrés.

Le noyau est constitué par une sorte de réseau à mailles assez larges sur lequel sont situés les grains irréguliers de chromatine (*chr.*). Il existe un gros nucléole arrondi (*nuc.*). On rencontre souvent des masses de chromatine aussi grosses que le nucléole : elles s'en distinguent par leur forme irrégulière et par leur colorabilité différente.

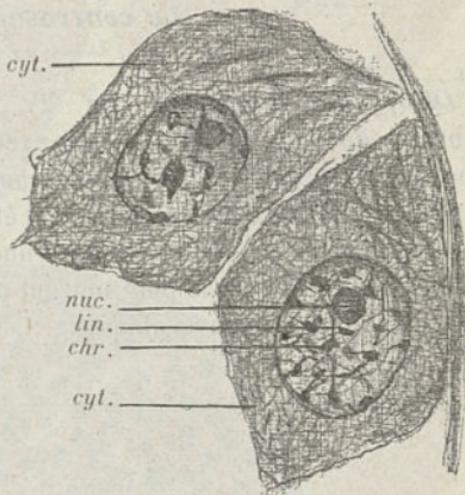


Fig. 1. — Cellules sexuelles (Spermatocytes de *Lithobius*). On distingue les éléments de la structure du noyau. — *nuc.*, nucléole; *lin.*, linine; *chr.*, chromatine; *cyt.*, cytoplasma. — Fixation par le liquide de Bouin.  $\times 800$ .

On a donné le nom de *linine (lin)* (fig. 1) à la substance qui constitue le réseau, de *pyrénine* à celle qui constitue le nucléole et qui est différente de la chromatine. Il y a des blocs de chromatine qui se colorent peu par les colorants basiques et prennent au contraire les colorants acides. On a appelé *oxychromatine*, la substance qui les constitue et qui serait une transformation de la chromatine ordinaire ou *basichromatine*.

Toutes ces substances ne correspondent pas à des corps chimiques connus. Ce sont des termes histologiques sans valeur chimique et dont l'emploi doit être très réservé.

Au contraire, la *chromatine* est une substance mieux connue. C'est une substance protéique du groupe des nucléines, c'est-à-dire des substances les plus complexes chimiquement.

La chromatine histologique a toujours les mêmes réactions parce que celles-ci sont dues aux propriétés communes des nucléines, mais les chimistes savent que les diverses nucléines diffèrent par leur constitution moléculaire et par des isoméries nombreuses.

### Le centrosome

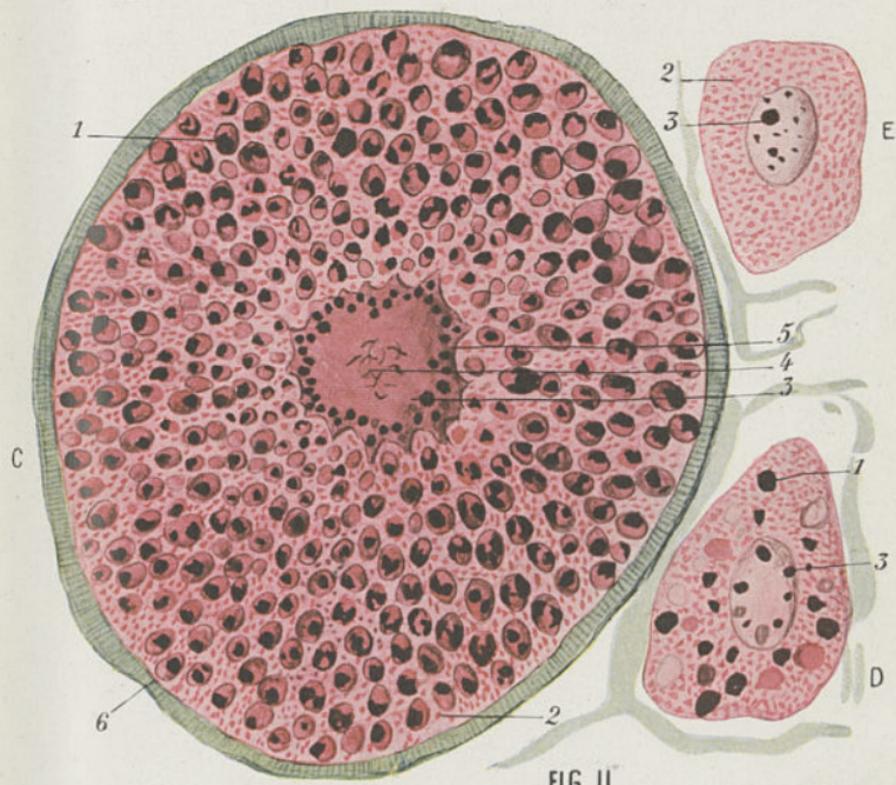
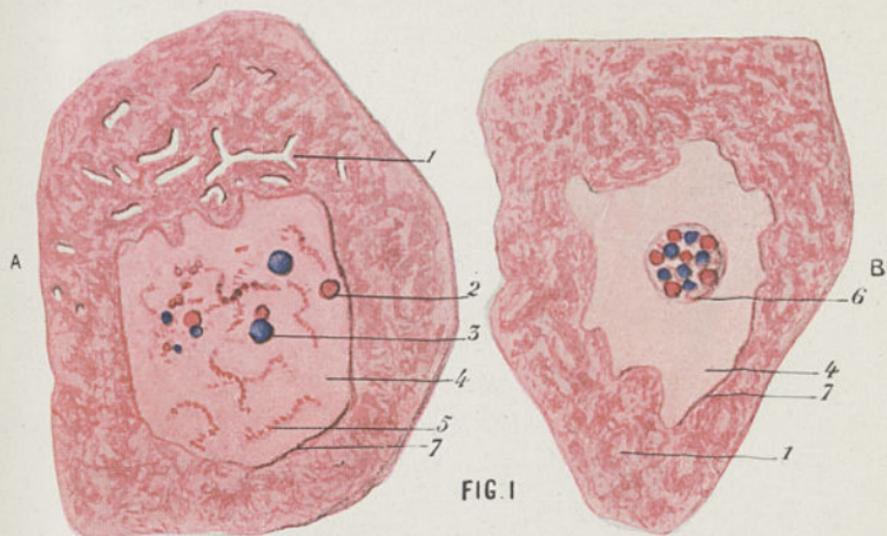
*Oeufs des Batraciens* (fig. 2). — Sur une préparation d'ovaire de jeune Grenouille par exemple (les œufs de l'adulte sont peu favorables à cause de la grande quantité de vitellus qui les rend difficiles à couper), on peut étudier un grand nombre de dispositions variées de la structure nucléaire.

Les nucléoles sont le plus souvent multiples et périphériques. Avec des réactifs convenables (fig. I, pl. I), on arrive aisément à

### PLANCHE I.

Fig. I. — *Grandes cellules* de l'organe de Bidder du Crapaud (*Bufo vulgaris*) (c'est une sorte d'ovaire rudimentaire qui existe chez le mâle de cette espèce) fixé : liquide de Bouin, coloré : bleu de toluidine et rouge Bordeaux.  $\times 200$ . — Dans la cellule A, les grains de chromatine du noyau sont disposés en filaments. Dans la cellule B, les masses de chromatine (rouges) et les nucléoles (bleus) sont réunis en une sorte de nucléole complexe au centre du noyau. — 1, canalicules à l'intérieur du cytoplasme (canalicules de Holmgren); — 2, masse de chromatine affectant la forme d'un nucléole; — 3, nucléole formé d'une partie réellement nucléolaire (pyrénine, bleu), et d'une partie chromatique (rouge); — 4, suc nucléaire coagulé; — 5, filament de granulations de chromatine; — 6, nucléole complexe entouré d'une membrane; — 7, membrane nucléaire.

Fig. II. — *Trois œufs* de l'ovaire d'un Poisson (*Phoxinus laevis*, vairon), fix. liquide de Bouin, coloration de Prenant.  $\times 180$ . — C, œuf adulte rempli d'enclaves; — D, œuf (ovocyte) plus jeune dont le cytoplasme renferme peu d'enclaves; — E, ovocyte tout à fait jeune, dont le cytoplasme ne renferme pas d'enclaves; — 1, enclaves (grains de vitellus à structure complexe); — 2, cytoplasme avec ses granulations (mitochondries); — 3, nucléoles; — 4, filaments de chromatine; — 5, membrane nucléaire; — 6, membrane de l'œuf (striée radialement).





colorer les nucléoles et la chromatine d'une manière différente. On peut aussi constater qu'ils ne se dissolvent pas dans les mêmes réactifs.

La chromatine est disposée tantôt en granules dispersés dans tout le cytoplasma ou réunis en filaments. Cette dernière disposition étant particulière aux œufs et à quelques cellules glandulaires (5), tantôt en masses irrégulières. Souvent, les masses de chromatine sont accolées à des masses nucléolaires. Exceptionnellement, on peut voir les nucléoles et les masses chromatiques réunis et même entourés d'une membrane au centre du noyau, formant une sorte de deuxième noyau (6). Le cytoplasma montre souvent des granulations ou filaments analogues à ceux que nous avons vus ailleurs et presque toujours une masse volumineuse, arrondie, très colorable et finement granuleuse; c'est le *corps de Balbiani*. Cette formation particulière aux œufs n'est, sans doute, qu'un des nombreux aspects de la sphère attractive que nous allons étudier, ou plus exactement, ce sont des granulations groupées en amas, le plus souvent autour de la sphère et qui la rendent plus facile à voir. C'est une agglomération des granules du cytoplasme en un point où quelque chose les attire. Il y a là un centre d'attraction. C'est le centrosome que nous allons étudier mieux à un fort grossissement. Il est révélé ici par l'amas de granules qui l'entoure.

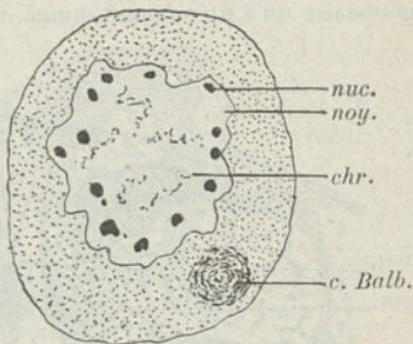


Fig. 2. — Ovocyte de Grenouille. — nuc., nucléoles; noy., noyau; chr. chromatine; c. Balb., corps de Balbiani.

*Canaux de Holmgren.* — La préparation qui a servi à faire la figure I (planche I) montre en outre dans le cytoplasma des canalicules fins (1), coupés transversalement ou longitudinalement, et autour desquels les granulations cytoplasmiques sont souvent condensées. Ces canalicules ont été décrits par *Holmgren* dans un grand nombre de cellules diverses, surtout dans les cellules de grande taille. Ils seraient formés selon lui par la liquéfaction de filaments qui seraient le prolongement de cellules plus petites qui pénétreraient dans le protoplasma de

cellules plus grandes pour les nourrir. Quelle que soit leur origine, les canaux de Holmgren se retrouvent dans un grand nombre de cellules. C'est particulièrement dans de très grandes cellules qu'on les rencontre, et on entrevoit leur raison d'être. En effet, si on suppose qu'une cellule grandit indéfiniment, il arrive un moment où elle ne peut plus se nourrir et respirer par sa surface périphérique qui ne grandit que comme le carré, lorsque le volume grandit comme le cube; il est donc nécessaire qu'à un moment donné, il apparaisse un appareil permettant

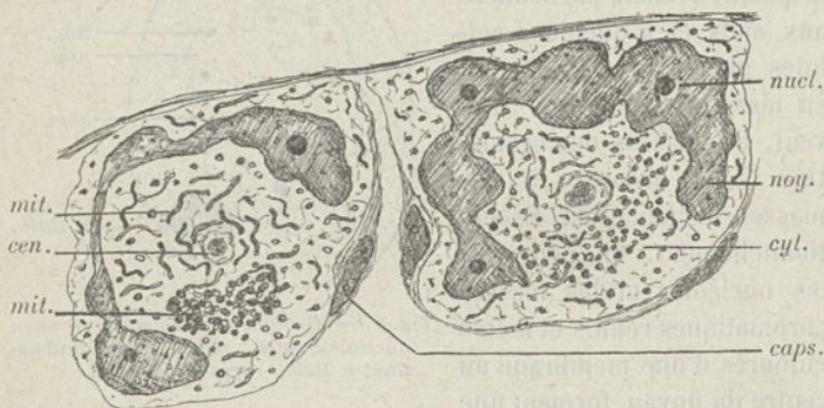


Fig. 3. — Cellules sexuelles (Spermatogonies) d'un Batracien (Bombinator). — *cen.*, centrosome; *mit.*, mitochondries; *noy.*, noyau recourbé et lobé; *nuc.*, nucléole; *caps.*, cellule de capsule, *cyl.*, cytoplasme. — Ces deux cellules sexuelles entourées de petites cellules aplaties (cellules de la capsule) montrent un noyau lobé, un centrosome médian et des mitochondries filamenteuses et granuleuses.  $\times 1.200$ .

aux substances nutritives d'arriver à l'intérieur même de la cellule, ou si on veut, un appareil augmentant sa surface.

Ce phénomène est très net pour les grandes cellules des insectes à l'intérieur desquelles on voit pénétrer les trachées apportant l'oxygène.

### Les mitochondries

*Cellules sexuelles (spermatogonies) de Batraciens* (Grenouille rousse ou mieux Urodèles) (fig. 3) (Fixées et colorées par une méthode mitochondriale). — Il sera utile d'employer un très fort grossissement pour l'étude des détails que nous allons décrire bien que nous ayons choisi un objet où ils sont particulièrement nets.

Ces cellules renferment un noyau (*n*), irrégulier, recourbé en fer à cheval.

*Formes du noyau.* — Les formes diverses du noyau semblent aboutir à ces résultats généraux que l'influence du noyau est répartie aussi également que possible dans le cytoplasme (noyau habituellement central lorsqu'il est unique et rond), que les points de contacts entre le noyau et le cytoplasme sont d'autant plus nombreux que l'activité du cytoplasme est plus grande : ainsi le noyau est souvent très lobé dans

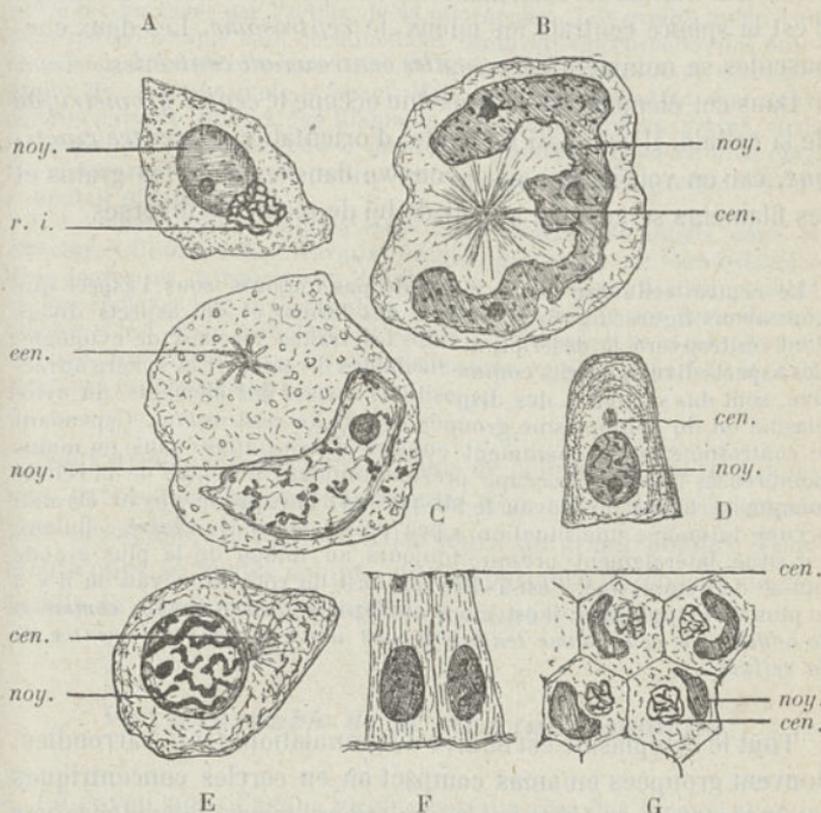


Fig. 4. — Divers aspects du centre cellulaire. — A, réseau interne de Golgi (spermatocyte de rat) d'après Perroncito. — B, centrosome avec irradiations dans un leucocyte du foie de Salamandre. — C, centrosome à irradiations courtes (spermatogonie de grenouille). — D, centrosome dans une cellule de l'épithélium des tubes de Bellini du rein de lapin. — E, centrosome entouré d'irradiations à la prophase. — F, centrosomes superficiels dans l'épithélium utérin. — G, centrosomes dans l'épithélium postérieur de la corneée vu à plat.

les cellules glandulaires qui travaillent activement (cellules de l'hétopancreas des Crustacés, cellules des glandes séricigènes des insectes, et à un moindre degré, leucocyte granuleux du sang de l'homme). Enfin, on observe que le noyau se porte vers le point de la cellule où se produit une élaboration particulièrement active. Ainsi le noyau des poils unicellulaires des racines végétales se porte au sommet du poil lorsque celui-ci est en voie de croissance.

Il existe un nucléole (*nuc.*) dans chacun des lobes principaux du noyau; les grains de chromatine sont assez régulièrement arrondis avec cette méthode. On ne voit pas de réseau de linine.

Le cytoplasme présente en son centre une petite masse (*cen.*) assez mal limitée et renfermant deux corpuscules très colorables: c'est la sphère centrale ou mieux le *centrosome*. Les deux corpuscules se nomment *corpuscules centraux* ou *centrioles*.

Dans cet élément, le centrosome occupe le *centre géométrique* de la cellule. Il est aussi un centre d'orientation un *centre cinétique*, car on voit ici et nous avons vu dans les œufs les grains et les filaments se grouper autour de lui de manières diverses.

Le centre cellulaire ne se présente pas toujours sous l'aspect que nous avons figuré (fig. 3); il affecte des formes et des aspects divers dont on trouvera la description dans les traités spéciaux de cytologie. Ces aspects divers, décrits comme modalités diverses de la sphère attractive, sont dus surtout à des dispositions variées des éléments du cytoplasme ou du deutoplasme groupés autour du centrosome. Cependant le centrosome est fréquemment entouré d'*irradiations* plus ou moins nombreuses (fig. 4); il occupe presque toujours le centre de la cellule lorsque la forme du noyau le lui permet. Lorsque le noyau arrondi occupe lui-même une situation à peu près centrale, le centre cellulaire est situé latéralement presque toujours au milieu de la plus grande masse de cytoplasme, c'est-à-dire qu'il est du côté du noyau où il y a le plus de cytoplasme; il est alors appliqué contre le noyau, *comme si le noyau et le centrosome tendaient tous deux à occuper le centre de la cellule*.

Tout le cytoplasme est bourré de granulations (*mit.*) arrondies, souvent groupées en amas compact ou en cercles concentriques au centrosome (*mit.*): ces granulations, mises en évidence par Benda sur l'objet même que nous étudions, ont reçu le nom de *mitochondries*<sup>1</sup>. Lorsque la préparation est très bonne, on voit d'ailleurs toujours entre les granulations arrondies un certain nombre de filaments lisses et fins dits *chondriocotes*. Si on passait en revue un grand nombre de cellules diverses, on verrait qu'on retrouve partout de tels filaments, tandis que les grains n'existent pas toujours. Dans une expérience célèbre, Altmann a montré que les enclaves des cellules glandulaires se reformaient

1. De *μῆτος*, filament, et de *χονδρίον*, granulation, parce que ces granulations sont susceptibles de se réunir pour former des filaments lisses ou granuleux.

aux dépens de filaments auxquels il a donné pour cette raison le nom de *filaments végétatifs* (fig. 3 et fig. 20)<sup>1</sup> et dont il a le premier compris l'importance.

Altmann expérimentait sur la parotide du chat dont il faisait disparaître les enclaves par l'action de la pilocarpine. Les grains qu'on voit dans notre exemple sont certainement beaucoup plus proches des mitochondries filamenteuses que ceux de la parotide qui sont de véritables grains de sécrétion (voir 4<sup>e</sup> leçon). Mais il semble cependant vrai qu'ici comme partout ailleurs, les filaments se transforment en grains, mais il est peu probable que ceux-ci puissent se retransformer en filaments. Ces derniers sont donc la partie essentiellement vivante, végétative de l'appareil mitochondrial.

Les chondriocontes apparaissent donc comme essentiels dans la structure cellulaire. Les travaux récents ont montré : 1° leur existence dans toutes les catégories de cellules; 2° leur transformation possible en des enclaves très diverses alors qu'ils sont eux-mêmes partout semblables. C'est là un caractère du protoplasme opposé au deutoplasme. On doit donc considérer les chondriocontes comme appartenant à la structure du protoplasma.

Nous avons choisi ces trois types de cellules parmi tant d'autres, parce que chacun nous montre bien une structure particulière et capitale; il faut avoir parcouru un grand nombre d'éléments pour se rendre compte de l'importance de chacun de ces détails de structure. Il en est qu'on retrouve partout.

### *Vue d'ensemble de la structure cellulaire*

Le noyau, nous l'avons vu, se présente avec des formes et sous des aspects assez différents. Il est toujours constitué d'une membrane nucléaire, renfermant un suc nucléaire, dans lequel nous rencontrons deux sortes de corps principaux : les *nucléoles*, les

1. Dans les mêmes éléments, des méthodes différentes montrent des structures différentes de celle que nous avons étudiée. On a coloré notamment autour de la sphère attractive des groupes de bâtonnets qui lui constituent une sorte de capsule (centralkapsel). Par une méthode d'imprégnation assez compliquée, Golgi met en évidence un réseau grossier présentant beaucoup d'analogie avec ces capsules centrales et qu'il a retrouvé, sous des aspects un peu différents, dans les éléments les plus divers : c'est le *réseau interne de Golgi*. Ces filaments et ce réseau paraissent bien souvent analogues ou même identiques aux filaments et aux canaux de Holmgren.

La figure 4 montre divers aspects sous lesquels peut se présenter le centre cellulaire.

*grains ou masses de chromatine*. L'existence d'un réseau de linine a pu être contestée : ce réseau étant considéré comme un artefact (voir p. 3). Il y a cependant des cellules où il existe incontestablement un réseau à l'intérieur du noyau. Le réseau nucléaire peut n'être qu'un simple réseau de coagulation (voir 1<sup>re</sup> leçon : liquides fixateurs), l'aspect du réseau nucléaire dans une cellule donnée varie d'ailleurs avec le réactif fixateur employé. Ce qui prouve que la coagulation est pour beaucoup dans ces images.

Le cytoplasme comprend constamment une masse hyaline renfermant un certain nombre de corps. Tandis que certains de ces corps peuvent manquer, sont contingents, il semble qu'il en soit d'autres dont l'existence est constante et qui sont, comme on a pu dire, *des organes constants et nécessaires de la cellule*.

Tels sont, très probablement, les chondriocentes.

La sphère attractive et surtout les corpuscules centraux semblent être aussi des formations essentielles de la cellule. Si la sphère est souvent difficile à voir, elle se retrouve dans toutes les cellules au moins à un moment de leur existence et elle joue dans leur évolution et surtout dans leur division (voir chap. 1, 2<sup>e</sup> partie), un rôle tellement important qu'on a pu à bon droit considérer la cellule non plus comme une dualité composée du cytoplasme et du noyau, mais comme une sorte de trinité : cytoplasme-noyau-sphère où la sphère n'a pas une importance moindre que le noyau par exemple.

Il y a cependant un certain nombre de faits qui tendent à prouver que le centre cellulaire n'est pas une formation permanente, mais qu'il est de nature banale et contingent. Les faits les plus démonstratifs proviennent de la production de centres nouveaux et multiples dans des œufs sous l'action d'excitants chimiques divers. Encore n'a-t-on pas démontré que ces centres soi-disant néoformés ne provenaient pas du centre cellulaire unique par division. En ce cas en effet, la production de sphères nombreuses aurait simplement la signification d'une division rapide et pathologique du centre cellulaire, ce qu'on voit souvent ailleurs.

Cette dualité ou cette trinité, avec les dispositions essentielles de chacune de ces parties (mitochondries d'une part, chromatine et nucléoles de l'autre) représente la structure de la substance vivante : du protoplasma. Ce protoplasma a donc non seulement

une composition chimique complexe, mais une structure morphologique compliquée. On ne peut le comprendre comme une substance amorphe. De plus, ainsi que le montre l'expérience d'écrasement citée plus haut, on a pu se rendre compte que le protoplasma n'est pas le même partout, que, s'il varie peu dans sa structure, il varie chimiquement. Cela est montré par la nature diverse des enclaves qu'il élabore. Il n'y a donc pas un protoplasma, mais des protoplasmas, autant de protoplasmas qu'il y a de cellules. Cependant, dans tous, nous retrouvons des caractères communs suffisamment nombreux pour que nous puissions parler *du protoplasma en général*, mais en gardant bien, toujours présente à l'esprit, cette notion que le protoplasma ainsi compris est une notion morphologique et que sa constitution chimique varie. Il est essentiellement protéiforme et instable.

Au protoplasma nous avons opposé le *deutoplasme* qui lui, ne peut être considéré comme faisant partie de la substance vivante puisqu'il n'est constant, ni dans son existence, ni dans sa nature. Il provient d'ailleurs des transformations du protoplasma et de ses réactions sur le milieu. Il se forme par les réactions chimico-physiques complexes et encore presque totalement inconnues qui se passent dans le protoplasme, et, il prend une certaine importance, si nous songeons que c'est par lui, par les enclaves si diverses dans leur forme, leur nature chimique, leur mode de formation, que nous pouvons nous rendre compte de la variété, de la complexité de ce qui se passe dans le protoplasme. Le deutoplasme est le seul témoin de l'activité du protoplasma. La variété des deutoplasmas élaborés par les diverses sortes de cellules d'un même organisme ou par les cellules homologues de deux animaux différents, sont précisément la preuve des différences profondes qui existent entre leurs protoplasmas sous une apparence morphologique semblable.

## II. — LA DIVISION CELLULAIRE

Toute cellule provient de la division d'une autre cellule. Cette division se fait soit par un mode simple : c'est la division directe, soit à la suite de processus compliqués : on l'appelle alors division indirecte.

La division indirecte a été découverte par *Van Beneden* dans les cellules des glandes génitales de l'*Ascaris*. Les travaux de *Flemming* sur la spermatogénèse de la Salamandre sont restés classiques.

**1<sup>o</sup> Division indirecte ou mitose.** — Les deux modes de division peuvent s'observer dans les cellules de n'importe quel animal, de l'Homme par exemple ; mais il est bon, pour les étudier, de s'adresser à des êtres dont les éléments sont particulièrement grands et où les phénomènes se présentent pour cette raison avec plus de clarté. Il faut s'adresser aussi à des organes

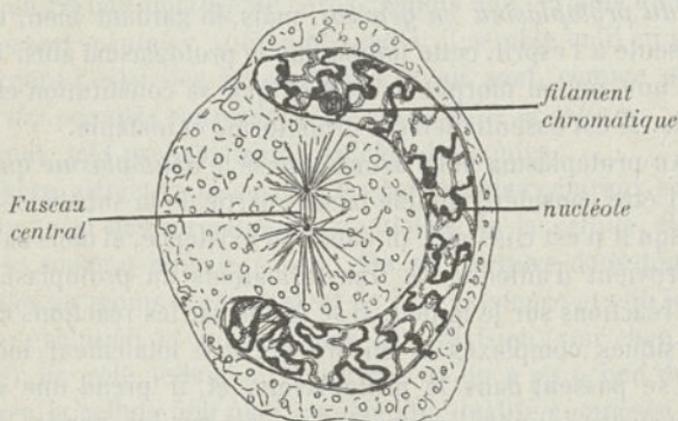


Fig. 5. — *Prophase tout au début dans une spermatogonie de Salamandre.*  
Formation du fuseau central.

où la division des cellules est assez active pour qu'on rencontre, avec fréquence, les divers stades de la division. Nous choisirons, pour ces raisons, le testicule de la Salamandre qui est l'objet même où *Flemming* a si bien étudié la division indirecte (fig. 5, 6 et 7).

Sur une coupe de cet organe <sup>1</sup>, on aperçoit un grand nombre de cellules à noyaux arrondis ou recourbés en fer à cheval. Ça et là, on voit un groupe de cellules qui renferment des bâtonnets très colorés : ce sont les cellules en division. On y rencontre, en les étudiant à un fort grossissement, les différentes images de la figure 6, dont nous allons expliquer la sériation.

1. Il faut prélever le testicule en avril ou mai.

Il se forme d'abord dans le noyau un filament chromatique épais, qui se fragmente en un certain nombre de corps colorables, appelés, pour cette raison, *chromosomes* (*chr.*). Ils ont à peu près les réactions de coloration de la chromatine. Cependant, on voit les deux corpuscules centraux s'écarter l'un de l'autre, tout en restant réunis par une substance qui s'étire en forme de fuseau ; c'est le *fuseau central*. On donne aussi à ce stade le nom de *prophase* et à cette image le nom de *spirème* à cause de la disposition vaguement spirallée des filaments chromatiques (fig. 6, A).

La membrane nucléaire disparaît et les chromosomes deviennent libres dans le cytoplasme, pendant que le fuseau central augmente considérablement de volume. Les chromosomes recourbés en U (*chr.*), s'accrochent alors au fuseau par leur partie recourbée, les extrémités libres étant tournées vers l'extérieur (fig. 6, C). Ce stade a reçu le nom de *métaphase* et l'image qui y correspond, celui d'*aster chromatique*, parce que, vue par-dessus, elle a un aspect étoilé (fig. 6, E). On l'appelle encore *couronne équatoriale* parce que les chromosomes sont disposés à la périphérie du fuseau et en respectent le centre, formant une sorte de couronne. On remarque, dès ce stade, autour des centrosomes, une série d'irradiations qui leur donne aussi un aspect étoilé, c'est l'*aster achromatique* (*irr. ast.*). Alors, chacun des chromosomes se clive longitudinalement en deux (fig. 6, C), puis les deux moitiés se dirigent respectivement vers les deux pôles du fuseau : c'est l'*anaphase* (fig. 6, D) qui donne lieu à l'image appelée aussi *dyaster* parce qu'il y a dans la cellule deux figures chromatiques étoilées opposées l'une à l'autre.

On ne peut aujourd'hui encore préciser la manière dont les chromosomes se constituent aux dépens de la structure du noyau à l'état de repos. Nous avons étudié dans les œufs, des formations chromatiques filamenteuses qui ne sont pas sans analogie avec les chromosomes. Ils en diffèrent en ce que les nucléoles en restent généralement indépendants, tandis que les nucléoles semblent contribuer à la formation des chromosomes de la division aussi bien que la chromatine. Dans quelques cas exceptionnels, on voit cependant les nucléoles persister pendant la karyokinèse. Les chromosomes de la mitose ont d'ailleurs le plus souvent des réactions de colorabilité intermédiaires entre celle de la chromatine et celle des nucléoles. En tout cas, avant d'avoir l'aspect dessiné fig. 6A, les chromosomes apparaissent comme des filaments

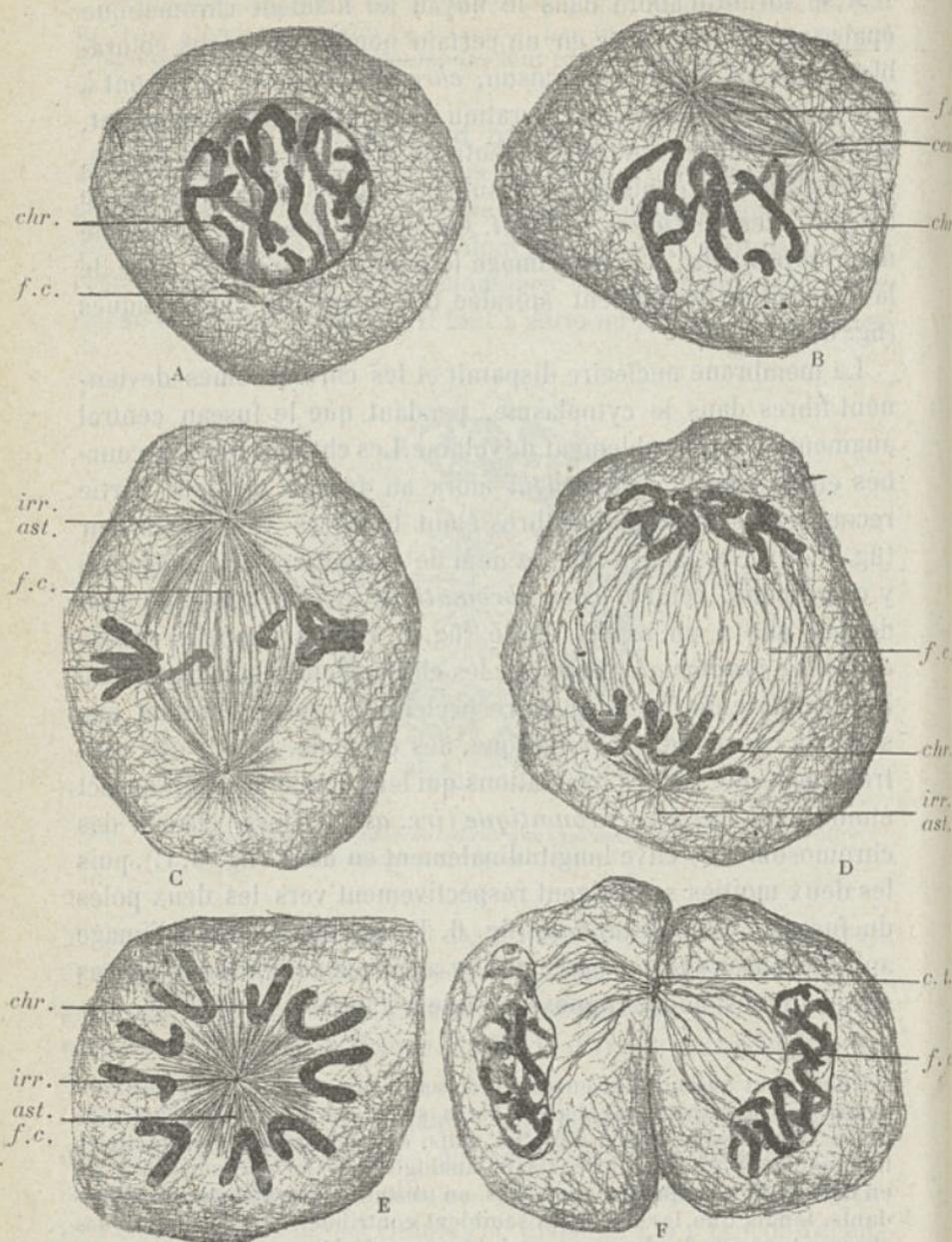


Fig. 6. — Stades successifs de la mitose dans les spermatogonies de la Salamandre. — A, prophase; — B, mise au fuseau des chromosomes; — C, aster vu de profil (métaphase); — D, anaphase; — E, aster vu de dessus (vue polaire); — F, télophase. — *chr.*, chromosomes; *f. c.*, fuseau central; *cen.*, centrosome; *irr. ast.*, centrosome entouré d'irradiations (aster achromatique); *c. i.*, corps intermédiaire de Flemming.  $\times 1500$  environ.

variqueux enroulés à la surface interne de la membrane nucléaire. En même temps que ce filament apparaît, le noyau se gonfle (*gonflement prophasique*) et le suc nucléaire devient de moins en moins colorable comme si tout ce que renferme le noyau participait à la formation de ces filaments.

Dans chacun des deux groupes, les chromosomes se ressoudent l'un à l'autre et s'entourent d'une nouvelle membrane nucléaire pendant que se forme entre eux une membrane cellulaire qui étrangle le fuseau en son milieu (fig. 6, F). Il se produit, au point où le fuseau est resserré, un corps colorable appelé *corps intermédiaire de Flemming* (c.i.)<sup>1</sup>. Ce dernier stade porte le nom de *télophase*. Les chromosomes se résolvent bientôt en granulations et les noyaux reprennent leur structure normale. Les centrosomes exécutent une rotation d'un quart de cercle (fig. 7), se divisent chacun en deux, s'entourent d'une substance qui reconstitue le centrosome et la sphère des cellules filles est ainsi reconstituée.

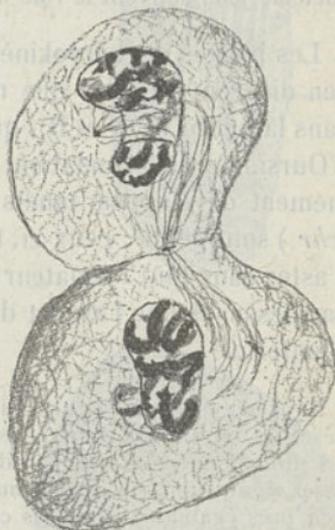


Fig. 7. — *Télophase d'une mitose de la figure précédente.* — Rotation d'un corpuscule central (Le noyau est annulaire).

Ce mode de division est nommé *Karyokinèse* (de *καρυον*, noyau, et *κίνησις*, mouvement) parce que les phénomènes nucléaires ont surtout attiré l'attention des premiers observateurs, ou encore *mitose* (de *μιτος*, filament) à cause de l'aspect du fuseau achromatique qui est particulier à ce mode de division.

On a pu sérier ces divers stades et établir qu'ils se succédaient dans l'ordre que nous venons d'indiquer, par l'étude de la mitose sur des cellules vivantes, par exemple sur les globules rouges du sang des Batraciens. On peut faire aisément cette vérification sur les poils des éta-

1. Chez les végétaux, on voit très nettement la membrane qui va séparer les deux cellules filles se constituer, au moins en partie, aux dépens de granulations qu'on aperçoit à la fin de l'anaphase sur le milieu des filaments du fuseau ; ces granulations ont reçu le nom de *dermatosomes*.

mines de certaines plantes. On peut aussi se rendre compte de cette manière de la durée de la karyokinèse. On a pu même cinématographier des karyokinèses et en augmentant la rapidité de déroulement du film, obtenir des effets particulièrement démonstratifs et saisissants.

La karyokinèse est un des phénomènes des plus généraux de la biologie ; on la rencontre à peu près identique à ce que nous venons de décrire, chez les végétaux. Cependant, l'existence des centrosomes est encore discutée chez les végétaux supérieurs. Chez les Protozoaires, on observe une karyokinèse plus ou moins incomplète dans laquelle le nucléole joue souvent le rôle de centrosome.

Les images de karyokinèse présentent souvent un aspect un peu différent de celui que nous venons d'étudier. Par exemple dans la figure 8 (A et B), qui représente la karyokinèse d'œufs d'Oursin après fécondation, les asters achromatiques sont extrêmement développés, tandis que le fuseau et les chromosomes (*chr.*) sont petits ; ceux-ci, très nombreux, sont répartis au stade d'aster dans tout l'équateur du fuseau de sorte que la figure vue par-dessus donne l'aspect d'une *plaque* et non d'une couronne équatoriale.

Nous n'avons pas figuré, dans les images précédentes de karyokinèse, les organites du cytoplasme que nous avons signalés, notamment les mitochondries. La plupart du temps elles restent dispersées de façon assez égale dans le cytoplasme de telle sorte qu'elles sont réparties à peu près également dans les cellules filles, mais il est un certain nombre de cas où les mitochondries constituent des bâtonnets (*chondriocotes*) qui se disposent circulairement à la métaphase autour des chromosomes, et se divisent, comme eux, en deux groupes à l'anaphase. Le parallélisme de cette sorte de plasmokinèse avec la karyokinèse est des plus suggestifs (fig. 8, C).

A première vue la karyokinèse semble surtout disposée de manière à répartir également et méthodiquement les composants du protoplasme et plus particulièrement la chromatine entre les cellules-filles.

Une certaine lumière a été jetée sur la signification de la karyokinèse par cette observation, maintes fois vérifiée, que le nombre des chromosomes qui se forment dès la prophase est le même dans toutes les cellules d'une espèce donnée, quel que soit l'organe où l'on étudie ces cellules, et que le nombre des chromosomes diffère d'une espèce à l'autre <sup>1</sup>. On comprend que la divi-

1. Ainsi ce nombre est de seize chez la Salamandre, de deux dans les cellules de l'*Ascaris megalocephala univalens* (fig. 8, D).

sion longitudinale des chromosomes à la métaphase aboutit à ce que les chromosomes sont exactement aussi nombreux dans cha-

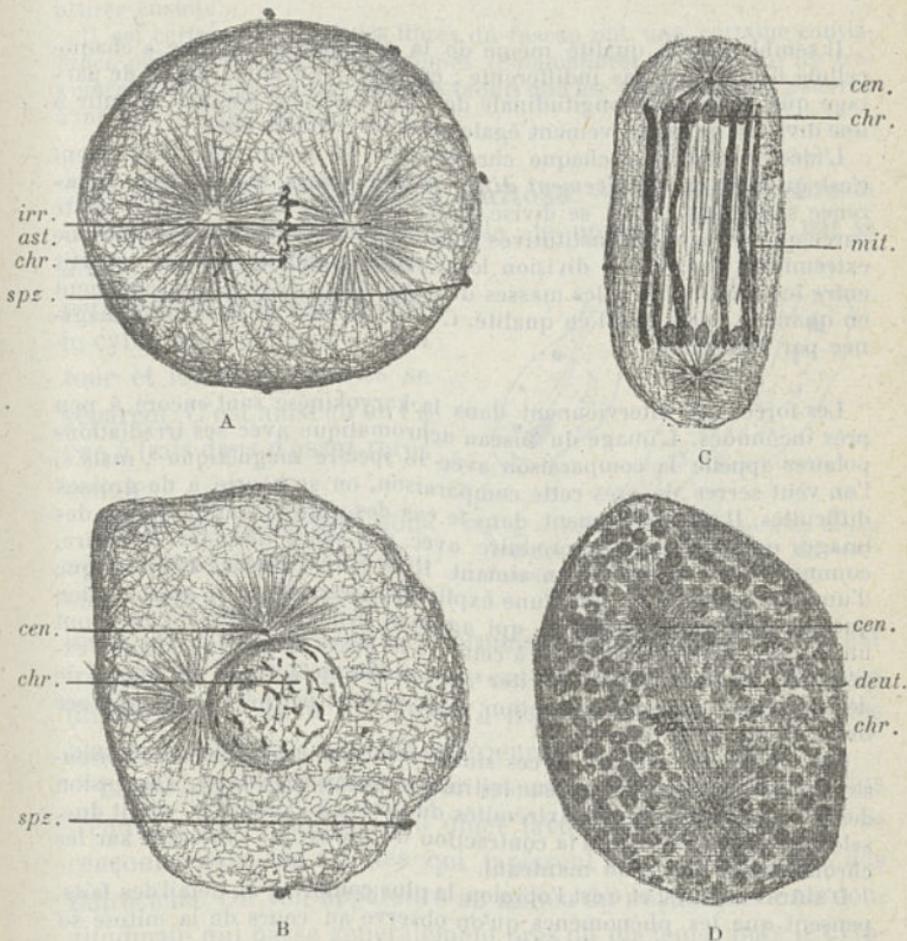


Fig. 8. — Aspects divers des images de mitose. — A et B, première division d'un œuf d'Oursin. A métaphase et B prophase. Ces images sont remarquables par la grande taille de la figure achromatique et la petitesse des chromosomes (fig. A); — C, division d'un spermatozote d'insecte avec coloration des mitochondries (d'après Fauré-Frémiet). Les bâtonnets mitochondriaux (*mit.*) entourent le fuseau et les chromosomes; — D, division d'un spermatozote d'*Ascaris* (Il n'y a qu'un seul chromosome fissuré; mêmes signes que les figures précédentes). — *spz.*, spermatozoïdes accolés aux œufs d'oursin et n'ayant pas servi à la fécondation; *deut.*, deutoplasma.  $\times 1.500$ .

que cellule-fille que dans la cellule mère. La substance chroma-  
tique du noyau est ainsi distribuée très également entre les deux

cellules filles<sup>1</sup>. Cette observation semble indiquer que la chromatine est une substance particulièrement précieuse dont la quantité, doit être exactement déterminée dans chaque cellule.

Il semble que la qualité même de la chromatine dévolue à chaque cellule fille ne soit pas indifférente ; en effet, tout autre mode de partage que la division longitudinale des chromosomes pourrait aboutir à une division quantitativement égale entre les cellules filles.

L'idée vient que si chaque chromosome se divise individuellement c'est qu'il est *qualitativement différent* des autres malgré une apparence semblable et s'il se divise longitudinalement, c'est sans doute parce que ses parties constitutives sont différentes qualitativement d'une extrémité à l'autre. La division longitudinale aboutit alors à répartir entre les cellules filles des masses de chromatine égales non seulement en quantité, mais aussi en qualité. C'est là la base de la théorie imaginée par Weissmann.

Les forces qui interviennent dans la karyokinèse sont encore à peu près inconnues. L'image du fuseau achromatique avec ses irradiations polaires appelle la comparaison avec le spectre magnétique<sup>2</sup>, mais si l'on veut serrer de près cette comparaison, on se heurte à de grosses difficultés. Il est, notamment, dans le cas des mitoses multipolaires, des images qu'on ne peut reproduire avec des pôles de nom contraire, comme le sont les pôles d'un aimant. Il ne peut d'ailleurs s'agir là que d'une comparaison et non d'une explication, cependant il semble bien que les forces indéterminées qui agissent pendant la karyokinèse ont un mode d'action comparable à celui de la force magnétique dans l'expérience que nous venons de citer<sup>3</sup>. Il y a à la métaphase, un champ de force entre deux pôles d'action, mais cela ne permet pas de préjuger de la nature de la force.

On a invoqué aussi des forces simples en apparence, très mystérieuses au fond, en s'appuyant sur les images observées ; ainsi, l'ascension des chromosomes vers les extrémités du fuseau à l'anaphase, serait due, selon quelques auteurs, à la contraction de fibres qui s'insèrent sur les chromosomes (fibres du manteau).

D'autres auteurs, et c'est l'opinion la plus conforme au détail des faits, pensent que les phénomènes qu'on observe au cours de la mitose se

1. Récemment on a annoncé que les mitochondries étaient aussi réparties également entre les cellules filles lors de la karyokinèse, ce qui contribuerait aussi à faire penser qu'elles sont d'une haute importance pour la vie de la cellule. Si cette notion s'appuie sur quelques faits très démonstratifs, il faut reconnaître que, dans la plupart des cas, la répartition des mitochondries entre les cellules filles lors de la karyokinèse se fait avec beaucoup moins de précision que celle de la chromatine.

2. On sait que, si on place sur les deux pôles d'un aimant une feuille de carton mince et qu'on y verse de la limaille de fer en secouant de temps en temps le carton, la limaille se dispose en lignes, constituant une figure appelée spectre magnétique analogue à la figure achromatique de la mitose.

3. On peut reproduire des spectres avec des forces autres que le magnétisme ; l'image est due, non pas à la nature de la force qui agit, mais aux conditions dans lesquelles elle agit, au dispositif expérimental.

ramèment aux phénomènes de croissance dont la cellule est constamment le siège. Ils font remarquer que le fuseau croît en longueur de la prophase à la métaphase assez régulièrement. Il est certain que les centres semblent repousser les chromosomes jusqu'à la métaphase et les attirer ensuite.

Il est certain aussi que les fibres du fuseau ont une certaine consistance puisque les gros chromosomes (Salamandre) ne peuvent les traverser et se groupent en couronne tandis que les petits (Oursin) peuvent s'introduire entre eux.

**2° Division directe ou amitose.** — La division directe se fait par un procédé plus simple : le noyau s'étrangle par le milieu, se fragmente en deux parties à peu près égales, puis le cytoplasme s'étrangle à son tour et les deux cellules se séparent. C'est ainsi qu'on l'a vue à frais dans d'assez rares cellules.

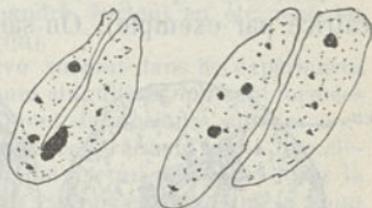


Fig. 9. — *Division par clivage d'un noyau* (cellules des canaux efférents du testicule de Salamandre).

Beaucoup d'images données comme stades d'une division directe sont certainement

des images de noyaux normalement lobés (cette forme est fréquente). Il est cependant des cas incontestables de divisions directes, ainsi on a pu suivre à frais la division des globules blancs du sang des animaux inférieurs.

La *division scissipare* ou par fission est certainement plus fréquente que l'amitose. Un objet favorable pour l'observer se rencontre dans les cellules qui tapissent les voies génitales des Batraciens. On voit apparaître au milieu du noyau une fente longitudinale qui passe généralement près du nucléole, puis le cytoplasme se clive à son tour en deux moitiés. Ce mode de division semble assez fréquent dans certaines cellules notamment dans le tissu conjonctif.

Parfois on voit aussi le noyau se diviser brusquement en 4 ou 5 noyaux-filles par un phénomène rapide comme serait la rupture d'une gouttelette et sans qu'on puisse suivre des stades.

On a beaucoup discuté sur l'importance relative des deux modes de division directe et indirecte. On admet généralement

que la mitose est le mode de division normal des cellules, tandis que l'amitose ne s'observerait que dans les cellules vieilles ou dans les cellules très différenciées, dont l'évolution est limitée. Cependant, un certain nombre d'auteurs ont prétendu que des divisions directes pouvaient être suivies de karyokinèses, ce qui semble enlever à la karyokinèse une partie de son importance. Il faut comprendre la difficulté qu'il y a à constater que les cellules qui se divisent par karyokinèse sont bien celles-là mêmes qui proviennent d'amitoses antérieures. On a observé surtout ces amitoses dans les cas où les besoins de l'organisme exigeaient une multiplication rapide des cellules (début de la formation d'une cicatrice par exemple). On sait d'ailleurs que l'amitose est plus

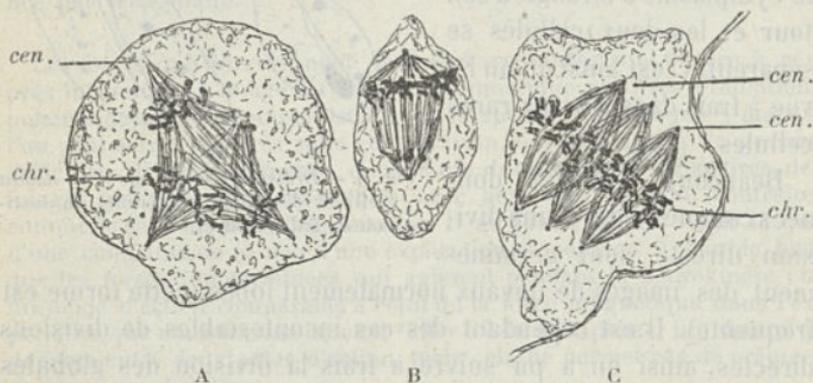


Fig. 10. — *Mitoses anormales*. — A. mitose pluripolaire (testicule de grenouille). — B. Mitose inégale (cancer utérin). — C. Mitose plurivalente (culture de rein de lapin en dehors de l'organisme).

rapide que la karyokinèse. Toutes les cellules très chargées d'enclaves ou d'appareils très différenciés ne semblent pas non plus pouvoir se diviser par mitose.

Il semble donc bien que la karyokinèse est le procédé normal, régulier de multiplication des cellules, tandis que l'amitose, la division directe se rencontre, ou bien dans les cellules qui ne sont plus capables de karyokinèse, ou dans les éléments qui ont besoin de se multiplier très rapidement; c'est alors, pour ainsi dire un procédé de fortune.

Il est certain qu'il y a nettement antagonisme entre la division mitotique et une différenciation accentuée de la cellule (Loi de Prenant).

**Divisions anormales et multipolaires.** — La division par karyokinèse peut présenter des anomalies. Les chromosomes peuvent se répartir inégalement entre les cellules-filles (fig. 10, B); il peut se former, dès la prophase, plusieurs centrosomes qui s'écartent en donnant un fuseau pluripolaire (fig. 10, A). Les chromosomes se groupent d'abord vers le milieu du fuseau, puis se répartissent tantôt également, tantôt inégalement entre chacun des centrosomes. Il se produit ainsi plusieurs cellules. Les divisions pluripolaires s'observent notamment dans les tissus qui se multiplient dans des conditions anormales, on les rencontre dans les premières divisions de segmentation d'œufs, dont le développement s'arrête le plus souvent par la suite; on les rencontre aussi dans les tumeurs.

**Divisions hétérotypiques.** — Les dernières karyokinèses des cellules qui formeront les produits sexuels présentent un certain nombre de particularités (voir spermatogénèse-ovogénèse). On les désigne sous le nom de mitoses hétérotypiques (Une grande partie des mitoses qu'on rencontre dans le testicule de la Salamandre, surtout en été, sont des mitoses hétérotypiques (voir à la 10<sup>e</sup> leçon).

**Divisions plurivalentes.** — On observe surtout dans les expériences de survie des tissus des divisions mitotiques singulières qui sont formées par la superposition dans un même élément de plusieurs mitoses normales disposées parallèlement. Ces mitoses apparaissent dans des éléments qui ne se divisent pas normalement et qui ont sans doute la valeur de deux ou trois cellules ordinaires comme en témoigne le nombre anormalement grand des chromosomes qui y apparaissent.

### Technique

Pour toute étude cytologique, la fixation des pièces et sa critique sévère prend une importance prépondérante, plus encore que dans tout autre étude anatomo-microscopique. Nous recommandons les liquides de Bouin et de Flemming (voir technique, p. 4) pour l'étude des structures nucléaires et de la division cellulaire.

Pour l'étude du protoplasme, et notamment les mitochondries, les techniques de Benda, de Regaud, de Champy-Küll donnent de bons résultats.

Pour colorer la chromatine sur une simple dissociation, un objet classique, et des plus favorables, est la glande salivaire de la larve de Chironomus (ver de vase). Le colorant le plus commode est le vert de méthyle.

On emploie une solution de vert de méthyle à 1/100, additionnée de 1 à 2 p. 100 d'acide acétique. Ce mélange fixe et colore en même temps. On ouvre avec des ciseaux la tête de la larve de chironomus. on attire avec les pinces un fragment de glande salivaire et on le dissocie dans 1 goutte de cette solution. Les plaquettes de chromatine sont dans cet objet groupées en un long boyau.

Pour avoir la chromatine et les nucléoles colorés de façon différente, nous recommandons la coloration de Flemming (voir technique, p. 15).

Pour l'étude des corpuscules centraux et en général pour tous les détails un peu fins de cytologie, rien ne vaudra l'hématoxyline au fer de M. Heidenhain <sup>1</sup>.

1. On complètera les notions données dans ce chapitre par : *Traité d'histologie* de Prenant, Bouin et Maillard, t. I, Cytologie; — et Hennequy : *La cellule*, Paris, 1896.

## TROISIÈME LEÇON

### I. — APPAREILS FONCTIONNELS DE LA CELLULE.

#### DIFFÉRENCIATIONS CELLULAIRES

Nous avons décrit dans le chapitre précédent des structures cellulaires tout à fait générales qu'on peut rencontrer dans toutes sortes de cellules. Les éléments de l'organisme sont loin d'être tous aussi simples. Ils se sont adaptés à des fonctions diverses et portent l'empreinte de leur fonction spéciale, ils sont *différenciés*. Cette empreinte se manifeste généralement par le fait que la cellule a élaboré des appareils fonctionnels souvent tellement importants qu'on a peine à retrouver la structure générale précédemment décrite. C'est pourquoi les cellules musculaires, nerveuses ou même épithéliales seront l'objet d'une étude spéciale. Il y a cependant quelques différenciations fonctionnelles qui correspondent à des fonctions tellement générales qu'on doit les connaître d'abord.

#### *Appareils de soutien de la cellule. Tonofibrilles*

*Intestin d'une larve de chironome.* — Si nous examinons les cellules qui tapissent l'intestin d'une larve de chironome (ver de vase) nous voyons outre le noyau et le cytoplasme tels que nous les connaissons, un certain nombre de particularités. Le cytoplasme présente du côté du bord libre de la cellule une bordure spécialement colorable, striée verticalement.

C'est une *cuticule striée* (sur laquelle nous reviendrons). De

cette cuticule partent une série de fibrilles qui traversent la cellule de haut en bas et semblent parfois, de l'autre côté s'insérer sur une bande résistante, qui se trouve entre la cellule et les tissus sous-jacents et qu'on nomme *membrane basale*. Les fibrilles sont relativement solides, le noyau se déforme à leur contact. Elles constituent une sorte de squelette interne de ces très grands éléments. On les nomme fibrilles de soutien ou *tonofibrilles*. On ignore leur nature chimique, elles ne sont pas toujours nettement limitées et semblent une condensation du cytoplasma. On trouve fréquemment de telles tonofibrilles chez les Invertébrés. Chez les Vertébrés, elles sont généralement plus fines et plus difficiles à voir. On les trouve dans divers épithéliums et dans des cellules de soutien spéciales comme celles de l'oreille interne.

### *Substances intercellulaires*

**Tissu muqueux.** — Si nous examinons le tissu interstitiel de jeunes embryons (p. ex. sur un cordon ombilical), nous y verrons de petites cellules étoilées noyées dans une substance ici peu colorable et hyaline.

On nommait autrefois cette substance : *substance fondamentale* parce qu'on croyait que les cellules s'y formaient par une sorte de génération spontanée, on sait aujourd'hui qu'il n'en est rien et ce terme doit disparaître.

Sur des embryons très jeunes, on peut se rendre compte que les cellules étoilées existent avant la substance intercellulaire, qui apparaît comme formée secondairement par elles et rejetée en dehors d'elles.

**Cartilage à stroma capsulaire** (fig. 11). — Le cartilage d'une lamproie se montre sur une coupe constituée par des cellules à cytoplasme vacuolaire dont chacune est entourée par une coque résistante et spécialement colorable qu'on nomme *capsule*.

C'est une sorte de densification de la partie externe du cytoplasme (de l'exoplasme, comme on dit encore) qui n'est pas

sans analogie avec la différenciation interne qui constitue les tonofibrilles. Dans le cartilage de la lamproie, il existe peu d'es-

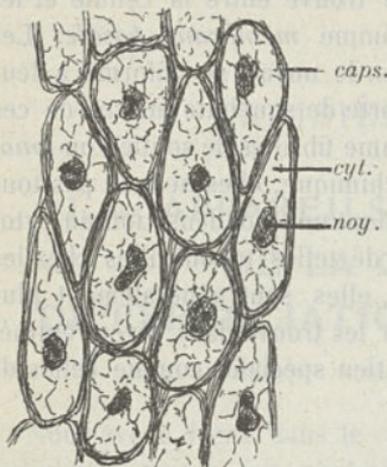


Fig. 11. — Cartilage à stroma capsulaire (lamproie) (Coloration de Pre-nant).

spaces entre les capsules des cellules, mais si petits qu'ils soient, on voit qu'ils sont remplis par une substance hyaline, une substance dont la nature intercellulaire est nette, précisément à cause de l'existence de la capsule.

La nature des substances intercellulaires de ce type est encore objet de discussion. De l'excès qui consistait à les considérer comme fondamentales, on est peut-être tombé dans celui qui consiste à les considérer comme de pures excré-tions de la cellule. Il est certain qu'il peut s'y produire des diffé-renciations simples, comme nous

verrons à propos du tissu conjonctif. Il est certain que ces substances se rapprochent des produits secondaires de l'activité cytoplasmique tels que les enclaves. Elles en diffèrent par une forme moins bien définie, qui peut être due à une cause physique simple.

## II. — LES ÉPITHÉLIUMS

Si l'on examine une coupe d'un organe superficiel ou limitant une cavité naturelle, chez quelque animal que ce soit, on constate que la couche de cellules superficielles ou même plusieurs des couches de cellules superficielles, sont différentes des éléments profonds, ce qui se conçoit aisément, puisqu'elles sont dans des conditions spéciales. On a donné le nom d'épithéliums à ces couches de cellules dont l'aspect varie suivant les conditions physiologiques de la surface recouverte, mais qui présentent ce caractère commun d'être toujours différentes des cellules sous-jacentes et *étroitement juxtaposées*.

On nomme les épithéliums d'après la forme des cellules qui les constituent d'une part et, d'autre part, d'après leur disposition. Ainsi on dit : *épithélium prismatique* (constitué de cellules prismatiques) ou *pavimenteux* (constitué de cellules aplaties), *épithélium simple* (à une couche de cellules) ou *stratifié* (à plusieurs couches de cellules).

On a aussi classé les épithéliums d'après leur origine embryologique. Les cellules provenant de la division de l'œuf se rangent bientôt en feuillets d'aspect épithélial. Un embryon de Poulet de quelques heures, est constitué de trois couches ou feuillets : l'*ectoderme*, le *mésoderme* et l'*entoderme*. L'ectoderme et l'entoderme donneront lieu dans le développement ultérieur à la plupart des épithéliums. Une partie cependant provient du mésoderme et plus spécialement de l'épithélium cœlomique<sup>1</sup>. Cette classification embryologique ne donne pas une bonne idée de la structure des épithéliums.

Comme la fonction des épithéliums détermine leur structure, c'est d'après leur fonction que nous les classerons.

### *Épithéliums de mouvement*

**Épithéliums ciliés.** — L'épithélium cilié (prismatique, cubique ou plat (est un type très généralement répandu chez les Vertébrés et les Invertébrés (sauf les Arthropodes), notamment sur les surfaces où il y a des particules à pousser, un liquide à renouveler, à condition que les frottements ne soient pas trop intenses.

Ainsi, on le trouvera dans l'œsophage des Batraciens, l'intestin ou les branchies des Mollusques. Le rapport de la ciliation avec la fonction est prouvé par quelques exemples typiques : le péritoine d'une grenouille ne se cilie qu'au moment de la maturité des œufs, que les cils pousseront vers l'oviducte. Même chose pour le péritoine de la lamproie mâle à la maturité des spermatozoïdes. Il y a d'ailleurs des cas nombreux où on ne saisit pas la cause déterminant la ciliation. La nature du liquide joue certainement un rôle.

*Œsophage des Batraciens* (pl. II, fig. I) (Coloration de Pre-nant). — La surface interne de l'œsophage des Batraciens présente

1. Voir Ch. Champy, *Manuel d'Embryologie*.

quatre ou cinq gros replis tapissés d'un *épithélium prismatique simple et cilié*, qui peut être pris pour type de cette catégorie. Il est constitué de cellules allongées perpendiculairement au tissu sous-jacent, munies d'un noyau allongé dans le même sens. Leur extrémité tournée vers la cavité de l'œsophage est, pour la plupart d'entre elles au moins, munie d'une bordure de cils. Les cils forment ainsi une garniture (interrompue, nous allons le voir, en quelques points) qui recouvre toute la surface libre des cellules. Ce sont des expansions du cytoplasme de hauteur et de calibre réguliers. Au point où ils s'insèrent sur le cytoplasme, on remarque une ligne sombre, qu'on peut décomposer à un fort grossissement en corpuscules juxtaposés : ce sont les *corpuscules basaux*. Au-dessous de la ligne des corpuscules basaux, on observe une zone claire, finement striée dans le sens de l'axe des cils : cette striation est due à de fins prolongements des cils dans le cytoplasme : ce sont les *racines ciliaires*, d'ailleurs peu visibles la plupart du temps dans cet épithélium.

A chaque cil appartiennent un ou deux corpuscules basaux et une racine, ainsi que le montrent les exemples que nous étudierons plus loin.

Parmi les cellules ciliées, on remarque çà et là des cellules allongées dans le même sens, mais dont la partie supérieure est remplie d'une masse ovoïde de substance colorée d'une façon spéciale (en vert sur la fig. I, pl. II). A leur niveau, la bordure de cils est interrompue par cette boule qui vient faire saillie au-dessus de la ligne des cils, et souvent s'effrite dans la cavité de l'œsophage. Cette substance particulière n'est autre que de la mucine ; cette boule est une boule de mucus.

*Les cellules à mucus* se différencient des cellules ordinaires, non seulement par la présence de la boule de mucus, mais aussi par leur noyau souvent plus foncé que celui des cellules épithéliales ordinaires et par leur corps cellulaire plus étroit. Leur forme générale les fait nommer quelquefois *cellules caliciformes*.

Les deux sortes de cellules que nous venons d'étudier constituent-elles deux espèces différentes, ou bien ne sont-elles que deux stades divers de l'évolution d'une même espèce cellulaire ? La seconde manière de voir doit être adoptée pour les cellules qui nous-occupent. En effet,

on voit souvent du mucus coloré déjà électivement se déposer, sous forme de boules plus ou moins volumineuses dans le protoplasme des cellules épithéliales ciliées. Ce mucus, s'accumulant, finira par rejeter la bordure ciliée au dehors et la cellule épithéliale sera transformée en une cellule caliciforme.

Entre la base des cellules que nous venons d'étudier, on remarque des cellules plus petites, vaguement triangulaires, ce sont les *cellules basales* sur le rôle desquelles on n'est pas encore fixé avec certitude. On les considère habituellement comme des cellules de remplacement, qui se transformeraient ultérieurement en cellules épithéliales, au fur et à mesure que celles-ci disparaîtraient en vieillissant et dégénéralent.

On rencontre fréquemment entre les cellules épithéliales, à toutes les hauteurs, des leucocytes migrants (voir leçon V) intercalés entre les cellules épithéliales. Ces leucocytes sont fréquents dans tous les épithéliums.

**Mouvements des cils.** — Les cils de l'œsophage des Batraciens sont vibratiles, c'est-à-dire doués d'un mouvement ininterrompu ; ce mouvement se fait toujours dans un même sens, de la bouche vers l'estomac, poussant les aliments dans cette direction.

On démontre ce mouvement par l'expérience suivante : on prend un œsophage de Grenouille, on l'ouvre et on le place sur une feuille de papier humide, l'épithélium tourné en dessous. On voit le fragment de tissu se déplacer lentement, à la manière d'une limace, poussé par ses cils.

On se procurera aisément un objet particulièrement favorable pour l'étude du mouvement des cils : les branchies filamenteuses de la moule examinées à l'état de survie. On voit les cils battre en formant une onde qui court sur la surface recouverte de cils. Cet aspect est dû à ce que les cils s'inclinent successivement, que la flexion de l'un débute un peu après la contraction du précédent et que cette flexion se reproduit à intervalles égaux pour chaque cil.

Il y a donc un rythme du mouvement ciliaire, ce rythme est variable pour les diverses sortes de cils. On pourra aisément s'en rendre compte en comparant le mouvement des cils du manteau de la moule avec celui des cils des filaments branchiaux.

Les coupes colorées de la branchie de moule (fig. IV, pl. II), montrent que les cils, plus longs que ceux de l'œsophage du

Triton, sont munis de corpuscules basaux mieux individualisés et se décomposant, à un fort grossissement, en deux grains superposés. Les racines ciliaires sont aussi beaucoup plus longues. Vers le rebord libre des lamelles branchiales, on trouve des cils aplatis (*membranelles*<sup>1</sup>) dont le mouvement est extrêmement actif. Ils possèdent des corpuscules basaux bien individualisés et faciles à voir et des racines épaisses et longues<sup>2</sup>. Cet appareil basal forme une sorte de palissade résistante sur laquelle s'appuie le mouvement ciliaire. Ces détails sont facilement visibles sur les coupes, mais ils peuvent s'observer aussi à l'état frais.

**Signification des cils.** — Il y a des cellules épithéliales qui sont munies d'un seul grand cil ou *fouet central*, au milieu de leur surface libre. Cela est fréquent dans les canaux excréteurs de diverses glandes. Il en existe d'autres qui ne portent qu'un petit nombre de cils. Dans ces deux cas, on voit nettement qu'à chaque cil appartient un double corpuscule basal (diplosome) et une racine. Un diplosome semblable existe aussi à la surface

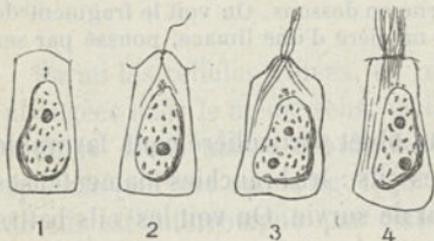


Fig. 12. — Différentes cellules de l'épididyme des Batraciens montrant, à partir du centrosome, les stadés successifs d'une bordure ciliée.

libre ou vers la surface libre de cellules épithéliales dépourvues de cils, mais susceptibles d'en avoir dans diverses conditions, où il semble représenter les deux corpuscules centraux de la cellule devenus périphériques (v. fig. 4).

L'épididyme des Batraciens est un bon objet pour l'étude des fouets centraux et des diplosomes superficiels sans cils. On y trouve une série d'images

1. Les membranelles qui garnissent les cellules de l'extrémité des lamelles branchiales peuvent être considérées comme un complexe de plusieurs cils soudés.

2. Il y a proportionnalité en effet entre la longueur des cils et surtout entre l'intensité de leur mouvement, et la grosseur de leurs corpuscules basaux, la longueur de leurs racines. On s'en rend aisément compte par l'examen de certaines cellules; par exemple celles qui constituent le tube de la néphridie des lombrics, qui possèdent deux sortes de cils, les uns longs, les autres courts, ayant respectivement des corpuscules basaux gros et petits.

montrant comment les cils multiples se constituent aux dépens d'un fouet unique par clivage vertical. Il se fait d'abord un petit groupe de cils qui envahissent la surface libre de la cellule. Cette *faculté de division autonome* explique l'égalité de hauteur des cils et les rapproche encore des corpuscules centraux (fig. 12).

De cette série de faits est née l'hypothèse émise simultanément par Henneguy et Lenhossek, que *les corpuscules basaux des cils représentent les corpuscules centraux de la cellule* ou des corpuscules qui en dérivent. Lorsqu'il existe un diplosome isolé sans cil, on doit le considérer comme représentant les deux corpuscules centraux de la cellule. Dans le cas des cellules à un seul fouet central, un cil et une racine ont poussé aux dépens de ce diplosome. Les cellules qui possèdent plusieurs cils dériveraient du type unicilié par clivage.

Les faits les plus démonstratifs en faveur de la théorie qui nous occupe sont apportés par l'étude de la formation de la queue du spermatozoïde ; cette queue n'est en somme qu'un cil de grande taille, et se forme toujours sur un corpuscule central qui en devient le corpuscule basal (voir cellules sexuelles). Parfois on le voit naître au sommet du fuseau de la mitose (Papillons).

L'appareil cilié est extrêmement répandu non seulement dans les cellules les plus diverses des animaux (Métazoaires) de tous les groupes, mais surtout chez les êtres unicellulaires. Il se présente sous l'aspect de cils nombreux (Infusoires ciliés), de cils peu nombreux ou de cil unique (Flagellés). Ce cil s'applique généralement sur un corps différent du noyau souvent assez gros : le corps basal ou *blépharoplaste*. Ce blépharoplaste est-il comparable au corpuscule basal des cils ordinaires, au corpuscule du flagelle d'un spermatozoïde, c'est-à-dire selon l'hypothèse que nous venons d'émettre au centre cellulaire ? Il semble d'autre part identifiable à l'un des deux noyaux de beaucoup de Protozoaires, notamment des Amœbiens et des Flagellates binucléés, ainsi que cela ressort de nombreuses observations. On a émis une deuxième hypothèse fort suggestive que nous croyons intéressant de citer ici et selon laquelle le blépharoplaste, identique au deuxième noyau de beaucoup de Protozoaires, serait assimilable aussi au corps basal, c'est-à-dire au centre cellulaire des animaux supérieurs. Ce centre cellulaire ne serait ainsi qu'un deuxième noyau plus ou moins modifié. Cela est vérifié par le fait que le blépharoplaste joue souvent le rôle de centre dans les mitoses imparfaites des Flagellés.

### *Épithéliums d'échange*

**Épithélium intestinal** (fig. III, pl. II). — Il est constitué, comme l'épithélium œsophagien de la Grenouille, de deux sortes de cellules : les unes, homologues aux cellules ciliées, portent,

## PLANCHE II.

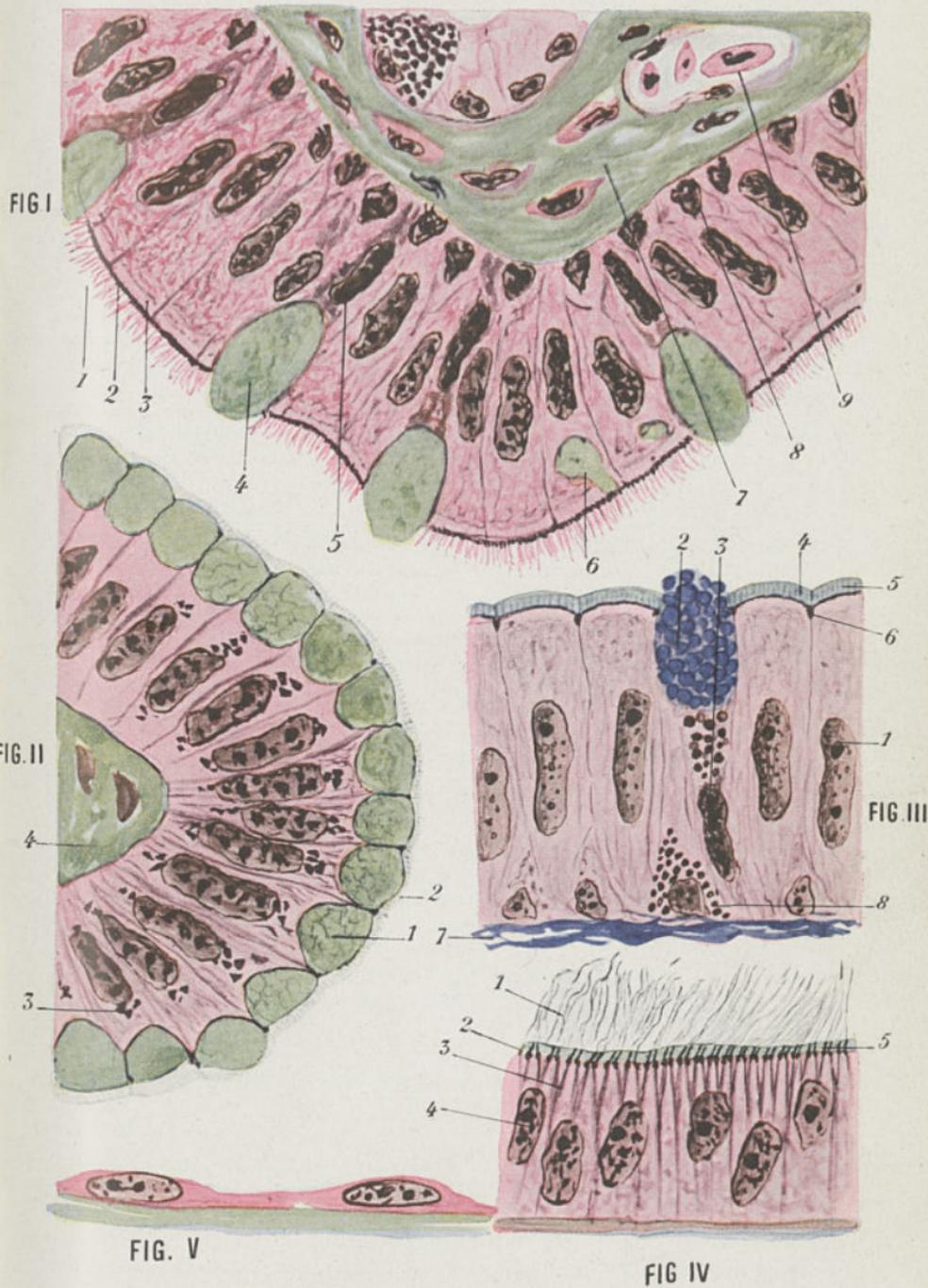
Fig. I. — *Épithélium prismatique cilié* de l'œsophage d'un Batracien (Triton alpestris), fixé au liquide de Bouin, coloration de Prenant.  $\times 700$ . — 1, cils vibratiles; — 2, ligne des corpuscules basaux; — 3, zone claire du cytoplasme correspondant à de courtes racines ciliaires; — 4, boule de mucus remplissant la partie supérieure d'une cellule à mucus; — 5, noyau de la cellule à mucus, plus foncé que les noyaux des cellules épithéliales; — 6, boule de mucus déposée dans le cytoplasme d'une cellule épithéliale ordinaire; — 7, tissu conjonctif sous-épithélial (chorion); — 8, noyau d'une cellule basale; — 9, vaisseau.

Fig. II. — *Épithélium prismatique entièrement mûqueux* de l'estomac d'un Triton, fixé par la méthode de Benda, coloration de Prenant.  $\times 850$ . — 1, boule de mucus remplissant la partie supérieure de toutes les cellules épithéliales recouvertes d'une bordure en brosse; — 2, 3, cytoplasme des cellules épithéliales renfermant le noyau et des corps irréguliers; — 4, tissu conjonctif.

Fig. III. — *Épithélium à plateau strié* de l'intestin d'un Batracien (Alytes obstetricans), fixé au formol à 10 p. 100, coloré par l'hématoxyline au fer, l'éosine et le bleu de méthyle  $\times 850$ . — 1, noyaux des cellules épithéliales avec leurs nucléoles; — 2, boules de mucus dans la partie supérieure d'une cellule de mucus; — 3, boules de mucigène (enclaves déposées dans le cytoplasme et en voie de se transformer en mucus); — 4, 5, plateau strié avec, à sa base, une ligne foncée constituée par les corpuscules basaux soudés entre eux et au-dessous une zone claire représentant la zone des racines ciliaires; — 6, kittleisten (en coupe); — 7, tissu conjonctif; — 8, leucocyte granuleux.

Fig. IV. — *Structure du cil vibratile*. — Épithélium recouvrant le bord libre des lamelles branchiales de la Moule. Fixation au liquide de Bouin, coloration de Prenant.  $\times 1.200$ . — 1, cils vibratiles (c'est en réalité la coupe de membranelles constituées chacune par deux séries de cils accolés); — 2, corpuscules basaux — 3, racines ciliaires; — 4, noyau; — 5, cuticule (en vert) traversée par la partie inférieure des cils.

Fig. V. — *Endothélium péritonéal*, vu en coupe perpendiculaire à la surface. — Cellules endothéliales (en rose); en vert, la trame conjonctive du mésentère.





au lieu de cils, une mince bordure striée verticalement, les autres sont des cellules à mucus très analogues à celles de l'œsophage de Triton, et jouant ici un rôle de lubrification très banal.

Le *plateau strié* semble constitué de cils soudés par une substance cimentante. A la base de ce plateau, on voit une ligne basale colorable qui peut souvent se décomposer en corpuscules basaux et une zone radulaire. Les cils soudés du plateau strié sont susceptibles de redevenir libres mais non mobiles dans certaines circonstances (absorption).

L'examen à frais montre qu'ils ne sont jamais mobiles. Ils se colorent sur les coupes différemment du cytoplasme, ce qui montre qu'ils sont chimiquement différents des cils, qui se colorent comme le protoplasma.

Sont-ils réellement des cils soudés ou sont-ils une sorte de cuticule exoplastique semblable à celles que nous avons étudiées précédemment ? on ne saurait le dire. En tout cas les cils et la bordure cuticulaire peuvent coexister sur une même cellule (par ex. les branchies de la moule).

La striation verticale de la cuticule s'observe partout où il y a des échanges actifs entre la cellule et l'extérieur dans un sens quelconque (intestin, rein). Si la bordure striée de l'intestin est homologue d'un appareil cilié, c'en est une modification profonde.

Un détail qu'on peut observer aussi dans toutes sortes d'autres cellules épithéliales est particulièrement net dans l'intestin : c'est la présence entre le bord libre des cellules, d'un épaississement colorable qui n'est que la coupe d'un *cadre cellulaire*, d'une bandelette qui entoure toute la partie supérieure de la cellule ainsi qu'on s'en rend compte en examinant des coupes tangentielles de l'épithélium. C'est une sorte de localisation superficielle de la substance intercellulaire.

Les cellules à mucus de l'intestin sont beaucoup plus indépendantes des cellules épithéliales que dans le cas de l'œsophage. Elles renferment, au-dessous de la boule de mucus, des granulations qui se transformeront plus tard en mucus : ce sont les grains de mucigène.

1. Le micronucléus des Infusoires ciliés a une toute autre signification.

La présence d'un plateau strié est presque particulière à l'intestin; on rencontre fréquemment des bordures analogues à cils non soudés, mais immobiles dites *bordures en brosse*, elles ne diffèrent parfois des bordures ciliées que par leur immobilité.

### Épithéliums de protection

**Protection chimique.** — *Épithélium stomacal* (fig. II, pl. II). — Les cellules qui tapissent l'estomac sont toutes des cellules prismatiques à mucus. On pourrait considérer cet épithélium comme dérivant du type œsophagien que nous avons décrit, par transformation muqueuse de la totalité des cellules épithéliales. En effet, les cellules de l'estomac présentent des particularités qui les éloignent des cellules muqueuses que nous avons décrites. Leur mucus est formé de grains plus petits, il présente une colorabilité un peu différente du mucus ordinaire. Enfin, dans certains cas au moins, la boule de mucus est recouverte d'une sorte de bordure en brosse.

Ce mucus n'est pas excrété, il ne sert qu'à protéger le cytoplasme contre la corrosion par le suc gastrique (*cellules muqueuses fermées*).

**Épithélium de glissement.** *Endothélium du mésentère* (fig. V, pl. II). — Voici maintenant un type d'épithélium très différent. Le mésentère est recouvert sur ses deux faces d'une couche de cellules tellement aplaties que, sur les coupes, on ne voit qu'une lame aplatie de cytoplasme dans laquelle le noyau fait saillie. Pour bien les voir, il faut regarder le mésentère à plat et imprégner à l'argent les limites cellulaires. On voit alors de larges cellules polygonales dans lesquelles on peut colorer un noyau ovoïde. Ces cellules sont nues la plupart du temps, mais il peut, à l'occasion, s'y former des cils (fig. 13). Normalement on ne voit à la surface de ces cellules qu'une sorte d'exoplasme mince, qui leur donne un aspect vernissé.

Les épithéliums analogues ont reçu le nom d'endothélium, qui prétend signifier qu'ils tapissent des cavités internes. Ce nom particulier est d'ailleurs parfaitement inacceptable dans le sens où on l'emploie couramment, en ce qu'il semble s'opposer au mot épithélium.

Un épithélium plat, analogue à celui du mésentère, se rencontre dans le péricarde, les plèvres, les artères, la surface interne du poumon. Ce type d'épithélium est un recouvrement à surface polie, favorable au glissement (glissement des feuillets pariétaux et viscéraux de la plèvre, du péritoine; glissement d'un liquide visqueux : le sang).

Les endothéliums, assez semblables d'aspect, sont d'origine embryologique diverse. Les uns dérivent du mésoderme (plèvre, péritoine, péricarde), les autres se forment dans le tissu mésenchymateux (bourses séreuses, endothéliums vasculaires). C'est ici l'influence mécanique

qui détermine et maintient la forme des cellules : le cas de l'endothélium vasculaire le démontre bien, car les cellules y perdent rapidement leur forme caractéristique, dès que le courant sanguin est arrêté.

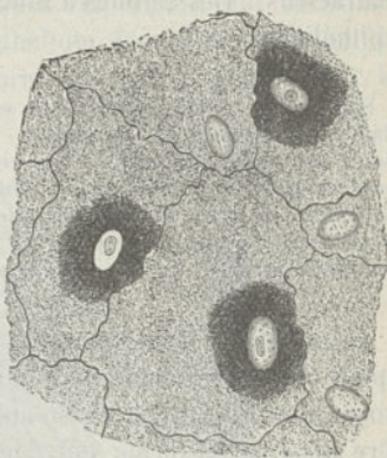


Fig. 13. — *Épithélium péritonéal du Triton traité par le nitrate d'argent.* La portion du corps cellulaire qui entoure certains noyaux a pris, sous l'influence du réactif, une teinte foncée. — Grossissement de 350 diamètres (Mathias Duval).

**Cornée.** — Une coupe de la cornée de l'œil présente deux épithéliums d'un type assez peu répandu, mais fort simple.

L'épithélium antérieur est un épithélium stratifié, formé de trois ou quatre couches seulement. Dans la couche profonde, les cellules se multiplient; elles se poussent et s'aplatissent vers la surface où elles tombent par une lente exfoliation. On note au-dessus de cet épithélium une condensation du tissu conjonctif en une lame dense<sup>1</sup>.

Les cellules de cet épithélium sont cohérentes entre elles et

1. Cette condensation du tissu conjonctif au-dessous d'un épithélium est la règle. Sous l'épithélium et immédiatement à son contact existe souvent une membrane nette dite membrane basale: plus loin une condensation conjonctive mal limitée; on désigne sous le nom de *chorion* cette condensation sous-épithéliale du tissu conjonctif.

ne se laissent pas aisément séparer. Ce type, rare chez les Vertébrés supérieurs est très répandu chez les inférieurs (Poissons, Batraciens). Des cellules à mucus peuvent se mêler aux cellules épithéliales.

Souvent la couche superficielle est munie d'une mince cuticule striée (larves de Batraciens, lamproie). Fréquemment, aux cellules épithéliales ordinaires se mêlent des cellules à mucus (Poissons) d'ailleurs polyédriques comme les autres éléments et différentes des cellules caliciformes que nous venons d'étudier. Souvent les cellules épithéliales renferment des grains de pigment; il n'est pas rare qu'elles desquament en masse formant une membrane appelée *mue*.

L'épithélium postérieur de la cornée est très aplati, aussi aplati qu'un endothélium. Il en diffère cependant parce que le noyau des cellules est aussi aplati que le cytoplasme, il en diffère aussi par la forme polyédrique, parfaitement régulière des cellules qui le constituent. On ne se rend d'ailleurs compte de cette disposition qu'en examinant cet épithélium à plat (Voir fig. 14).

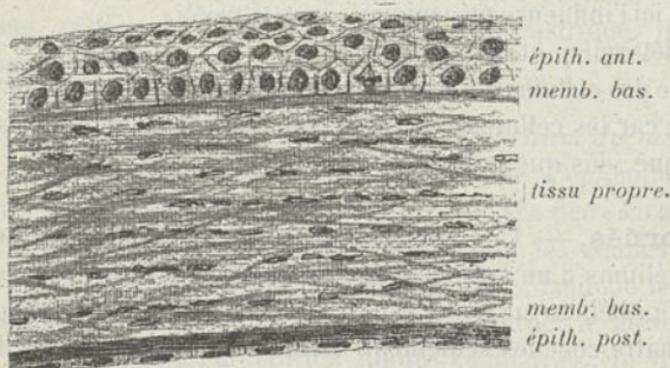


Fig. 14. — Coupe de cornée. — Epithéliums antérieur et postérieur avec leurs basales.  $\times 700$ .

**Epithélium malpighien** (*Peau de la pulpe du doigt*) (fig. 15). — Ce type, spécial aux vertébrés supérieurs, est très répandu chez l'homme. Une coupe de peau de la pulpe du doigt montre un épithélium (*l'épiderme*) épais, à plusieurs couches de cellules, séparé du tissu sous-jacent (*derme*) par une ligne sinueuse. Cet aspect est dû à ce que l'épiderme envoie des pro-

longements en forme de bandes (crêtes épidermiques) qui s'intercalent entre les prolongements du derme sous-jacent (papilles dermiques). Ces papilles dermiques renferment des vaisseaux abondants qui apportent à l'épithélium les éléments nutritifs dont il a besoin pour la transformation active dont il est le siège.

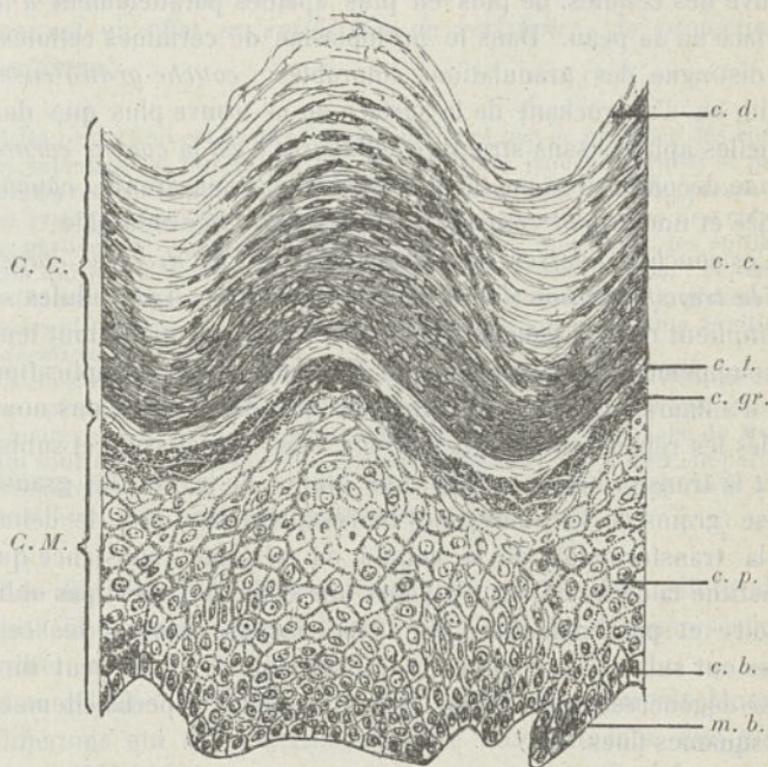


Fig. 15. — Coupe de l'épiderme de l'index (Homme). — C. M., corps muqueux de Malpighi, subdivisé en c. b. couche basilaire; c. p., couche polyédrique; c. gr., couche granuleuse; — C. C., couche cornée, subdivisée en c. t., couche transparente; c. c., couche compacte; c. d., couche desquamante; m. b., membrane basale. — Fix. Bouin, color. hématoxyline, éosine.  $\times 400$ .

En s'aplatissant les unes contre les autres, ces cellules prennent un aspect polyédrique, avec des angles aigus correspondant à l'interstice des cellules voisines. Ces angles en crêtes d'empreinte, se voient aisément sur les préparations par dissociation ou raclage (fig. 17).

Dans cet épithélium on distinguera en allant de la profondeur à la surface, les couches suivantes : 1<sup>o</sup> une couche de cellules à

noyaux allongés perpendiculairement au derme et présentant des mitoses fréquentes ; c'est la *couche germinative*, elle est mince, formée en général d'une seule assise de cellules ; 2<sup>o</sup> une couche de cellules polyédriques à noyaux arrondis dite *couche de Malpighi* qui est d'épaisseur variable, comprenant en tous cas plusieurs assises de cellules. En approchant de la surface on trouve des cellules de plus en plus aplaties parallèlement à la surface de la peau. Dans le protoplasme de certaines cellules, on distingue des granulations colorables : *couche granuleuse*, enfin, en s'approchant de la surface on ne trouve plus que des lamelles aplaties sans structure cellulaire, c'est la *couche cornée* qui se décompose en une couche profonde, transparente : *couche claire* et une *couche compacte*<sup>1</sup> superficielle très colorable.

Ces couches diverses ne représentent que les diverses étapes de la transformation d'une cellule épithéliale. Les cellules se multiplient dans la couche germinative, elles prennent tout leur développement dans la couche de Malpighi où la multiplication n'a d'ailleurs pas cessé, et, à mesure que des générations nouvelles les repoussent vers l'extérieur, elles s'aplatissent et subissent la transformation cornée. Les grains de la couche granuleuse (grains de kératohyaline) représentent peut-être le début de la transformation de la cellule en kératine (substance qui constitue la corne). C'est d'ailleurs une étape qui n'est pas obligatoire et peut manquer. Dans les couches cornées, les cellules ont subi entièrement cette transformation, et on peut dire cette dégénérescence cornée, elles s'exfolient superficiellement en squames fines.

**Kératinisation.** — La kératine ou corne est une substance albuminoïde chimiquement définie renfermant du soufre. Elle est inaltérable vis-à-vis des sucs digestifs et de nombreux agents chimiques.

On s'est demandé quelle était la partie de la cellule qui subissait la transformation cornée. Il est certain qu'une partie de la kératine vient de la transformation des fibrilles épidermiques ; une autre partie vient du noyau par l'intermédiaire de la kératohyaline. La participation des mitochondries à la formation de la kératine n'est pas démontrée.

Un épithélium semblable se rencontre sur tout le tégument

1. On désigne fréquemment ces couches par les noms latin de *stratum germinativum*, *stratum granulosum*, *stratum lucidum*, *stratum cornéum verum*.

externe avec une couche cornée d'autant moins épaisse que les frottements subis par l'épiderme sont moins intenses (épaisse dans la peau du talon, mince dans la peau de la face). Un épithélium analogue, mais dépourvu de couche cornée, s'observe chez l'Homme dans les muqueuses buccale, œsophagienne, vaginale qui ont à résister à des frottements moins intenses. L'épithélium pavimenteux stratifié tel que nous venons de le décrire dans la peau, est en effet un *épithélium de résistance*, de protection mécanique.

Cette protection est assurée non seulement par la présence des couches superficielles dures, mortes, imperméables (couche cornée) et par le renouvellement incessant des cellules, mais aussi par la présence d'un système de fibrilles qui donnent aux couches profondes une cohésion particulière. Ces fibrilles se voient surtout bien dans les épithéliums qui ont à supporter un effort mécanique considérable : ce sont des filaments disposés en faisceaux parallèles qui réunissent plusieurs cellules et traversent les espaces intercellulaires : on les nomme *fibrilles épidermiques* ou *tonofibrilles*.

La mise en évidence des fibrilles épidermiques nécessite des colorations spéciales et le choix d'objets favorables, mais les préparations ordinaires montrent aisément, lorsque les cellules de la couche de Malpighi sont un peu contractées et séparées les unes des autres, la partie des fibrilles épidermiques qui traverse les espaces intercellulaires et qui donne l'image de *ponts intercellulaires*.

Les fibrilles sont la première différenciation des cellules de l'épithélium stratifié qui subiront plus tard la dégénérescence cornée.

Les cellules de l'assise génératrice sont des éléments jeunes indifférents qui ne renferment que de fins filaments, dits *filaments d'Herxheimer* qui ne sont sans doute que des mitochondries filamenteuses telles qu'on en rencontre partout ailleurs.

Au contraire les éléments de la couche cornée sont des éléments morts, des squelettes de cellules complètement transformées en corne.

Dans la couche claire (str. lucidum) les noyaux masqués par de l'éléidine diffuse n'ont pas encore disparu. Dans la couche cornée vraie, ils sont extrêmement réduits. La couche cornée desquamé à la surface en formant ce que d'aucuns appellent la couche desquamante : *Stratum disjunctum*.

En même temps que la kératine, il se forme dans les cellules épithéliales de la *graisse* particulièrement abondante dans la couche cornée et qui contribue à la protection de la peau contre les agents chimiques.

L'influence des actions mécaniques sur le développement des couches

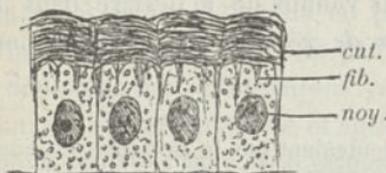


Fig. 16. — *Epiderme et cuticule d'une blatte.*

épidermiques est des plus nettes : l'épiderme du talon est plus épais que celui de la main, celui de la main d'un forgeron plus épais que celui d'un écrivain. Cette influence externe semble aboutir à une transformation héréditaire : les petits animaux naissent avec l'épithélium des pattes plus épais.

Les cellules d'un épithélium malpighien peuvent ne pas évoluer en kératine, mais en une autre substance (graisse, mucus) ; ce qui caractérise ces épithéliums, c'est le *remplacement constant* des cellules les unes par les autres.

**Cuticules.** — Il existe d'autres modes de protection que la transformation cornée incessante et la desquamation des cellules épithéliales, c'est la production d'une cuticule épaisse secrétée par un épithélium à sa surface, ce qui se trouve réalisé par exemple chez les Arthropodes (fig. 16). Cette cuticule est constituée par transformation de la partie extérieure du cytoplasme des cellules en une substance solide : la chitine. La cuticule garde trace de la disposition en prismes des cellules qui la constituent. La production d'une cuticule peut être comparée à ce que nous appellerons une sécrétion mérocrine, c'est un mode de protection par transformation seulement partielle de la cellule, la transformation cornée totale est comparable à une sécrétion holocrine par transformation complète du corps cellulaire qui est remplacé par des cellules jeunes provenant d'une zone germinative.

De plus la différenciation cuticulaire n'apparaît pas dans les cellules sous forme de grains qui confluent ensuite. C'est une sorte de transformation totale d'une portion externe du cytoplasma ou exoplasma.

**Cellules épithéliales mixtes.** — Chez les Vertébrés supérieurs, les cellules épithéliales n'assument en général que la fonction de protection jointe à la sécrétion de substances protectrices : mucus, kératine, graisse (car la formation de kératine épidermique est un véritable processus de sécrétion). Chez les animaux inférieurs, beaucoup de cellules épithéliales ont un double rôle : elles

sont en même temps épithéliales et nerveuses (cellules neuro-épithéliales), ou épithéliales et musculaires (myo-épithéliales). Ces éléments ont alors un prolongement présentant la structure caractéristique des éléments musculaires ou nerveux (voir chap. 8 et 19). Chez les Mammifères, il y a çà et là des éléments qui ont conservé ce type : les cellules de la muqueuse olfactive sont neuro-épithéliales, celles de la couche profonde des glandes sudoripares myo-épithéliales.

### Technique

Aucune technique ne s'applique plus particulièrement aux épithéliums. Les méthodes de coloration qui mettent en évidence le mucus se recommandent particulièrement. Nous recommandons la technique de Prenant. Les coupes fixées par exemple par le liquide de Bouin sont colorées fortement à l'éosine, on fait ensuite une coloration par l'hématoxyline au fer suivant la méthode de Heidenhain. On colore quelques instants par une solution aqueuse saturée de vert lumière additionnée d'un peu d'alcool. On monte au baume. Le mucus et les fibres conjonctives doivent être colorés en vert, le protoplasme en rose, les noyaux en noir.

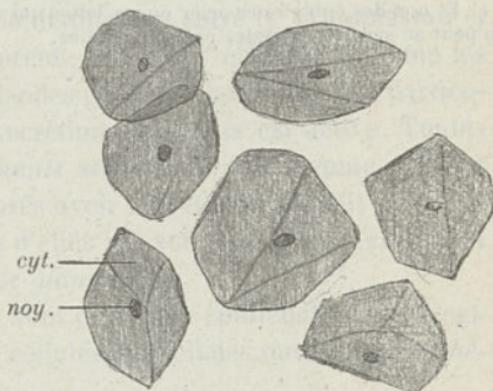


Fig. 17. — Cellules isolées de l'épithélium de la langue. — noy., noyau ; cyl., cytoplasme. — Dissociation, fix. alcool à 90°, color. hématoxyline. × 150.

Indiquons quelques préparations faciles à faire.

**Cellules isolées d'un épithélium stratifié.** — En se râclant la langue avec le dos d'un scalpel on obtient un magma de cellules superficielles de l'épithélium pavimenteux stratifié de la langue. Ce magma est étalé sur une lame porte-objet, fixé à l'alcool et coloré à l'hématoxyline puis à l'éosine. On voit de grandes cellules polyédriques à noyau assez petit. Leur cytoplasme est marqué de plis qui ne sont que les *crêtes d'empreinte* (fig. 17) des cellules épithéliales les unes sur les autres, les arêtes du polyèdre que constitue la cellule.

**Mue de grenouille.** — On peut colorer de la même façon la membrane (mue) formée par la desquamation en masse de la couche super-

ficielle de l'épithélium des Batraciens. On se rend bien compte de la forme polyédrique des cellules.

**Nitration d'un endothélium.**— On ouvre une Grenouille et on attire au dehors le mésentère en tirant sur l'intestin et en ayant bien soin de ne pas toucher le mésentère lui-même (l'endothélium resterait collé aux doigts ou aux pinces). Ce mésentère est séparé de l'animal et étalé sur un liège tout en restant adhérent à l'intestin. On pique des morceaux de bois pointus <sup>1</sup> dans le bord de l'intestin, on lave rapidement le mésentère à l'eau distillée, on verse sur lui une solution de nitrate d'argent. Au bout de dix à quinze minutes on lave de nouveau à l'eau distillée, on détache à petits coups de ciseaux le mésentère de l'intestin et on l'étale avec précaution sur une lame. On l'expose à une lumière vive et on peut suivre l'imprégnation au microscope. Si elle n'est pas suffisante, on continue à exposer à la lumière. Dès que les contours des cellules apparaissent nettement, on traite par l'alcool à 90°, l'alcool absolu, etc., et on monte au baume.

On nitrate de la même façon le péricarde, la plèvre, etc.

1. Et non des épingles en acier ou en laiton qui réduiraient le nitrate d'argent. On peut se servir d'épingles en acier vernies.

## QUATRIÈME LEÇON

# LA CELLULE GLANDULAIRE

ET LES

## PROCESSUS DE SÉCRÉTION

Nous avons établi déjà la distinction entre le protoplasme et les enclaves qui s'y élaborent. Il y a des éléments comme les œufs ou les cellules des glandes où cette élaboration est particulièrement intense, où la sécrétion d'enclaves est active. Toutes ces cellules sont des *éléments sécrétoires*. On nomme cellules glandulaires celles qui, après avoir secrété un produit quelconque le rejettent en dehors d'elles : l'excrètent. C'est l'*excrétion qui caractérisera la cellule glandulaire*.

La plupart des glandes sont d'origine épithéliale et les cellules glandulaires sont des cellules épithéliales modifiées (*épithéliums glandulaires*).

### *Glandes acineuses*

#### **Disposition générale de la structure d'une glande.**

— Prenons comme exemple une glande simple et facilement lisible : une des grosses *glandes cutanées des Amphibiens*, une glande à venin de salamandre par exemple. Ces glandes ont la forme d'une grosse sphérule présentant en son centre une très mince lumière et reliée à l'extérieur par un fin canal. Elle ressemble dans l'ensemble à un grain de raisin avec son pédoncule d'où le nom de glande acineuse donné à cette disposition (fig. 18).

La sphérule est constituée par de très grandes cellules qui pré-

sentent toutes ce caractère d'être bourrées d'enclaves granulaires. La taille et la colorabilité de ces enclaves varient d'ailleurs souvent d'une cellule à l'autre. On en trouve deux catégories principales : 1° de gros grains très colorables, 2° des grains plus aisément déformables, très clairs, très serrés, ne laissant entre eux qu'un mince réseau de cytoplasme ordinaire. Les premiers

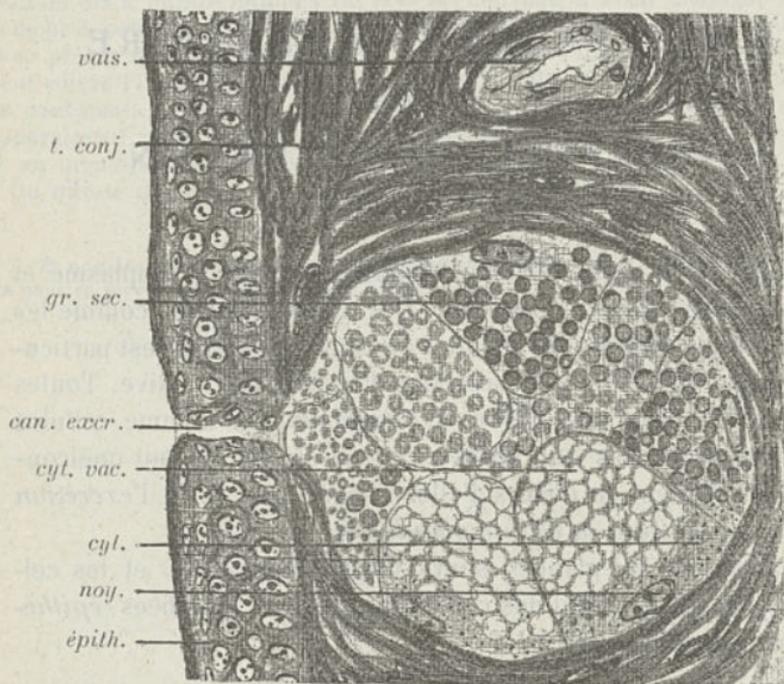


Fig. 18. — Glande cutanée d'une Salamandre (glande acineuse simple). — *épith.*, épithélium (épiderme); *vais.*, vaisseau; *t. conj.*, tissu conjonctif; *noy.*, noyau des cellules sécrétrices; *cyl.*, cytoplasme basal finement granuleux; *gr. sec.*, grains de sécrétion; *can. excr.*, canal excréteur; *cyl. vac.*, cytoplasme vacuolaire (par la dissolution des grains de sécrétion). Coloration : méthode de Mallory.  $\times 350$ .

représentent le *venin*, ou les retrouve dans le venin excrété. Ils sont donc le produit caractéristique de la glande, un deutoplasme spécialement élaboré par ces cellules et qui n'existe pas ailleurs, qui n'existe pas dans le sang qui nourrit ces cellules. Ces cellules ont donc effectué un véritable travail de synthèse qui caractérise l'acte sécrétoire. Les cellules à grains clairs ont aussi élaboré de façon analogue leurs enclaves, mais le produit est

beaucoup plus banal et plus répandu ; c'est du mucus. Des préparations faites par des méthodes variées montreraient qu'il se colore toujours comme le mucus des cellules muqueuses des épithéliums. Fréquemment des cellules à mucus sont aussi mêlées aux cellules glandulaires caractéristiques d'une glande donnée.

Le processus d'excrétion caractéristique d'une glande ne peut être suivi sur une préparation telle que celle de la fig. 18, mais il est préparé. En effet, les grains sécrétés ne sont pas groupés d'une manière quelconque comme dans un œuf, ils sont tassés vers le centre de l'acinus, vers le canal excréteur où ils seront déversés.

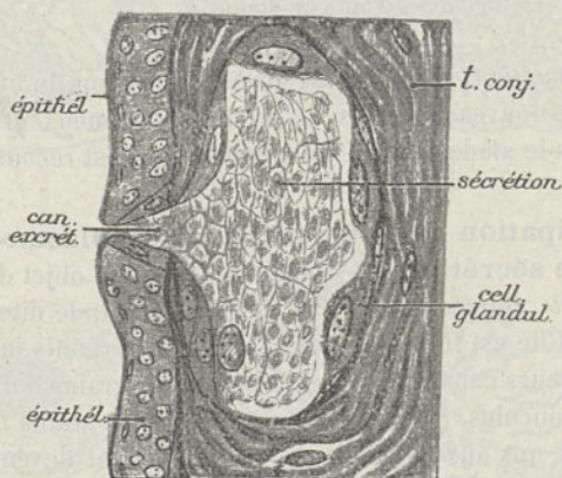


Fig. 19. — Glande cutanée d'une Salamandre après excrétion.

Le cytoplasme indifférent forme un réseau très peu dense entre les grains, mais vers l'extérieur de l'acinus, à la base des cellules il constitue une masse plus dense, laquelle renferme le noyau. La cellule glandulaire a donc une orientation, une polarité qui *prépare l'excrétion*. Cette polarité a encore un autre sens, elle marque ce fait que le protoplasme tourné vers l'extérieur de l'acinus où circule le sang est l'intermédiaire obligé pour faire avec les éléments puisés dans le sang le produit de sécrétion caractéristique.

*Excrétion.* — Les Batraciens ne sécrètent leur venin que lorsqu'on les irrite ; à l'état normal il y a donc seulement élaboration

ration du produit de sécrétion, mais non excrétion. Le stade de la figure 18 correspond à une mise en charge des cellules. L'excrétion aboutit à un résultat qu'on trouve souvent sur la même préparation (car la section de la peau a souvent provoqué l'excrétion) ; toute la partie des cellules tournée vers le centre de l'acinus est fondue en une masse granuleuse qui vient sortir par le canal excréteur (fig. 19).

*Cellules myo-épithéliales.* — On voit souvent autour de l'acinus des noyaux allongés tangentiellement entourés d'un cytoplasme souvent difficile à voir. Ce sont des cellules musculaires dont la contraction aide à l'excrétion du venin assez peu fluide. Ces cellules sont d'origine épithéliale contrairement aux autres cellules musculaires d'où le nom de cellules myo-épithéliales qu'on leur donne.

*Reconstruction.* — Aussitôt après l'excrétion, le cytoplasme élabore de nouveaux grains de produits venimeux et par cette élaboration le stade de mise en charge figuré est reconstitué.

**Participation des éléments du protoplasme au processus de sécrétion.** — Choisissons comme objet d'étude un *pancréas de Batracien* (fig. 20). C'est une glande dite acineuse complexe. Elle est formée de nombreux grains réunis les uns aux autres par leurs canaux excréteurs comme les grains d'une grappe par les pédoncules. Sur les coupes, on voit des grains nombreux adossés les uns aux autres, souvent allongés et devenus polyédriques par pression réciproque. Ça et là on voit la coupe de quelques canaux excréteurs reconnaissables à ce qu'ils sont tapissés de cellules bien plus petites (passages de Boll, fig. 20)<sup>1</sup> sauf de très gros canaux d'ailleurs rares, tapissés de cellules cubiques et souvent ciliées (ce qui est spécial aux Batraciens).

Étudions le détail d'un acinus : il est constitué de très grosses cellules munies d'un gros noyau. Ces caractères déjà remarquables dans l'exemple précédent sont généraux à la plupart des cellules glandulaires. Les cellules renferment des grains ici tous semblables serrés vers le centre de l'acinus. Le noyau est rejeté vers la base dans le cytoplasme non bourré de grains. Il a un

1. Laissons de côté l'étude des îlots de Langerhans spéciaux au pancréas et que nous étudierons ailleurs.

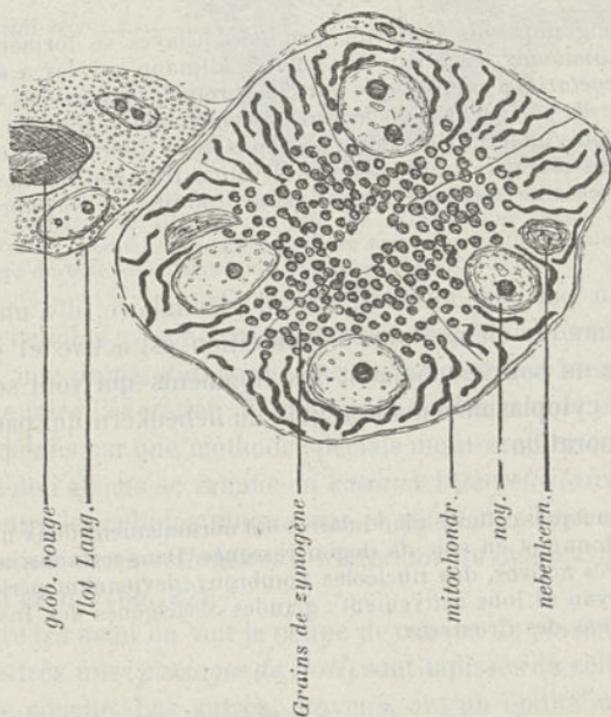
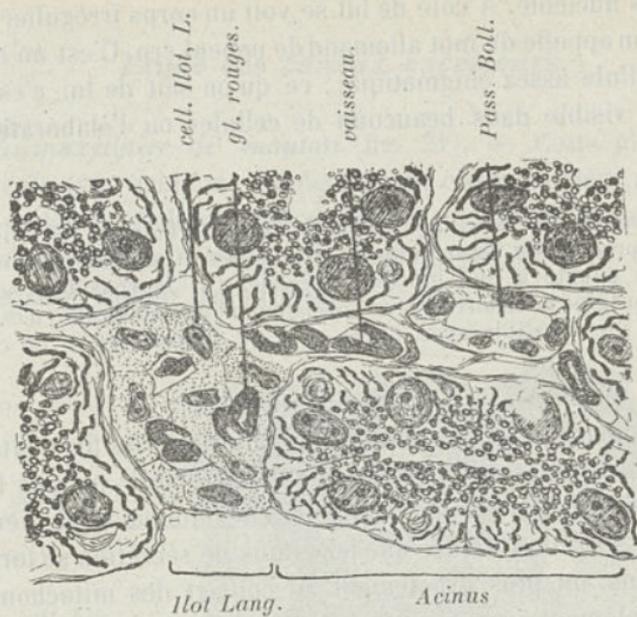


Fig. 20. — *Pancreas d'un Batracien.* — A gauche un acinus plus fortement grossi.

très gros nucléole. A côté de lui se voit un corps irrégulier, feuilleté qu'on appelle du mot allemand de nebenkern. C'est un organe de la cellule assez énigmatique ; ce qu'on sait de lui c'est qu'il est bien visible dans beaucoup de cellules où l'élaboration est intense.

Le nebenkern est bien homologue du corps de Balbiani, ce qui semble le rapprocher du centrosome, ce qui en ferait un centrosome plus ou moins adapté à une fonction spéciale. On le considère souvent comme d'origine nucléaire et plus spécialement nucléolaire. Ce n'est d'ailleurs pas incompatible avec l'idée qu'il est homologue à un centrosome.

Le cytoplasme basal est rempli de mitochondries filamenteuses ou chondriocotes qui parfois semblent s'élargir en une larme vers le centre de l'acinus, comme si elles donnaient là lieu aux grains de sécrétion. L'idée que les grains de sécrétion se forment aux dépens, ou plus exactement au contact des mitochondries est généralement acceptée.

Depuis longtemps on a affirmé que les enclaves se forment aux dépens des filaments basaux de la cellule. Altmann qui les a appelés *filaments végétatifs* a montré que dans la parotide, glande très voisine du pancréas, ils persistent seuls lorsqu'on a provoqué l'excrétion par la pilocarpine, puis qu'ils deviennent très grands, enfin diminuent à mesure que les grains réapparaissent. Cette observation trop peu connue, faite d'ailleurs avec une méthode irréprochable, mérite de devenir classique.

Le noyau participe aussi au travail glandulaire, il a un gros nucléole dans les éléments où l'élaboration est active et émet, par amitose ou bourgeonnement des fragments qui vont se fondre dans le cytoplasme dans la région du nebenkern qui paraît le foyer d'élaboration.

Souvent quelques cellules glandulaires ont normalement deux noyaux dont un chiffonné et en voie de dégénérescence. Dans certaines cellules sécrétoires très actives, des nucléoles nombreux deviennent périphériques et le noyau se lobe activement : glandes séricigènes des Insectes, hépato-pancréas des Crustacés.

*Etude des canaux excréteurs*

*Sous-maxillaire de mouton* (fig. 21). — Cette glande est encore du type acineux complexe, mais chaque acinus renferme deux sortes de cellules : des cellules à mucus et des cellules à grains ressemblant à celles du pancréas qui forment une sorte de *croissant* autour des autres.

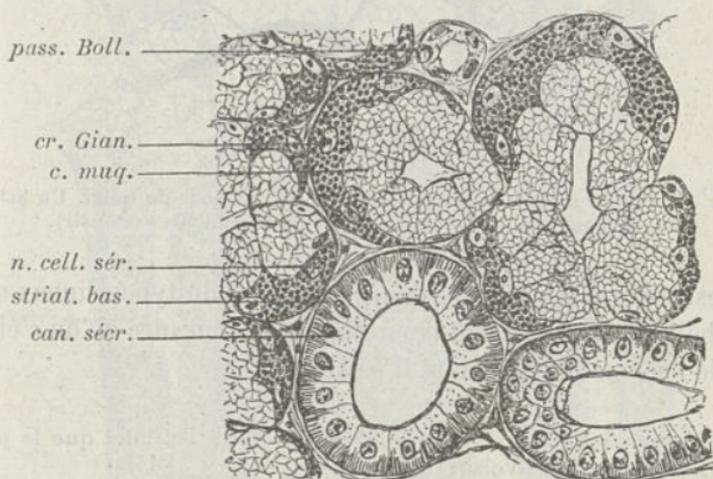


Fig. 21. — Glande sous-maxillaire de Mouton. — *c. muq.*, cellule muqueuse ; *cr. Gian.*, croissant de Gianuzzi ; *n. cell. sér.*, noyau d'une cellule séreuse ; *can. secr.*, canal excréteur de moyen calibre avec sa striation basale ; *pass. Boll.*, passage de Boll (canal excréteur de petit calibre).  $\times 800$ .

Ces cellules ne sont pas en contact avec la lumière de l'acinus et sur une préparation ordinaire on ne voit pas bien comment peut se faire l'excrétion. L'imprégnation des canaux jusque dans leurs détails par une méthode spéciale montrerait que le canal du centre de l'acinus se ramifie en *canaux intercellulaires* qui passent entre les cellules muqueuses et qui se ramifient eux-mêmes en *canaux intra-cellulaires* à l'intérieur du cytoplasme des cellules à grains (fig. 22).

Entre les acini on voit la coupe de canaux de plusieurs sortes : les uns très fins (*passages de Boll*) sont tapissés de cellules plates en une couche. Les autres, moyens, ont un épithélium cubique strié à la base par la présence de tonofibrilles et de mitochondries

verticales (on considère généralement que ce sont des *canaux sécréteurs*, qui ajoutent quelque chose à la sécrétion élaborée par l'acinus d'où leur structure qui rappelle celle des cellules glandulaires). Enfin, il y a des canaux très larges tapissés d'un épithélium aplati à 2 ou 3 couches de cellules.

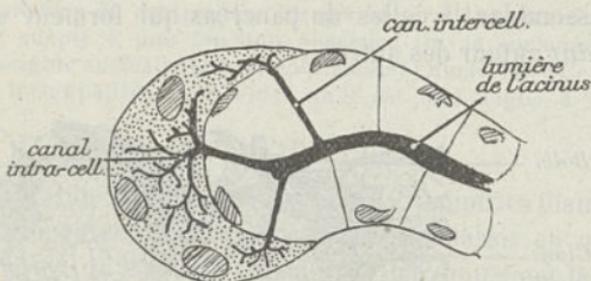


Fig. 22. — Glande sous-maxillaire traitée par la méthode de Golgi. Un acinus mixte montrant les canaux inter- et intra-cellulaires (en noir).

C'est une règle générale, dans les glandes du type acineux que l'épithélium devient de plus en plus haut à mesure qu'on s'éloigne de l'acinus et qu'ensuite il se stratifie.

Les dissociations de sous-maxillaire montreront en effet que le plus petit canal est le plus voisin de l'acinus.

*Cellules en panier de Boll.* — Ces dissociations montreraient aussi des cellules aplaties autour de l'acinus, qu'on ne voit pas sur les coupes et qui constituent comme une sorte de panier entourant l'acinus. On a pu penser que ce sont des éléments myo-épithéliaux comme ceux des glandes à venin. Il est plus probable que ce sont de simples cellules de soutien.

### Glandes tubuleuses

**Glandes gastriques** (fig. 23). — Les glandes gastriques sont d'un type très différent de celui examiné jusqu'ici. Etudions-les chez les Batraciens où elles ont une structure plus lisible et plus simple que chez les mammifères. Elles ont la forme de tubes parallèles avec une lumière égale. Les cellules glandulaires font suite à l'épithélium de surface.

Vers l'orifice de la glande, on trouve quelques grandes cellules à mucus. Le fond renferme des cellules glandulaires dont la struc-

ture ne diffère pas essentiellement de celle des cellules pancréatiques. Sur les préparations très bien fixées, on voit à la surface libre des cellules sécrétrices une très fine bordure striée, il faut

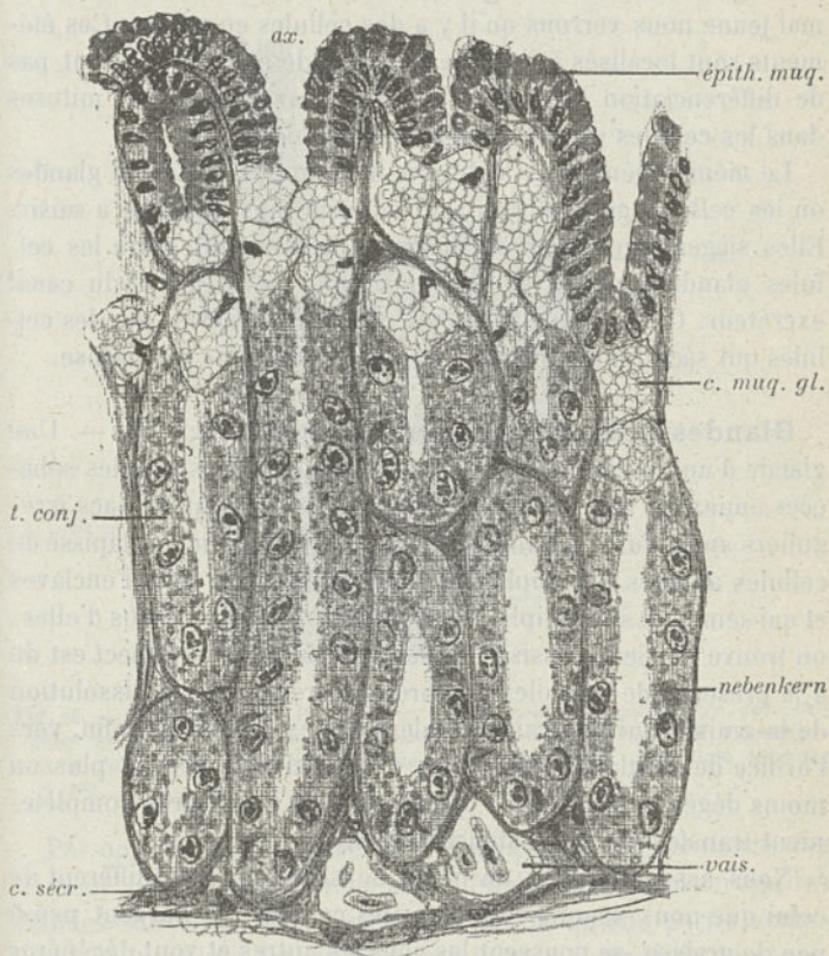


Fig. 23. — Glandes gastriques chez un Batracien (Alytes). — *épith. muq.*, épithélium muqueux de la surface de l'estomac qui se prolonge dans la partie supérieure des tubes glandulaires; *c. muq. gl.*, cellules muqueuses du col des glandes; *c. secr.*, cellules sécrétrices; *vais.*, vaisseaux; *t. conj.*, tissu conjonctif: un seulement des tubes glandulaires (*ax.*) est coupé suivant son axe, les autres sont coupés obliquement.  $\times 450$ .

admettre que leur produit de sécrétion peut transsuder à travers cette bordure.

Le tube glandulaire peut être ramifié, comme c'est le cas dans

les glandes gastriques de l'homme, et tapissé d'une ou plusieurs sortes de cellules.

**Régénération des glandes.** — Sur l'estomac d'un animal jeune nous verrons qu'il y a des cellules en mitose. Ces éléments sont localisés à l'orifice de la glande et ne présentent pas de différenciation bien nette. On ne trouve jamais de mitoses dans les cellules glandulaires bien différenciées.

Le même phénomène s'observe dans toutes sortes de glandes où les cellules génératrices sont souvent plus difficiles à saisir. Elles siègent généralement au point de transition entre les cellules glandulaires et les éléments moins différenciés du canal excréteur. C'est, nous l'avons vu, une règle générale que les cellules qui sécrètent activement ne se divisent plus par mitose.

**Glandes holocrines** (*glandes sébacées*) (fig. 24). — Une glande d'un tout autre type est représentée par les glandes sébacées annexées aux poils. Ces glandes ont la forme de sacs irréguliers appendus à la gaine du poil. Le fond du sac est tapissé de cellules aplaties à cytoplasme foncé, renfermant peu d'enclaves et qui semblent se multiplier assez activement. Au-dessus d'elles, on trouve plusieurs assises de cellules claires ; cet aspect est dû à la présence de vacuoles nombreuses créées par la dissolution de la graisse qui bourrait littéralement ces éléments. Enfin, vers l'orifice de la glande, on trouve des cellules à noyaux plus ou moins dégénérés et dont le cytoplasme est à peu près complètement transformé en substances grasses.

Nous assistons ici à un mode de sécrétion tout différent de celui que nous venons d'étudier ; les cellules se chargent peu à peu de graisse, se poussent les unes les autres et vont dégénérer en totalité pour former le produit de sécrétion par un processus que l'on peut comparer à l'évolution des cellules dans un épithélium pavimenteux stratifié : on dit qu'il y a *une sécrétion holocrine* (c'est-à-dire avec participation de toute la cellule).

Les cellules d'une glande holocrine ne présentent pas, bien entendu, la structure des autres cellules glandulaires, il n'y a pas d'orientation des enclaves et des mitochondries, les deux formations sont mêlées dans le cytoplasme comme elles le sont par exemple dans un œuf. L'orien-

tation glandulaire se manifeste dans l'ensemble du cul-de-sac sécréteur ; il y a une zone germinative basale avec cellules jeunes, une zone apicale avec cellules transformées. C'est, dans un ordre plus compliqué, la même disposition que nous avons étudiée dans une cellule glandulaire, avec une zone basale de cytoplasma jeune, une zone apicale de cytoplasma évolué.

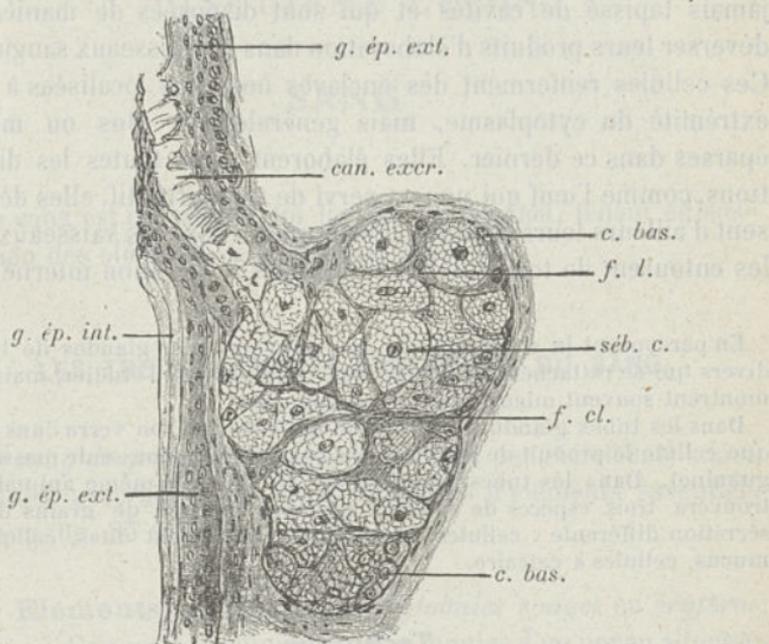


Fig. 24. — Glande sébacée (Homme) — *c. bas.*, cellules basiliaires ; *c. séb.*, cellules sébacées ; *f. cl.*, formation cloisonnante ; *can. excr.*, canal excréteur ; *g. ép. ext.*, gaine épithéliale externe ; *g. ép. int.*, gaine épithéliale interne.  $\times 700$ .

Par opposition à la sécrétion holocrine, on nomme *mérocryne* le mode sécrétoire que nous avons étudié dans le pancréas, les glandes salivaires, etc..., signifiant par là qu'une partie seulement de la cellule est utilisée pour former le produit de sécrétion. Les glandes sébacées fonctionnent en somme comme les épithéliums stratifiés dont elles dérivent, mais élaborent de la graisse au lieu de kératine.

**Glandes à sécrétion interne.** — Toutes les glandes que nous avons étudiées sont formées aux dépens d'épithéliums, par invagination de ceux-ci. Elles sont en somme formées de cellules

épithéliales modifiées, mais peu modifiées. Elles sont encore épithéliales en ce sens qu'elles limitent une cavité, la cavité glandulaire. Il en est autrement des cellules qui constituent certaines *glandes à sécrétion interne* et qui ont perdu toute relation avec les cavités qu'elles tapissaient tout d'abord, ou qui n'ont jamais tapissé de cavités et qui sont disposées de manière à déverser leurs produits d'élaboration dans les vaisseaux sanguins. Ces cellules renferment des enclaves non plus localisées à une extrémité du cytoplasme, mais généralement plus ou moins éparses dans ce dernier. Elles élaborent dans toutes les directions, comme l'œuf qui nous a servi de type primitif, elles déversent d'ailleurs leurs produits d'élaboration dans les vaisseaux qui les entourent de tous côtés (voir *glandes à sécrétion interne*).

En parcourant la série animale, on trouverait des glandes de types divers qui se rattachent aux types que nous venons d'étudier, mais qui montrent souvent mieux certains phénomènes.

Dans les tubes glandulaires du rein de l'escargot, on verra dans chaque cellule le produit de sécrétion se concréter en une seule masse (de guanine). Dans les tubes glandulaires du foie du même animal, on trouvera trois espèces de cellules bourrées chacune de grains d'une sécrétion différente : cellules hépatiques proprement dites, cellules à mucus, cellules à calcaire.

### Technique

On doit utiliser les techniques de Benda, de Regaud et, en général, toute fixation par un liquide dépourvu d'acide ou en contenant très peu, si l'on veut conserver les grains de sécrétion dans la plupart des cellules glandulaires. Les colorations mettant en évidence le mucus, le tissu conjonctif, donnent des préparations particulièrement faciles à lire.

## CINQUIÈME LEÇON

### SANG

Le sang est constitué d'un liquide : le plasma, tenant en suspension des éléments cellulaires ou globules.

#### LES TROIS ÉLÉMENTS ESSENTIELS DU SANG

*Le sang de grenouille* (préparation faite par étalement)<sup>1</sup> nous montrera avec netteté les trois catégories d'éléments essentiels du sang (fig. 25 et Pl. III, fig. II).

1° **Éléments respiratoires** (*globules rouges* ou *érythrocytes*). — Ce sont des cellules ovoïdes munies d'un noyau allongé. Le cytoplasme très homogène est naturellement coloré en jaune rougeâtre. Ils sont très fragiles et si on ajoute une goutte d'eau au sang, tous éclatent (*hémolyse*) et la substance jaune qu'ils contiennent passe en solution, on peut l'y caractériser chimiquement : c'est l'*hémoglobine* ou pigment respiratoire du sang. Après hémolyse, il ne reste plus des globules rouges que le noyau. Les globules rouges des Batraciens sont donc des cellules dont presque tout le cytoplasme s'est transformé en hémoglobine. Les globules rouges ont ce même aspect chez tous les Vertébrés, sauf les Mammifères.

1. Le sang des Reptiles, des Oiseaux et des Poissons est constitué comme celui de la Grenouille à quelques détails près ; celui des Mammifères comme le sang humain. Les tylopoies (Chameau, Lama) ont cependant des hématies elliptiques mais anucléées. Les globules du sang des Cyclostomes sont de véritables cellules de forme arrondie avec noyau rond et cytoplasme relativement abondant.

Jamais, chez les Vertébrés, le pigment respiratoire n'est dissous dans le plasma ; cela se produit chez beaucoup d'Invertébrés où le pigment

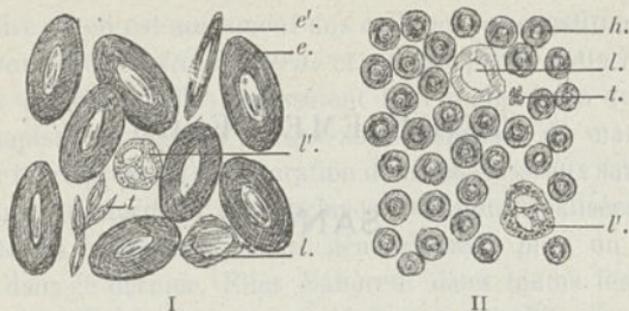


Fig. 25. — Sang de Grenouille (I) et sang humain (II) à frais. — e., e', érythrocytes, vus de face et de profil ; h, hématie ; l., leucocytes hyalins ; l', leucocytes granuleux ; t., thrombocytes.

respiratoire peut être une hémoglobine renfermant du fer comme la nôtre ou une autre substance, par exemple l'hémocyanine bleue est à base de cuivre (escargot).

**2<sup>o</sup> Éléments phagocytes (Leucocytes).** — Ce sont des cellules sans différenciation bien spéciale, dont la fonction est de débarrasser l'organisme des éléments étrangers ou nuisibles qui auraient pu s'y introduire ou de divers déchets qui s'y sont formés. Il y en a deux sortes principales :

1<sup>o</sup> Des éléments à noyau arrondi, à cytoplasme clair, ce sont

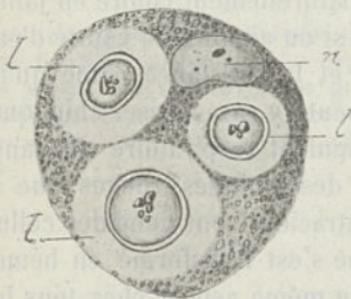


Fig. 26. — Globule blanc de cobaye ayant phagocyté des levures. — n, noyau de leucocyte ; — l, levure (d'après Prenant).

les phagocytes par excellence, ceux qui incorporent dans leur cytoplasme les corps étrangers ou les débris de cellules et les digèrent comme une amibe digère sa proie. Cette propriété de *phagocytose* ne leur est d'ailleurs pas spéciale, mais commune avec toutes les cellules à protoplasme peu différencié. Seulement ces cellules sont des phagocytes circulants (fig. 26).

2<sup>o</sup> Des éléments à noyau lobé replié deux ou trois fois et dont le cytoplasme renferme des grains de sécrétion dont nous n'exa-

minerons pas la nature chez les Batraciens. Ce sont aussi des éléments phagocytes moins actifs semble-t-il que les premiers, mais ayant un rôle *antitoxique* marqué, grâce aux substances contenues dans leurs grains sans doute.

**Diapédèse.** — Les globules blancs, sauf les petits lymphocytes, sont des éléments très actifs et se déplacent par amœboïsme. Ils peuvent ainsi sortir des vaisseaux à la suite d'une irritation (*diapédèse*).

**3° Eléments coagulants** ou *thrombocytes*. — On trouve encore des cellules dont le noyau ressemble beaucoup à celui des globules rouges, mais dont le cytoplasme, terminé en pointe, est très petit. Ces éléments s'accrochent volontiers les uns aux autres. Si on laisse le sang frais se cailler, se coaguler sur la lame, on voit que le réseau de fibrine se forme autour de ces cellules qui paraissent ainsi jouer un rôle important dans le phénomène de coagulation du sang (phénomène nécessaire pour arrêter une hémorragie). Ces éléments sont nommés *thrombocytes* (de *θρόμβος* : caillot).

## LE SANG DES MAMMIFÈRES

Le sang humain, pris comme exemple, doit être étudié d'une part à l'état frais, d'autre part sur des étalements colorés (fig. 25 et Pl. III fig. I).

**Globules rouges.** — Nous trouverons aisément sur une préparation de sang frais des éléments jaune rougeâtre, des globules rouges comme ceux des autres Vertébrés, mais ils n'ont pas de noyau et sont ici *arrondis* et non ovoïdes. De plus, ils paraissent biconcaves comme on le voit en les examinant de côté, tandis que les globules de la grenouille étaient biconvexes (ce qui était causé par la saillie que faisait le noyau sur leur profil mince). Le diamètre de ces globules est très égal (7  $\mu$  5). Ils sont très aisément déformables, s'hémolysent par l'eau distillée sans laisser de résidu histologiquement visible. L'examen d'une membrane mince où le sang circule (membrane de l'aile

de la chauve-souris) montre qu'ils se déforment pour passer dans les fins capillaires.

Sur les préparations colorées, les globules rouges prennent fortement les couleurs acides. Ils sont généralement plus ou moins déformés par l'étalement.

**Globules blancs ou leucocytes.** — Ils sont très peu nombreux par rapport aux globules rouges (1 pour 700). A frais on les voit, grâce à leur réfringence, on entrevoit parfois leur noyau arrondi ou lobé et leurs granulations. C'est sur les préparations colorées qu'il faut les étudier. Nous retrouvons les deux catégories essentielles que nous avons vues chez la grenouille.

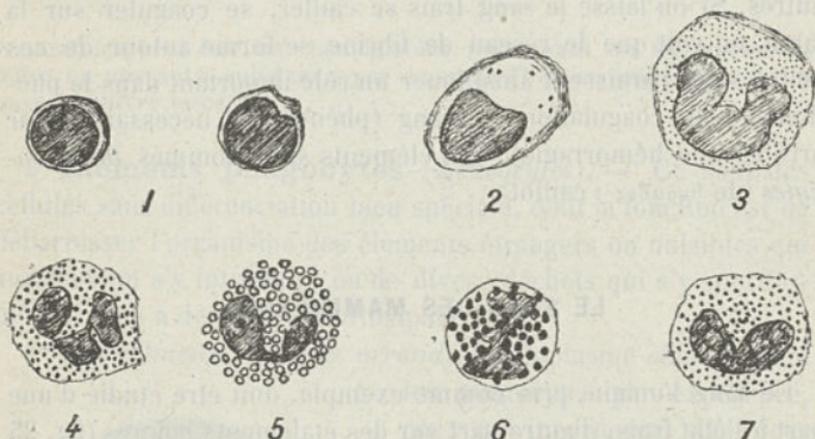


Fig. 27. — Sang humain. — Différents types de leucocytes

1. Lymphocytes.
2. Moyen mononucléaire avec quelques granul. azurophiles.
3. Grand mononucléaire (fines granulations azurophiles).
4. Polyn. neutrophile.
5. Polyn. éosinophile.
6. Polynucl. basophile (à type de mastzelle).
7. Métamyélocyte.

**A. Eléments hyalins** (dits encore *lymphocytes* ou *mononucléaires*). Ils ont un noyau arrondi ou peu recourbé. On en distingue plusieurs catégories.

Les plus nombreux ont un noyau arrondi et un cytoplasme de taille moyenne. Ils sont de la taille d'un globule rouge ou un peu plus gros ; on les appelle encore *moyens mononucléaires*.

Bien moins nombreux sont des éléments plus petits qu'un glo-

bule rouge dont le noyau rond et homogène remplit presque tout le cytoplasme. Certains auteurs réservent à ces seuls éléments le nom de *lymphocytes* : disons *petits lymphocytes* pour éviter toute confusion.

Plus rares encore sont des éléments à grand protoplasme, à noyau réniforme, dont on voit parfois bien le centrosome. Ce sont les *grands mononucléaires* : éléments phagocytes par excellence, s'attaquant aux corps les plus indigestes et souvent dits pour cela *macrophages*.

**B. Eléments granuleux** (dits encore très improprement *polynucléaires*). — Ils ont pour caractère commun d'avoir un noyau multilobé, d'être plus grands que les globules rouges et de renfermer des granulations *dans leur cytoplasme*. Ces granulations sont de trois sortes et servent à distinguer trois catégories dans ces éléments.

1° *Les leucocytes neutrophiles* sont les plus nombreux de tous ces leucocytes (68 à 75 p. 100). Leur cytoplasme est semé de très fines granulations anguleuses ou irrégulières qui ne se colorent pas nettement par les couleurs acides d'aniline plutôt que par les couleurs basiques. Ceci est plutôt dû à ce qu'il y a un mélange de grains acidophiles et basophiles. Le noyau de ces éléments est très profondément lobé.

2° *Leucocytes acidophiles*. — Ces éléments sont bourrés de granulations très acidophiles (colorées en orange par le tri-acide d'Ehrlich, en rose par le Leishmann, en vert par le Giemsa, en général *colorées de la même teinte que les globules rouges dans la même préparation*, mais plus intensément). Ces granulations se reconnaissent encore à leur grande taille, leur forme ovoïde ; leur grand nombre rend le protoplasme de ces leucocytes très fragile. Leur noyau a généralement la forme d'un S ou d'un U.

3° *Leucocytes basophiles*. — Ils sont extrêmement rares. Leur cytoplasme est bourré de grosses granulations souvent irrégulières, qui prennent les couleurs basiques.

Chez les divers Vertébrés on retrouve essentiellement ces catégories de granulations avec des variantes importantes. Les neutrophiles et acidophiles ne manquent guère. Chez les Oiseaux, les granulations neutrophiles sont très belles, elles ont la forme de petites aiguillettes fusiformes et sont souvent groupées radialement autour du centrosome.

**Thrombocytes.** — Ce sont chez les Mammifères des éléments très petits, colorables comme le noyau et qui sont sur les préparations agglutinés les uns aux autres, et toujours altérés. Dans les préparations de sang frais, examinés avec les précautions nécessaires, ils apparaissent comme de petits bâtonnets hyalins. Leur rôle dans la coagulation est bien connu et s'ils ne sont pas nécessaires à la coagulation de la fibrine elle-même, ils jouent un rôle important dans *la rétraction du caillot*.

### SIGNIFICATION MORPHOLOGIQUE ET GÉNÉTIQUE DES ÉLÉMENTS DU SANG

**Globules rouges.** — Les globules rouges des Mammifères ont perdu l'aspect cellulaire. Doit-on les considérer comme des cellules? La façon dont ils prennent naissance montre que ce sont des cellules qui ont perdu leur noyau. Les globules rouges naissent dans des organes dits *hématopoïétiques* que nous étu-

#### PLANCHE III

##### *Sang et moelle osseuse*

Fig. I. — *Sang humain.* — Fixation au liquide de Flemming-Jolly, coloration de Giemsa.  $\times 1200$ . — 1, hématie, vue de face; — 2, hématie en forme de cloche; — 3, hématies accolées par leur face concave; — 4, 5 et 6 petit, moyen et grand lymphocyte; — 7, 8 et 9 polynucléaires: 7, neutrophile; 8, éosinophile; 9, basophile; — 10, élément dit de transition; — 11, thrombocytes en amas.

Fig. II. — *Sang de Grenouille.* — Mêmes fixation et coloration.  $\times 1000$ . — 1, érythrocyte; — 2, lymphocyte; — 3, mononucléaire avec un diplocentre; — 4, élément de transition; — 5, polynucléaire; — 6, polynucléaire éosinophile; — 7, basophile; — 8, amas de thrombocytes.

Fig. III. — *Frottis de moelle osseuse.* — Fixation Flemming-Jolly, Coloration éosine orange-bleu de toluidine.  $\times 1000$ . — a, hématie; — b, normoblastes; — c, pycnoblasse; — d, e, divisions de normoblastes (d); — f, noyau libre de normoblaste; g, h, i, myélocytes: g, éosinophiles; h, basophile; i, neutrophile; — j, myélocyte contenant à la fois des granulations éosinophiles et basophiles; — k, polycaryocyte; — l, l, l, lymphocytes; — m, mégacaryocyte; n, — leucocyte éosinophile.

Nota. — Les éléments blancs du sang et de la moelle osseuse ont été artificiellement groupés dans cette planche. Ils sont, particulièrement dans le sang, disséminés au milieu d'un nombre considérable de globules rouges.

FIG. I

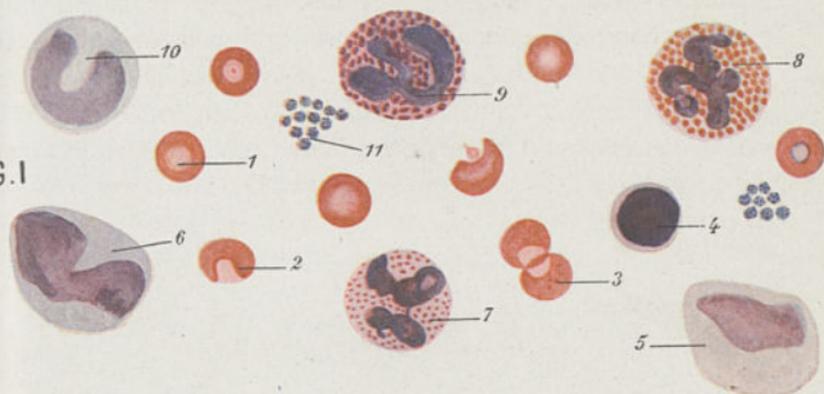


FIG. II

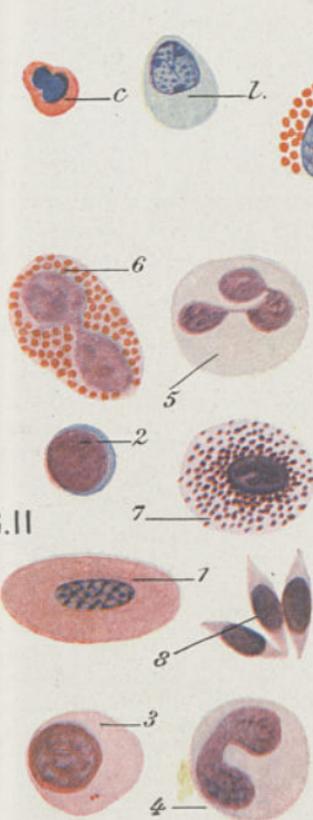
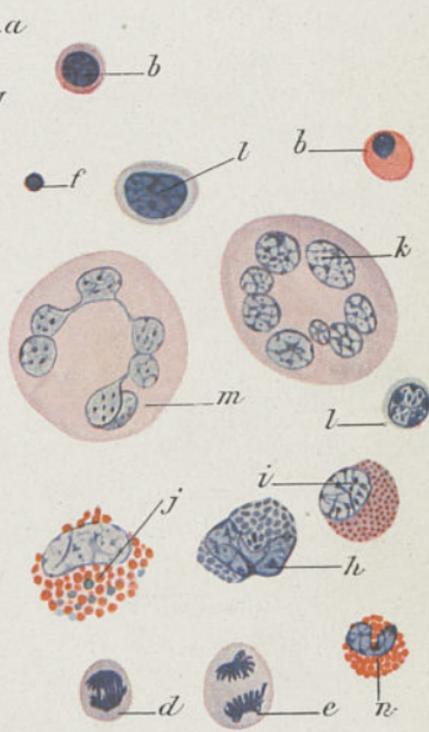


FIG. III





dierons plus tard et sont là précédés d'éléments nucléés comme les globules des Amphibiens, mais qui, chez les Mammifères, perdent leur noyau avant de passer dans la circulation. Ce sont des cellules tellement différenciées dans leur fonction qu'elles ont perdu l'attribut essentiel de la cellule. Elles ne peuvent donc plus se régénérer par division comme cela a lieu encore dans les érythrocytes des Amphibiens.

**Les globules blancs** sont au contraire des cellules pourvues de tous leurs attributs. Les lymphocytes sont même parmi les cellules les moins différenciées. Ils forment d'ailleurs une série homogène et on trouve tous les intermédiaires entre le petit lymphocyte (forme condensée, sans doute mieux adaptée à la circulation) et le grand mononucléaire.

On a décrit dans les lymphocytes des granulations azurophiles qui ne paraissent être autre chose que des mitochondries mal conservées. On peut mettre des chondriocotes en évidence dans le cytoplasme de tous les leucocytes hyalins.

Les leucocytes hyalins prennent naissance dans les *organes lymphoïdes* aux dépens d'éléments qui diffèrent à peine d'eux.

Une question plus discutée est celle de la parenté entre les leucocytes hyalins et les granuleux. Divers auteurs dits *dualistes* admettent que les deux séries sont indépendantes l'une de l'autre, les lymphocytes naissant dans les organes lymphoïdes et les polynucléaires dans les organes myéloïdes seulement. D'autres, dits *unicistes*, admettent la parenté de tous les leucocytes ; les lymphocytes représentant une forme jeune, les polynucléaires une forme plus évoluée et chargée d'enclaves. Les unicistes admettent que la transformation se fait par deux processus : 1° dans le sang circulant et directement. 2° dans les organes myéloïdes par l'intermédiaire d'éléments dits *myélocytes* qui ne sont autres que des éléments à granulations et à noyau encore arrondi.

Les diverses sortes de granulations apparaissent indépendamment ; on ne connaît pas bien leur signification. On s'accorde généralement à admettre que les grains neutrophiles représentent une élaboration antitoxique, d'où l'augmentation des polynucléaires neutrophiles dans les grandes infections.

Les granulations éosinophiles semblent bien représenter des résidus de la molécule hémoglobinique (partie non ferrique) repris par les leucocytes lors de la destruction des globules rouges. Cela explique l'augmentation du nombre des éosinophiles dans toutes les maladies à toxines hémolytiques, notamment dans les helminthiases.

Les granulations basophiles sont peut-être un produit de dégénérescence; elles sont mal connues.

Les thrombocytes des Mammifères ont une origine inconnue. Quelques histologistes les considèrent comme des cellules très petites, très altérables; d'autres comme des éléments non cellulaires. La première manière de voir est plus conforme aux données de l'anatomie comparée.

*Formes de passage.* — Appelées aussi *lympholeucocytes* ce sont des éléments peu nombreux, à noyau recourbé, à gros protoplasme renfermant des granulations neutrophiles. Les premiers unicistes les ont considérés comme étant l'élément de transition entre les lymphocytes et les polynucléaires. On sait qu'il n'en est rien et qu'ils représentent une forme cellulaire spéciale, la transition se faisant sans leur intermédiaire.

## FORMULES HÉMATOLOGIQUES ET LEUCOCYTAIRES

Il est important pour les recherches pathologiques de connaître le nombre et la proportion des éléments du sang. Nous avons résumé dans le tableau ci-dessous les chiffres normaux.

### *Nombre de globules par millimètre cube de sang*

Globules rouges . . . . .	5 millions par mmc. de sang.
Globules blancs . . . . .	7 à 8.000 par mmc. de sang.

### *Proportion des leucocytes pour 100 globules blancs*

Petits lymphocytes . . . . .	4 à 5 p. 100	Ensemble des éléments hyalins : 20 à 25 p. 100.
Moyens mononucléaires . . . . .	15 à 18 »	
Grands mononucléaires . . . . .	2 à 3 »	
Formes de passage . . . . .	3 à 4 p. 100	Ensemble des éléments granuleux : 75 à 80 p. 100.
Polynucléaires neutrophiles . . . . .	75 à 80 »	
» éosinophiles . . . . .	2 à 4 »	
» basophiles . . . . .	moins de 1/2 p. 100	

**Variations et altérations pathologiques des globules sanguins.** — *Globules rouges.* — Dans diverses intoxications du sang, les globules rouges présentent de nombreuses granulations basophiles. Ces granulations sont de règle dans l'intoxication saturnine. Ce sont vraisemblablement des produits de dégénérescence du cytoplasme.

Dans divers états anémiques, les hématies sont souvent plus ou moins colorables par les réactifs basiques. Le sang prend alors, sur une préparation colorée, un aspect particulier, dû aux colorations variées des hématies. Cet état du sang, connu sous le nom de *polychromatophilie*, est en rapport avec une active régénération des hématies.

Dans les anémies pernicieuses, on rencontre des hématies de petite taille (microcytes) ou de taille supérieure à la moyenne (macrocytes), des globules déformés de diverses façons (poikilocytes). Ces hématies anormales sont souvent polychromatophiles.

*Globules blancs.* — Pathologiquement, la proportion des globules blancs peut varier considérablement 90 p. 100 et plus de leucocytes neutrophiles dans beaucoup de leucocytoses, 50 p. 100 et plus de lymphocytes dans les lymphocytoses (dites aussi mononucléoses), jusqu'à 75 p. 100 de leucocytes éosinophiles dans diverses helminthiases.

Il y a des variations suivant l'âge : la proportion de lymphocytes étant notablement plus forte chez l'enfant.

**Éléments anormaux du sang.** — On peut rencontrer dans certains états pathologiques (anémies, leucémies, des éléments de la moelle osseuse dans le sang :

1° Des éléments rouges ou hématies nucléées : *normoblastes* ou cellules de la taille d'un globule rouge avec noyau pyknotique, *mégalo-blastes* ou cellules plus grandes qu'un globule rouge à noyau d'aspect à peu près normal, *microblastes* ou hématies nucléées anormalement petites. Toutes ces cellules sont souvent en voie de division.

2° Des éléments blancs représentant les cellules souches des globules blancs :

a) Des cellules à noyau rond et à cytoplasme bourré de granulations. On les nomme *myélocytes* et on en distingue trois sortes : myélocytes neutrophiles, éosinophiles, basophiles.

b) Des cellules de grande taille, à noyau rond et structuré, à cytoplasme peu abondant, représentant soit des myélocytes indifférents, soit des lymphocytes des organes lymphoïdes.

Dans toutes les maladies infectieuses, on trouve dans le sang, des cellules à noyau rond, à cytoplasme assez abondant, généralement vacuaire et très basophile. On les désigne sous le nom de *cellules inflammatoires de Türk*. Ces cellules semblent être une forme de dégénérescence des lymphocytes. Elles semblent identiques aux cellules connues sous le nom de *Plasmazellen d'Unna* qu'on rencontre fixées dans les tissus enflammés (fig. 32).

On peut enfin, dans quelques cas rares, rencontrer des éléments cancéreux dans le sang.

### Technique

Pour examiner le sang à frais, il suffira d'en placer une très petite goutte entre lame et lamelle et de l'examiner au microscope. Si l'examen doit être un peu long, il vaut mieux luter les bords de la lamelle avec de la paraffine pour éviter la dessiccation.

Pour faire une préparation colorée, il faut commencer par étaler le sang et le fixer.

**Étalement.** — On prend de la main gauche une lame porte objet soigneusement nettoyée. On y place une très petite goutte de sang (de la grosseur d'une tête d'épingle) non pas au milieu, mais vers l'extrémité gauche. On prend alors de la main droite une lamelle couvre-objet et on en place une arête sur la lame en appuyant un peu. On attend que le sang ait fusé par capillarité le long du bord de la lamelle, puis on déplace vers la droite la lamelle inclinée à angle aigu sur la lame, d'un mouvement régulier en appuyant un peu. L'étalement doit être assez mince pour ne renfermer qu'une seule couche de globules. Le sang étalé peut être fixé alors qu'il est encore humide, ou desséché et fixé ensuite.

**Fixation du sang frais.** — Nous recommandons seulement deux procédés : fixation par l'acide osmique et par le formol en vapeurs.

Pour fixer par l'acide osmique, on expose la lame avant de faire l'étalement au-dessus d'un verre de montre renfermant quelques gouttes d'acide osmique. Il s'y condense un peu de vapeur d'acide osmique et, de cette façon, le sang est fixé pour ainsi dire en même temps qu'il est étalé. Pour plus de sûreté, on replace la lame portant le sang étalé au-dessus du verre de montre à acide osmique pendant une vingtaine de secondes. On peut alors colorer.

On procède de la même manière avec le formol.

**Fixation du sang desséché.** — Le sang étalé sur la lame est séché à l'air, à la température ordinaire, le plus rapidement possible (agiter la lame); il peut être ainsi conservé longtemps. Il faudra dans tous les cas le fixer avant de le colorer. Pour cela, il suffira de verser sur la lame quelques gouttes d'alcool méthylique absolu qu'on laissera une minute.

**Coloration.** — On emploie généralement pour le sang des méthodes spéciales; nous en indiquerons seulement deux :

**Triacide d'Ehrlich.** C'est un mélange de fuchsine acide-orange et vert de méthyle (ce dernier est une couleur basique) qui se trouve tout préparé dans le commerce. On colore vingt minutes. Les granulations sont bien colorées. Nous donnons cependant la préférence à la méthode suivante :

**Giemsa.** C'est une combinaison d'éosine et bleu d'azur en solution dans l'alcool méthylique-glycérine (On trouve la solution toute préparée). On met, au moment de s'en servir, trois gouttes de colorant dans un centimètre cube d'eau et on colore vingt à vingt-cinq minutes.

**Montage des préparations de sang.** On ne monte pas les préparations de sang en passant par l'alcool qui décolorerait les colorants employés. Après coloration, la préparation est simplement lavée à l'eau et séchée avec du papier buvard. On la conserve sans la recouvrir d'une lamelle.

**Coagulation du sang. Réseau de fibrine.** — Pour mettre en évi-

dence, de manière convenable, ce réseau, on laisse une gouttelette de sang un peu étalée se coaguler sur la lame, puis on lave avec précaution à l'eau distillée. Les globules rouges du sang sont détruits dans ce milieu hypotonique et on peut alors voir bien plus facilement le réseau de fibrine, qu'on pourra colorer avec un violet basique par exemple.

**Numération des globules rouges.** — La numération des globules du sang se fait à l'aide d'appareils nommés hématomètres dont le principe est le suivant. Le sang est dilué dans un liquide isotonique à un taux connu. On compte les globules dans un volume connu du mélange; le nombre des globules dans ce volume, donne, par un calcul simple, celui du millimètre cube de mélange. Celui-ci, multiplié par le taux de la dilution donnera le nombre de globules par millimètre cube de sang.

L'appareil le plus commode est celui de Malassez. On aspire dans une pipette capillaire le sang obtenu par piqûre du doigt jusqu'à un repère ( $1/2$ ,  $1/3$  ou  $1$ ), puis on aspire un liquide isotonique jusqu'à remplir une ampoule située au-dessus de la pipette et dont le volume est calculé de sorte que le volume compris entre l'extrémité et le repère  $1$  soit le  $1/100^e$  du volume total. On agite pour mélanger. Une perle de verre a généralement été introduite à cet effet dans l'ampoule.

Une goutte du mélange est portée sur une lame à rigole spéciale portant un quadrillage très fin gravé dans le verre. On recouvre d'une lamelle spéciale parfaitement dressée. Cette lamelle s'applique exactement, à l'aide d'un anneau à ressort, sur la pointe de trois vis qui la maintiennent à une distance de la lame calculée de sorte que le volume compris au-dessus de chaque rectangle du quadrillage soit égal à  $1/100^e$  de millimètre cube.

La lamelle mise en place, on laisse l'appareil à plat (ce dont on se rend compte avec un niveau à bulle d'air) et on attend que les globules soient tombées sur la lame quadrillée (cinq à dix minutes), ce qui facilite beaucoup la numération. On examine alors, en plaçant toujours l'appareil à plat, avec un objectif moyen et un éclairage faible et on compte les globules qu'il y a dans un rectangle. Cette opération est facilitée parce que le rectangle est divisé en un certain nombre de petits carrés par un quadrillage secondaire (fig. 28).

On compte d'abord tous les globules qui sont à cheval sur le trait qui limite extérieurement le rectangle, ou qui le touchent aussi bien intérieurement qu'extérieurement, et on prend moitié de ce nombre. On compte ensuite de gauche à droite dans les petits carrés, en évitant de compter deux fois, les globules qui sont sur les limites.

Le nombre trouvé représente le nombre de globules dans  $1/100^e$  de

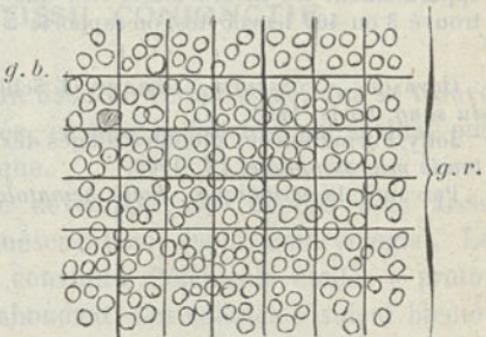


Fig. 28. — Un rectangle de l'hématimètre de Malassez — g. r., globules rouges; g. b., globule blanc (élément désigné par les hachures).  $\times 80$ .

millimètre cube du mélange, on le multipliera donc par 100 pour avoir le nombre dans 1 mm<sup>3</sup> de mélange, puis par le titre de la dilution, soit par 100, si l'on a dilué à 1/100<sup>e</sup>, soit par 200 si l'on a dilué à 1/2 p. 100. En somme pour une dilution au 1/100<sup>e</sup> on multiplie par 10 000, pour une dilution au 1/2 p. 100 on multiplie par 20 000.

**Numération des globules blancs.** — On fera pour les globules blancs une dilution à 1/10<sup>e</sup> au lieu de 1/100<sup>e</sup> et on comptera de la même façon. Pour avoir approximativement le nombre des globules blancs, on les comptera dans la dilution même qui a servi à compter les globules rouges. On les distingue grâce à leur réfringence, ou bien on peut ajouter au liquide de dilution un peu de bleu de méthylène qui les colore.

**Formule leucocytaire.** — Pour établir le nombre pour 100 des diverses sortes de leucocytes, on se sert d'une préparation colorée qu'on parcourt d'une extrémité à l'autre en notant la catégorie à laquelle appartiennent les divers leucocytes que l'on rencontre. Quand on a trouvé 3 ou 400 leucocytes, on rapporte à 100 les nombres trouvés.

OUVRAGES A CONSULTER : Champy et Schleip, *Le sang et les maladies du sang*, Paris, 1913.

Jolly, Formation des globules rouges des Mammifères, *Archives d'anatomie microscopique*, IX, 1906.

Parcourir le périodique : *Folia hematologica*.

## SIXIÈME LEÇON

# LES TISSUS DE SOUTIEN

### I. — LE TISSU CONJONCTIF

On donne ce nom à un tissu de remplissage, qui se trouve entre les tissus différenciés, et dont la fonction est surtout une fonction de soutien élastique.

Le tissu conjonctif se développe aux dépens d'un tissu embryonnaire nommé mésenchyme (voir embryologie). Le mésenchyme est d'abord constitué d'éléments étoilés à protoplasme relativement peu abondant. Ces cellules s'isolent bientôt dans une substance intercellulaire peu colorable qu'elles élaborent en dehors d'elles (*substance fondamentale* muqueuse); peut-être sont-elles anastomosées par leurs extrémités.

Plus tard, apparaissent dans cette substance fondamentale des éléments de soutien différenciés : fibres conjonctives et élastiques. On ne sait pas bien comment ces éléments prennent naissance. Ce point est d'autant plus difficile à fixer que lors de la genèse des fibres, les cellules conjonctives paraissent passer par un état syncytial.

#### TISSU CONJONCTIF LACHE ET TISSU MEMBRANEUX

*Mésentère de rat* (coloré au violet dahlia-éosine) (fig. 29).

##### A. Eléments différenciés du tissu conjonctif.

Une préparation de mésentère est favorable pour l'étude du tissu conjonctif lâche, parce qu'on y voit les fibres non coupées

étalées dans toute leur longueur <sup>1</sup>. Le champ de la préparation est, en majeure partie, occupé par de longs cordons colorés en rose, de calibre régulier : ce sont les *fibres conjonctives* (*f. c.*), et un réseau de fins filaments colorés en violet : ce sont les *fibres élastiques* (*f. e.*).

On remarquera sur cette préparation que les fibres conjonctives sont toujours indépendantes les unes des autres, tandis que les fibres élastiques sont anastomosées en un réseau compliqué.

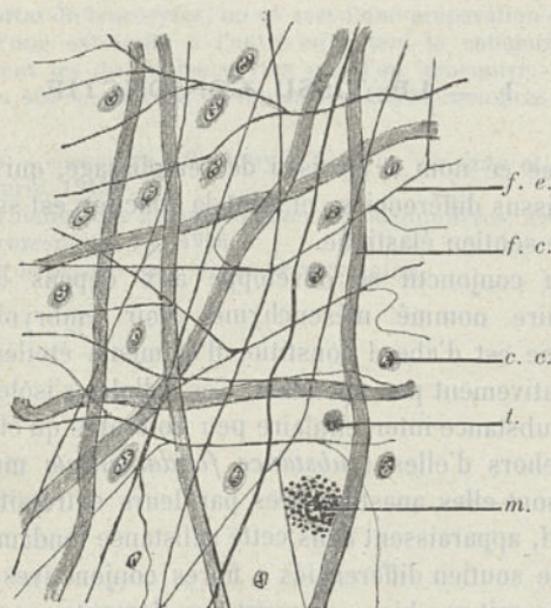


Fig. 29. — *Mésentère de Rat* (color. Weigert-violet dahlia-éosine). — *f. e.*, fibres élastiques (en réseau) ; *f. c.*, fibre conjonctive ; *c. c.*, cellule conjonctive ; *l.*, leucocyte ; *m.*, mastzelle.  $\times 300$ .

**Fibres conjonctives.** — La différence de coloration des fibres conjonctives et élastiques par la méthode simple que nous avons employée, indique déjà une différence de nature chimique. Si nous traitons une préparation de tissu conjonctif par de l'acide acétique, nous verrons les fibres conjonctives se gonfler, tandis que se produisent çà et là des étranglements annulaires, plus ou

1. On voit souvent dans un plan superficiel, de gros noyaux clairs qui ne sont autre chose que les noyaux des cellules de l'endothélium que nous avons décrites. Ces cellules sont emportées, quand la préparation est manipulée sans grande précaution ; on peut aussi s'en débarrasser à l'aide du pinceau.

moins obliques, dus à des épaississements de la gaine qui enveloppe la fibre.

Les réactifs dissociateurs : acides picrique, azotique, salicylique, montrent d'autre part que chaque fibre conjonctive est constituée par une série de *fibrilles*, fines, parallèles les unes aux autres, enfermées dans la gaine commune. La substance des fibres conjonctives se transforme en gélatine par l'ébullition dans l'eau, d'où le nom de tissu *collagène* qu'on donne souvent à ce tissu.

Le collagène appartient au groupe des substances albuminoïdes. Il est attaqué par les sucs digestifs. Par l'action du tanin et des sels de métaux lourds, il durcit et forme une combinaison imputrescible : le cuir.

**Fibres élastiques.** — La substance des fibres élastiques (*élastine*) n'est pas altérée par les acides, ni par la digestion peptique ; par contre elle disparaît rapidement dans les tissus enflammés. Les fibres sont, comme leur nom l'indique, élastiques, ce dont on se rend aisément compte : lorsque le réseau qu'elles constituent est rompu, les fibres se rétractent.

## B. Cellules conjonctives.

Dans les mailles du réseau compliqué, constitué par l'entrelacement de ces deux sortes de fibres, on rencontre de petites cellules, dont le noyau est relativement gros par rapport au cytoplasme : ce sont les *cellules fixes* du tissu conjonctif (*c. c.*). Elles sont souvent appliquées contre les fibres conjonctives et élastiques, le plus souvent indépendantes d'elles. On ne saisit pas à première vue leur rapport avec les fibres conjonctives et élastiques et on s'explique la diversité des théories.

Çà et là, on trouve des cellules dont le cytoplasme, plus abondant, est littéralement bourré de fines granulations bleues : on les nomme cellules engrais ou *mazellen* (*m.*) parce qu'on leur attribue un rôle nutritif. Ces éléments ne sont pas constants chez tous les animaux (fig. 31).

Sur une préparation d'une *boule d'adème* (c'est-à-dire d'une boule obtenue en injectant, dans le tissu cellulaire sous-cutané

d'un animal, un liquide fixateur et colorant) on rencontre essentiellement les mêmes éléments.

**Cellules adipeuses.** — Si on examine une préparation de boule d'œdème faite avec un tissu conjonctif renfermant de la graisse (par ex. l'hypoderme), on trouve çà et là des amas de grandes cellules d'aspect clair à noyau rejeté latéralement : ce sont des cellules bourrées de graisse ou *cellules adipeuses*. La graisse s'y est accumulée et a conflué au centre en une grosse goutte, qui rejette le noyau à la périphérie ; le cytoplasme indifférent ne forme plus qu'une mince enveloppe à cette enclave énorme. Si on s'est servi d'acide osmique comme liquide fixateur, la graisse est colorée en noir, sinon elle reste claire. Dans les préparations montées au baume, elle se dissout en laissant à sa place de grandes vacuoles. Le tissu adipeux prend alors un aspect réticulé, le réseau représentant les minces bandes de cytoplasme qui entouraient les boules de graisse. Les noyaux paraissent situés dans les parties les plus épaisses de ce réseau. Sur une préparation de mésentère d'un animal gras, on voit que les cellules adipeuses se groupent en petits organes lobulés appendus aux vaisseaux.

### SIGNIFICATION MORPHOLOGIQUE DES FIBRES CONJONCTIVES ET ÉLASTIQUES

Quelle est la valeur, au point de vue cellulaire, des éléments figurés (fibres conjonctives et élastiques) que nous venons de rencontrer et de décrire, et que nous avons vus généralement indépendants des cellules ?

Pour le comprendre, il faudrait savoir comment ces cellules se sont développées aux dépens des cellules jeunes du tissu mésenchymateux. On n'est nullement d'accord sur ce point.

Deux opinions principales ont été émises. Pour beaucoup d'histologistes, les fibres se produisent à l'intérieur du cytoplasme de la cellule conjonctive ou de plusieurs cellules réunies en syncytium, aux dépens des éléments du cytoplasme, des mitochondries par exemple. On verrait les mitochondries granuleuses se juxtaposer en séries linéaires, se souder et le tout se transformerait en une fibrille conjonctive. Leur formation ne diffère donc pas essentiellement de celle d'une enclave quelconque,

d'un grain de sécrétion par exemple. Les fibres conjonctives formées s'extérioriseraient peu à peu ou même resteraient toujours enfermées dans une gaine de nature cytoplasmique, elles resteraient intra-cellulaires. Le processus serait en tout comparable à celui qui préside à l'apparition de la *graisse* dans les cellules conjonctives adipeuses. Il se dépose une fine gouttelette, dans le cytoplasme, peu à peu, elle grossit, devient énorme et finit par rejeter sur le côté le noyau et la plus grande partie du cytoplasme.

Pour d'autres auteurs, la cellule conjonctive élaborerait d'abord une substance intercellulaire fondamentale, amorphe, analogue à la substance fondamentale, une sorte d'exoplasme<sup>1</sup> dans lequel les fibrilles conjonctives se différencieraient ensuite sous des influences purement mécaniques : tractions, pressions, etc. La cellule produirait d'abord, par un processus un peu analogue à la formation des cuticules, une zone périphérique ou exoplasme, une sorte de capsule dans laquelle les fibrilles apparaîtraient ultérieurement en dehors de l'activité du protoplasme ordinaire (fig. 30).

Selon l'une ou l'autre manière de comprendre la genèse des fibres du tissu conjonctif, on se fait une idée toute différente de leur signification cytologique ; on les comprend comme un produit de l'élaboration du cytoplasme qui ne diffère que par sa forme et sa structure, ou comme une formation particulière presque indépendante des cellules, indépendante en tout cas d'une cellule déterminée. On ne saurait

trancher la question en faveur de l'une ou l'autre théorie. La seconde semble cependant la vraie dans un certain nombre de cas ; nous verrons que dans le cartilage, le processus est d'ailleurs analogue.

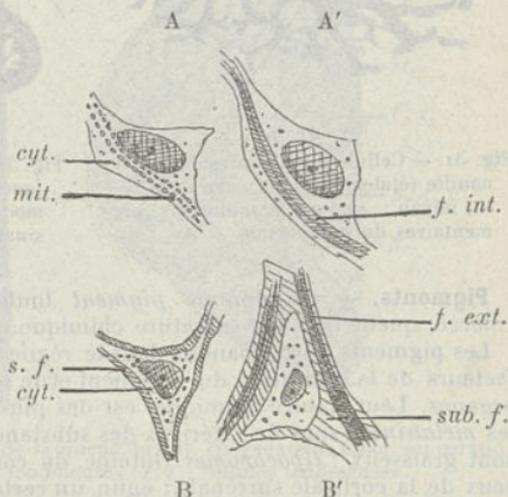


Fig. 30. — Schéma des deux théories de la formation des fibrilles conjonctives. — AA', formation intra-protoplasmique. — BB', formation dans une substance fondamentale.

### Éléments conjonctifs non représentés chez les mammifères

**Mésentère de grenouille.** — Si, au lieu de nous adresser à un mésentère de rat, nous avons fait une préparation de

1. On nomme exoplasme la partie externe du cytoplasme, lorsqu'elle est différenciée de la partie voisine du noyau ou endoplasme.

mésentère de grenouille, nous aurions trouvé souvent, au lieu de mastzellen, des cellules irrégulières à granulations colorables (*clasmatocytes*) et des cellules renfermant des grains naturellement colorés, des grains de *pigment*<sup>1</sup> (fig. 31).

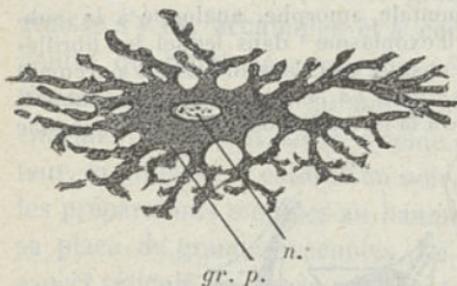


Fig. 31. — Cellule pigmentaire de la grenouille (étalement sans coloration). — *n.*, noyau ; *gr. p.*, granulations pigmentaires du cytoplasme.  $\times 80$ .

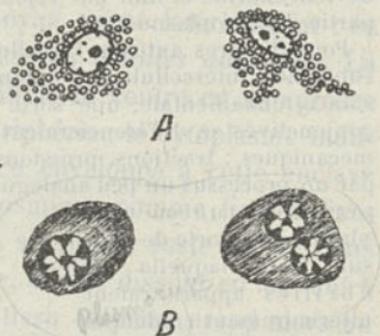


Fig. 32. — A. Mastzellen (Tissu conjonctif de la peau du Rat). B. Plasmocytes du tissu conjonctif au voisinage d'une cicatrice.

**Pigments.** — On nomme *pigment* toute substance naturellement colorée, quelle que soit sa nature chimique.

Les pigments, fort répandus dans le règne animal, sont les principaux facteurs de la coloration du légument et de ses annexes, du sang et des organes. Leur nature chimique est des plus variées. Les uns, comme les *mélanines*, sont des dérivés des substances albuminoïdes, d'autres sont gras : *lipochromes* (lutéine du corps jaune, pigment gras de la corticale surrénale ; enfin un certain nombre sont caractérisés par la présence d'un métal, le fer le plus souvent, dans leur molécule (hémoglobine et ses dérivés).

Il y a, au moins chez les Invertébrés, des pigments à base de substances hydrocarbonées (carotène).

## INFLUENCES MÉCANIQUES SUR LE TISSU CONJONCTIF

**Tissu conjonctif orienté.** — **Tendon** (fig. 33). — Si nous étudions sur une dissociation, un tendon, par exemple les tendons filiformes de la queue du rat, nous constatons que ce tendon est constitué par une série de fibres conjonctives parallèles et très serrées, *fibres tendineuses*, séparées seulement par des cellules disposées en série les unes à la suite des autres. Ces cellules se moulent exactement sur les fibres, présentant des

crêtes d'empreintes qui correspondent à l'angle de contact des fibres et sont par conséquent parallèles à la direction des files de cellules.

Ce tissu conjonctif est donc caractérisé par une condensation notable et par l'orientation des fibres, dans un seul sens, le sens de la traction qui s'exerce sur les extrémités du tendon. On dit que c'est un *tissu conjonctif unitendu*.

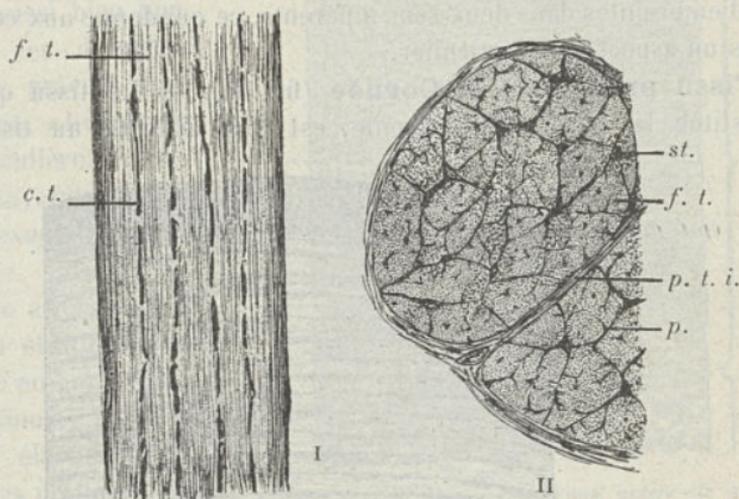


Fig. 33. — I. *Tendon filiforme de la queue du rat. Dissociation. Color. au carmin alune.* — *f. t.*, fibres tendineuses ; *c. t.*, cellules tendineuses.

II. *Coupe transversale du tendon.* — *st.*, figures stellaires (cellules tendineuses et leurs prolongements) ; *f. t.*, fibres tendineuses ; *p.*, péri tendineum interne.  $\times 250$ .

Les crêtes d'empreintes se continuent par des expansions aplaties du cytoplasme (*expansions aliformes*) qui s'anastomosent peut-être d'une cellule à l'autre, s'appliquant sur les fibres conjonctives comme une affiche sur un pilier.

Si l'on examine ce tendon en coupes transversales, on voit les fibres conjonctives disposées les unes à côté des autres, et entre elles, on trouve les cellules occupant exactement les espaces laissés vides par les faisceaux de fibres et insinuant leurs prolongements entre eux.

Si on traite un faisceau tendineux par le nitrate d'argent, on voit que les cellules conjonctives forment à sa surface une sorte

de revêtement endothélial dont on imprègne les limites intercellulaires.

**Aponévrose.** — Dans une aponévrose, les fibres conjonctives sont orientées dans deux sens opposés et perpendiculaires; l'aponévrose subit en effet une traction dans deux sens différents: le sens de la longueur du muscle (allongement et raccourcissement), le sens transversal (augmentation de volume pendant la contraction). Les cellules conjonctives présentent aussi des crêtes d'empreintes dans deux sens différents, ce qui donne aux cellules un aspect tout particulier.

**Tissu propre de la Cornée** (fig. 34). — Le tissu qui constitue la cornée transparente, est très analogue au tissu

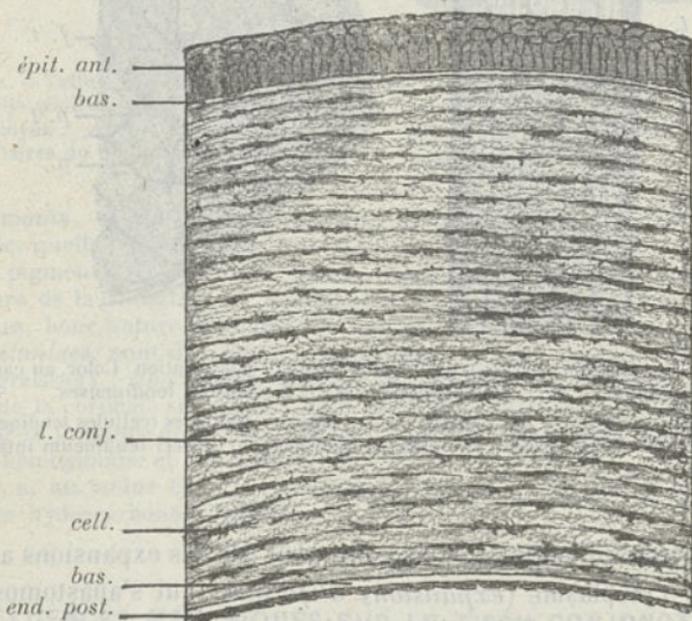


Fig. 34. — Cornée de Lapin imprégnée par le chlorure d'or. — *épit. ant.*, épithélium antérieur; *cell.*, cellules fixes imprégnées par le chlorure d'or; *l. conj.*, lames conjonctives; *bas.*, basales antérieure et postérieure; *end. post.*, endothélium postérieur.  $\times 400$ .

aponévrotique; mais, les faisceaux conjonctifs sont confondus en lames superposées, anastomosées d'ailleurs d'une couche à l'autre. Entre ces lames on trouve des cellules étoilées, dont les prolongements protoplasmiques, longs et fins, s'insinuent entre les lames en deux sens perpendiculaires, présentant ainsi des

crêtes d'empreintes entrecroisées comme les cellules de l'aponevrose. Mais les cellules cornéennes sont bien plus aplaties, en forme de lames, qui souvent semblent s'anastomoser les unes aux autres en une nappe protoplasmique continue.

**Lames élastiques de la paroi d'un artère** (*coloration à l'orcéine*) (fig. 35 et 36). — Les fibres élastiques peuvent être

colorées électivement dans les coupes aussi bien que dans les dissociations, grâce à leur nature chimique particulière. Un objet favorable sera par exemple la tunique moyenne d'une artère, où le tissu élastique dispose en lames prédomine ; grâce à leur élasticité, ces lames prennent, en se rétractant, un aspect en feston tout à fait caractéristique. Dans les

grosses artères, la lame élastique interne est constituée par des

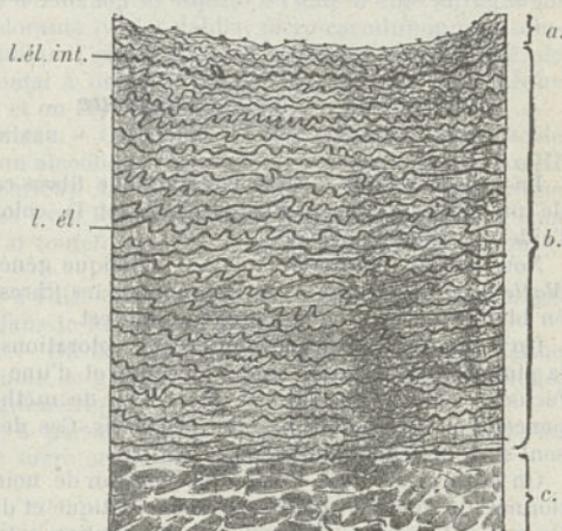


Fig. 35. — Coupe transversale d'une artère de gros calibre (aorte de chien), fix. Bonin, color. orcéine. — a, tunique interne ; b, tunique moyenne ; c, tunique externe ; l. él. int., lame élastique interne ; l. él., lames élastiques. × 80.

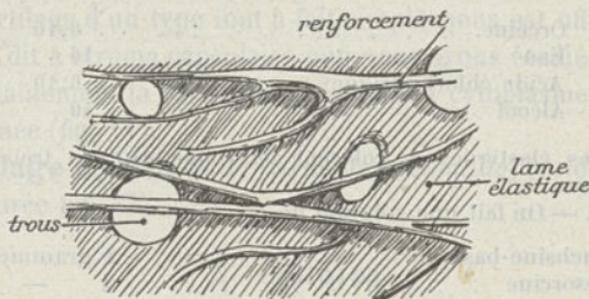


Fig. 36. — Dissociation d'une lame élastique de l'aorte.

lamelles fenêtrées, anastomosées irrégulièrement, ce qu'on voit sur des dissociations (fig. 36).

Pour mettre en évidence la disposition lamelleuse, on a recours à des dissociations (par ex. d'une grosse artère traitée par la trypsine). Les lames élastiques qui ont résisté à la digestion apparaissent fenêtrées, souvent réunies latéralement les unes aux autres.

Dans certains ligaments élastiques (ligaments de la nuque du bœuf ou du cheval), les fibres élastiques se rencontrent également en grand nombre, orientées parallèlement.

### Technique

La présence dans le tissu conjonctif de fibres collagènes et élastiques de nature chimique particulière permet la coloration de ces fibres à l'aide de réactifs spéciaux.

Nous avons indiqué déjà (voir technique générale) les méthodes de *Mallory*, de *Prenant*. Avec la première les fibres collagènes se colorent en bleu intense, avec la deuxième en vert.

On a imaginé un grand nombre de colorations des fibres collagènes, la plupart sont à base d'acide picrique et d'une couleur acide : picro-fuchsine acide (*Van Gieson*), picro-bleu de méthyle (*Dubreuil*), picro-ponceau et picro-noir naphtol de *Curtis*. Ces deux derniers mélanges sont surtout recommandables.

On fait une solution à 1 p. 100 environ de noir ou de ponceau additionnée de quelques gouttes d'acide acétique et d'un peu de glycérine. On y ajoute sept ou huit volumes de solution saturée d'acide picrique. On essayera le mélange sur une coupe connue et on ajoutera de l'acide picrique, ou du ponceau jusqu'à ce qu'il n'y ait exactement que le conjonctif de coloré en rouge ou en bleu. On colore une minute ou deux après emploi d'un colorant nucléaire faisant contraste : safranine avant noir naphtol, hématoxyline au fer avant picro-ponceau.

**Tissu élastique.** — On s'adresse pour la coloration du tissu élastique à des réactifs spéciaux : citons-en deux.

*Orcéine.* — On fait une solution :

Orcéine . . . . .	0,10
Eau . . . . .	10
Acide chlorhydrique . . . . .	0,10
Alcool . . . . .	40

Les fibres élastiques se colorent en rouge-brun en trois à vingt-quatre heures.

*Weigert.* — On fait une solution de :

Fuchsine basique . . . . .	2 grammes
Résorcine . . . . .	$\frac{1}{4}$ —
Eau . . . . .	200 —

On fait bouillir et on ajoute 25 cm<sup>3</sup> de solution de chlorure ferrique pendant l'ébullition. On filtre pour recueillir le précipité qui s'est pro-

duit, on le redissout dans 400 cm<sup>3</sup> d'alcool et on ajoute 4 cm<sup>3</sup> d'acide chlorhydrique. Ce dernier liquide est employé pour colorer les coupes de une demi-heure à une heure. On peut différencier dans l'alcool additionné d'acide chlorhydrique.

**Préparations par dissociation-étalement.** — Le mésentère d'un petit animal (de préférence le rat, chez qui il y a beaucoup de mastzellen) est étalé sur un liège et coloré avec une solution faible de violet dahlia. On peut fixer auparavant par l'alcool ou mieux colorer sans fixation avec du violet en solution salée à 8 p. 1 000.

Pour faire une boule d'œdème, on injecte à l'aide d'une seringue de Pravaz une solution colorante (violet dahlia, picro-carmin) ou une solution fixatrice (acide osmique) dans le tissu cellulaire sous-cutané, de préférence chez un animal à derme un peu épais (chien). On dissèque la boule ainsi obtenue et on étale un fragment sur une lame.

**Coloration de la graisse.** — On emploiera une solution faible d'acide osmique ou une solution alcoolique (dans alcool à 50 p.100 de Sudan III ou de Scarlach (de Biebrich). La graisse est colorée en rouge brique avec le Soudan, en rose avec le Scarlach. On peut employer de même le bleu de Quinoléine, si toutefois on en possède un échantillon convenable, ce qui est rare.

On peut différencier à l'alcool très faible. On monte dans la gélatine glycéринée ou mieux dans le mélange d'Apathy.

**Gélatine glycéринée.** — On fait une solution très épaisse de gélatine et on y ajoute son volume de glycérine. Luter les bords de la lamelle, car le mélange est hygrométrique.

**Apathy.** — On mêle à parties égales des solutions très épaisses de gomme arabique et de sucre ordinaire. Inutile de luter.

## II. — CARTILAGE

Le cartilage est un tissu de soutien propre aux vertébrés. Il existe bien chez les Céphalopodes des pièces de consistance cartilagineuse, qui ressemblent à un tissu mésenchymateux, dont la substance fondamentale serait solide.

Un cartilage d'un type tout à fait simple nous est offert par le cartilage dit à stroma capsulaire que nous avons étudié. C'est ici bien certainement la partie périphérique du cytoplasme qui s'est transformée (fig. 11).

**Cartilage hyalin** (*sclérotique de grenouille*) (coloré à l'eau iodo-iodurée fig. 37).

### A. Cellules.

Dans une préparation de ce cartilage, on aperçoit un certain nombre de cellules isolées les unes des autres par une substance

hyaline et solide : la substance fondamentale du cartilage. Chaque cellule est située dans une cavité creusée dans la substance

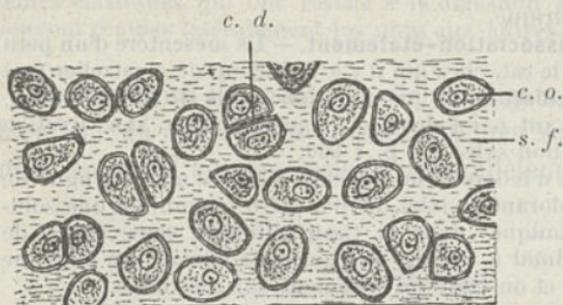


Fig. 37. — *Cartilage hyalin (sclérotique de la grenouille)*. Color. au sérum iodé. — *c. c.*, cellules cartilagineuses, avec leur capsule limitée par un double contour; *s. f.*, substance fondamentale; *c. d.*, cellules en division.  
× 250.

fondamentale; cette cavité est nommée *chondroplaste*. La cellule, appelée aussi, à l'état jeune, *chondroblaste*, occupe généralement toute la cavité. Quelquefois, elle est contractée par le réactif employé, laissant un espace vide entre le cyto-

plasma et la paroi du chondroplaste. La cavité elle-même est bordée d'une *capsule*.

La structure du noyau et du cytoplasme ne présentent d'ailleurs rien de particulier. Ce dernier peut renfermer diverses enclaves, notamment du glycogène (surtout chez les jeunes animaux), de la graisse ou du pigment. L'appareil mitochondrial est particulièrement visible sous forme de filaments longs et pelotonnés : *Masse filaire de Flemming*.

## B. Substance fondamentale.

La substance fondamentale est parfaitement hyaline et homogène. Cependant, dans certaines conditions, on y distingue un réseau de fins canalicules que l'on considère comme représentant les voies nutritives du cartilage. On doit admettre qu'elle a transsudé à travers la capsule, qui paraît la précéder embryologiquement comme phylogénétiquement.

Les pièces cartilagineuses ne reçoivent pas en effet de vaisseaux sanguins : le plasma sanguin y pénètre pour les nourrir par simple imbibition. La pénétration de vaisseaux dans un cartilage est l'indice d'une ossification prochaine.

*Cartilage du larynx* (coloré au violet de méthyle) (fig. 38). — Dans certains cartilages, et lorsqu'on emploie une coloration

appropriée, on distingue aisément, dans la substance fondamentale, deux substances différemment colorables. L'une forme autour des cellules ou des groupes de cellules, des nodules irréguliers. Elle se colore fortement par le violet. On nomme cette substance *chondromucoïde* (indiquant qu'elle a quelques réactions communes avec le mucus) et on désigne du mot allemand *chondrinballen* (*ch*) les nodules qu'elle constitue. La substance située entre ces nodules est peu colorable par le violet; on la nomme *albumoïde*.

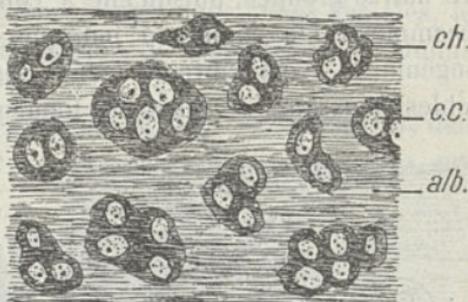


Fig. 38. — *Cartilage du larynx* (color. violet de méthyle). — *c. c.*, cellules cartilagineuses; *ch.*, chondrinballen; *alb*, travees d'albumoïde.

Ces deux substances ont été élaborées par la cellule cartilagineuse à des époques différentes; la substance chondromucoïde ayant sans doute succédé à l'albumoïde plus ancienne<sup>1</sup>.

### Multiplication des cellules cartilagineuses.

*Cartilage articulaire* (fig. 39). — Le cartilage articulaire d'un animal jeune, encore en voie de croissance, ne diffère pas essentiellement de celui que nous venons de décrire; mais les cellules cartilagineuses sont généralement disposées en groupes fort nets de huit ou dix cellules disposées en cercles plus ou moins nets ou en piles. Dans ce dernier cas, les cellules sont alors généralement aplaties parallèlement les unes aux autres.

Ces groupes de cellules cartilagineuses dits *groupes isogéniques* sont dus à ce que les cellules qui les constituent proviennent de la division d'une même cellule mère (fig. 39).

Les deux cellules issues de la division d'une cellule cartilagineuse habitent pendant quelque temps la même capsule.

1. L'opinion inverse a d'ailleurs été défendue, le chondromucoïde existerait d'abord seul, représentant une sorte d'exoplasme des cellules cartilagineuses et l'albumoïde se développant plus tard serait une véritable substance fondamentale.

Peu à peu, elles élaborent entre elles de la substance fondamentale, mais la couche de substance fondamentale qui les sépare reste plus mince que celle qui sépare le groupe des deux cellules des autres groupes, puisqu'elle a commencé à se former plus récemment. On comprend pourquoi les cellules des groupes isogéniques, c'est-à-dire de même origine, sont séparées par de faibles épaisseurs de substance fondamentale.

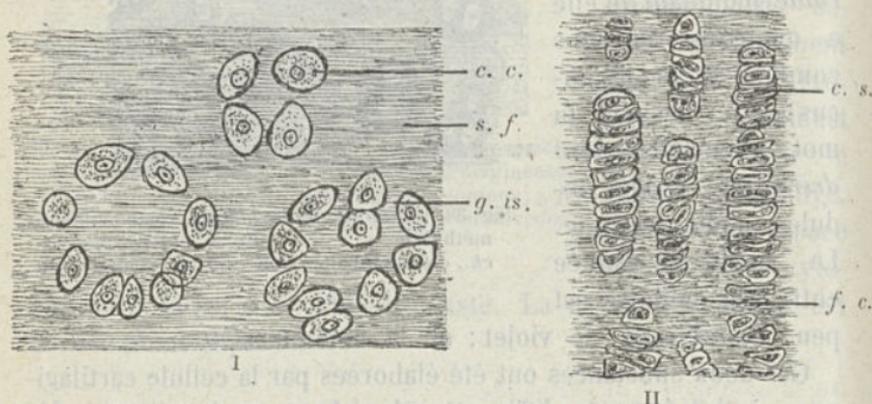


Fig. 39. — I. *Cartilage articulaire de veau* : *c. c.*, cellule cartilagineuse ; *s. f.*, substance fondamentale ; *g. is.*, groupe isogénique coronaire. — II. *Cartilage de l'épiphyse tibiale d'un fœtus* au voisinage de la ligne d'ossification : *s. f.*, substance fondamentale ; *c. s.*, cartilage sérié (groupe isogénique axial).  $\times 200$ .

Si les divisions se succèdent dans des directions diverses on aboutit à un groupe circulaire ou *coronaire* ; si elles se font suivant une seule direction, on aboutit à un *groupe axial*.

**Fibrilles conjonctives du cartilage.** — Si l'on traite une coupe de cartilage par l'eau de baryte ou si l'on digère la substance fondamentale par de la trypsine, on y voit apparaître de nombreuses fibrilles conjonctives disposées en faisceaux qui se croisent dans divers sens. Ces fibrilles n'apparaissent pas dans les conditions ordinaires, parce que leur réfringence est identique à celle de la substance fondamentale. Leur présence permet de classer le cartilage dans les tissus collagènes.

### Variétés de cartilage

**Cartilage hyalin.** — Les types de cartilage que nous venons d'étudier nous ont montré une substance fondamentale

hyaline ; les voies nutritives et fibrilles collagènes n'apparaissent que dans des conditions particulières. Ce cartilage est dit *hyalin*.

Il est une série de cartilages dont la substance fondamentale renferme, en outre des éléments que nous avons signalés, les divers constituants du tissu conjonctif. Nous allons en donner quelques exemples.

**Cartilage élastique** (*épiglotte* fig. 40). — Il renferme dans sa substance fondamentale un réseau de fibres élastiques pré-

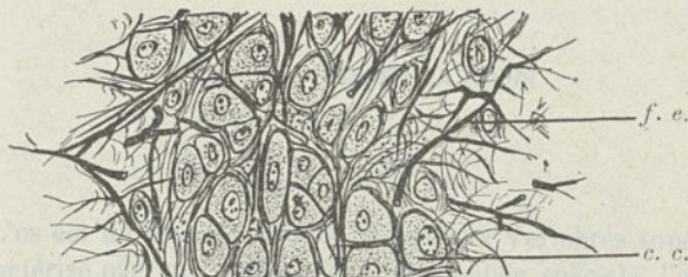


Fig. 40. — *Cartilage élastique* (épiglotte de chien); color. des fibres élastiques par le réactif de Weigert. — c. c., cellules cartilagineuses ; f. e., fibres élastiques.  $\times 400$ .

sentant les mêmes caractères que celles du tissu conjonctif sauf, bien entendu, qu'elles ne se rétractent pas, étant prises dans une substance fondamentale solide.

**Cartilage fibreux** (*disques intervertébraux*). — Dans ce cartilage appelé encore fibro-cartilage, les faisceaux de fibrilles conjonctives qu'on trouve dans toute substance fondamentale, ont pris nettement la prépondérance sur la substance hyaline et sont facilement visibles sans méthodes spéciales grâce à leur extrême abondance.

Les cellules au lieu d'être à peu près ovoïdes sont fusiformes et aplaties entre les faisceaux conjonctifs.

### Technique

Il est facile d'étudier le cartilage, si l'on s'adresse à des objets minces, comme la sclérotique ou les ailerons du sternum de la grenouille ; on en portera un fragment pendant quelques minutes dans l'eau iodo-

iodurée et après lavage par quelques gouttes de sérum, on examinera dans une goutte de glycérine.

Pour l'étude de cartilages articulaires, on s'adressera à une tête de fémur de veau, et on y fera, au rasoir, des coupes minces à main levée. On négligera les coupes superficielles, où les cellules sont très aplaties et de petite taille, et on examinera directement, dans une goutte de sérum isotonique (à 7,5 p. 1 000), en diaphragmant l'objectif.

Les cartilages élastiques et fibreux seront examinés sur des coupes colorées par les méthodes spéciales du tissu élastique (orcéine ou Weigert) et du tissu conjonctif (Van Gieson, Vert lumière, etc.).



Cartilage fibreux. — Dans ce cartilage, les fibres sont plus nombreuses et plus épaisses que dans le cartilage élastique. Elles sont disposées en faisceaux et ont une direction prédominante. Les cellules sont plus grandes et plus nombreuses que dans le cartilage élastique. Elles sont disposées en couches et ont une forme plus arrondie. Les fibres sont plus épaisses et plus nombreuses que dans le cartilage élastique. Elles sont disposées en faisceaux et ont une direction prédominante. Les cellules sont plus grandes et plus nombreuses que dans le cartilage élastique. Elles sont disposées en couches et ont une forme plus arrondie.

Technique  
Cartilage fibreux

## SEPTIÈME LEÇON

### LES TISSUS DE SOUTIEN (Suite)

#### OS ET OSSIFICATION

##### I. — OS

L'os est un tissu de soutien propre aux Vertébrés supérieurs caractérisé par une substance fondamentale spéciale, l'osséine et surtout par la calcification de cette substance. Nous aurons à étudier, comme dans les autres tissus de soutien, les cellules et la substance fondamentale.

Les cellules osseuses sont des éléments étoilés et ne présentent pas un intérêt particulier par leur structure. D'ailleurs, elles se moulent exactement

sur les cavités qui les contiennent, nous étudierons d'abord leur disposition dans la substance fondamentale sur des préparations d'os sec où ces cavités apparaissent bien.

*Opercule de poisson* (fig 41). — Cet os est suffisamment mince pour être examiné par transparence après simple dessiccation. A un faible grossissement, on voit de nombreux corpuscules ayant des prolongements disposés irrégulièrement, en araignée, ce sont les cavités qui logent les cellules osseuses ou *ostéoplastes*.

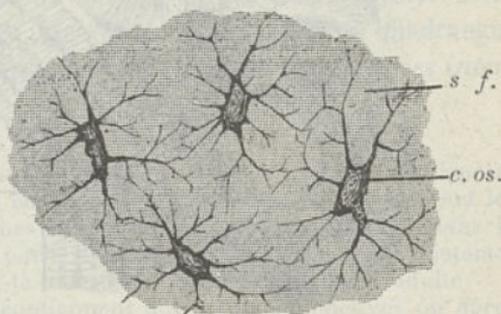


Fig. 41. — *Opercule de tanche*. — *c. os.*, corpuscules osseux ; *s. f.*, substance fondamentale.

Ces ostéoplastes sont anastomosés, les uns avec les autres par leurs prolongements. Ils apparaissent en noir sur la préparation d'os sec, parce qu'ils sont remplis d'air. Entre ces corpuscules se trouve la *substance fondamentale*, qui paraît homogène ou finement granuleuse.

Ces cavités sont disposées irrégulièrement et communiquent par leurs prolongements avec l'extérieur, ce qui permet la nutrition des cellules. On trouverait une disposition analogue dans les os plats. Les os longs ont une structure plus complexe, due à ce qu'ils ont des vaisseaux propres.

*Coupe transversale d'os.* — Sur une coupe transversale

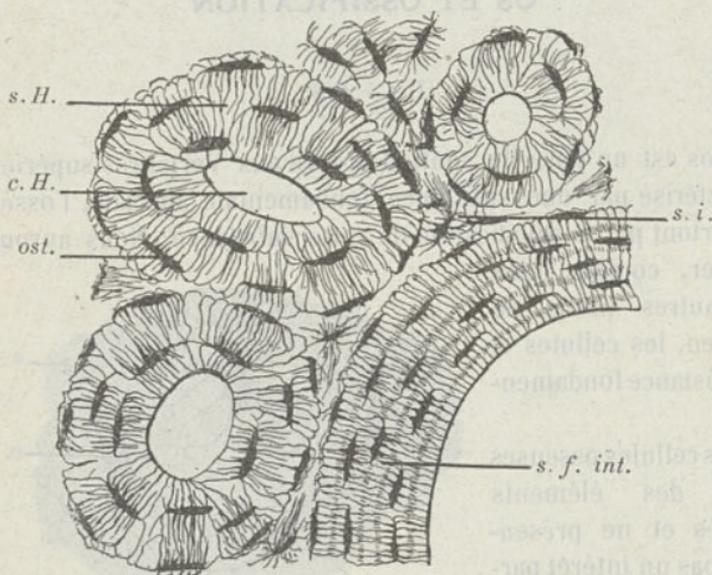


Fig. 42. — Coupe transversale d'un fragment d'os sec (diaphyse du tibia) au voisinage du canal médullaire. — *ost.*, ostéoplastes avec leurs prolongements les canalicules osseux ; *c. H.*, canal de Havers ; *s. H.*, système de Havers ; *s. i.*, système intermédiaire ; *s. f. int.*, système fondamentale interne ou péri-médullaire, dans lequel les lamelles osseuses, alternativement claires et sombres ont été représentées.  $\times 400$ .

de la diaphyse d'un os long<sup>1</sup>, le fémur par exemple, on observe de distance en distance, des orifices circulaires, qui sont la section de canaux où passent les vaisseaux nourriciers ou *canaux de Havers*. Autour de ces canaux se trouvent des cavités allongées, disposées concentriquement (fig. 42).

<sup>1</sup> Examinée à l'état sec, où ces détails sont le plus facilement visibles.

De la périphérie de ces cavités ou *ostéoplastes* partent un grand nombre de fins prolongements, *les canalicules osseux*. Ces canalicules se continuent avec ceux des ostéoplastes voisins, ceux de la première rangée communiquent avec le canal de Havers. Il y a ainsi entre le canal de Havers et les 4 ou 5 assises d'ostéoplastes concentriques un système de voies canaliculées. On désigne sous le nom de *système de Havers*, l'ensemble des cellules qui se nourrissent aux dépens du même vaisseau.

A la périphérie du système, les canalicules osseux se réfléchissent sur eux-mêmes et s'anastomosent bout à bout, sans communiquer avec le système voisin.

Vers la cavité médullaire, les ostéoplastes sont aussi disposés circulairement autour du canal médullaire, c'est le *système fondamental interne* qui se nourrit aux dépens des vaisseaux de la moelle.

A la périphérie de l'os, existe un nouveau système circulaire sous-périosté, c'est le *système fondamental externe*, concentrique à l'os tout entier, et qui se nourrit aux dépens du périoste.

Entre les systèmes de Havers de forme assez régulièrement cylindrique, occupant les intervalles triangulaires ou quadrangulaires laissés entre ces systèmes, se trouvent les *systèmes intermédiaires*.

Ces systèmes sont constitués par des groupes d'ostéoplastes disposés en arcs concentriques à un centre qui n'existe plus. Ils représentent les restes des premiers systèmes de Havers qui se sont formés dans le jeune os et qui ont été en partie dissous et remplacés par des systèmes de Havers nouveaux, ceux-là mêmes qu'on trouve dans l'os adulte.

C'est pourquoi certains contiennent des fibres conjonctives ou *fibres de Sharpey*, restes du tissu conjonctif périosté qui a précédé l'os.

Par leurs canalicules, les systèmes intermédiaires communiquent avec les systèmes de Havers voisins, dont ils sont ainsi une dépendance secondaire.

*Coupe longitudinale.* — Une coupe longitudinale de la diaphyse de l'os montre la disposition régulièrement parallèle des canaux de Havers. De distance en distance ces canaux s'envoient des anastomoses transversales ou obliques. Les ostéoplastes d'un même système s'anastomosent aussi bien dans le sens vertical que dans le sens circulaire.

**Substance fondamentale.** — La *substance fondamentale*, privée des sels calcaires par décalcification, apparaît homogène, sans détail de structure. C'est une substance de composition chimique et de caractères histologiques spéciaux, *l'osséine*, très voisine du collagène des autres tissus conjonctifs.

Dans la substance fondamentale des procédés spéciaux (baryte, digestion) mettent en évidence de façon constante des fibrilles collagènes et accessoirement des fibres élastiques. Ces fibres élastiques accompagnent dans les systèmes intermédiaire et fondamental externe les faisceaux conjonctifs que nous avons déjà signalés sous le nom de fibres de Sharpey. Mais le principal caractère de la substance fondamentale est d'être imprégnée de sels calcaires (phosphate tricalcique 85 p. 100, phosphates de Magnésie, carbonates de chaux, de Magnésie, etc..., 15 p. 100).

Telle est la structure de la diaphyse des os longs, de l'os dit *compact*. Le tissu *spongieux* des épiphyses et du diploé possède une structure analogue. Si la travée osseuse est mince les cellules osseuses sont disposées autour de petites cavités remplies de moelle; si la travée est épaisse; elle possède dans son épaisseur des canaux de Havers.

*Canaux de Volkmann.* — A côté des canaux de Havers, il existe, dans l'os compact, un autre système de canaux, également disposés en réseau, ce sont les *canaux de Volkmann*. Ces canaux ne sont pas entourés d'un système régulier de cellules et de lamelles, comme les canaux de Havers, mais traversent la substance fondamentale, sans en modifier la texture. Ce sont des voies nutritives, en liaison avec les canaux nutritifs. Ils renferment des capillaires et les vaisseaux dits perforants.

## II. — OSSIFICATION

Les os simples des Vertébrés les plus inférieurs se développent dans le tissu conjonctif qui entoure les pièces cartilagineuses ou périchondre.

Ce processus ne se retrouve plus d'ailleurs chez l'homme que pour le maxillaire inférieur, qui s'ossifie dans le périchondre du cartilage de Meckel. Le processus ne diffère d'ailleurs pas du suivant dans le détail.

### Os de membrane

La plupart des os plats se forment dans des membranes conjonctives. Le processus est simple. Les fibres conjonctives se calcifient, les cellules élaborent de la substance fondamentale tout autour d'elles et s'isolent les unes des autres. Au milieu du tissu en voie d'ossification se voient des cavités très vasculaires : les *cavités médullaires*. La vascularisation abondante est en effet un caractère général de l'os (fig. 44).



Fig. 43. — *Détail d'une travée osseuse pendant l'ossification (Hématoxyline au fer). tr. os., travée osseuse ; ost., ostéoblaste ; c. os., cellule osseuse ; c. c., cellules conjonctives ; cap., capillaire ; osté., ostéoclaste.*

Pendant son ossification, l'os de membrane est le siège d'un perpétuel remaniement dû à l'agrandissement des cavités médullaires. Il ne reste d'ossifié que des *travées osseuses* irrégulières. A leur surface, on voit des cellules d'origine conjonctive, serrées les unes contre les autres et appliquées contre la travée. Ce sont des éléments qui élaborent activement de la substance osseuse, des *ostéoblastes*.

Tous les os formés dans des membranes conjonctives sont naturellement riches en fibres conjonctives noyées dans leur substance fondamentale, dites encore *fibres de Sharpey*.

### Ossification des pièces cartilagineuses

Les os succédant à des pièces cartilagineuses s'ossifient de façon plus compliquée.

**Ossification périchondrale.** — Le périchondre forme d'une part autour du cartilage une gaine d'os périosté par un processus analogue à celui que nous venons d'étudier. Cet os périosté d'abord spongieux deviendra de plus en plus compact et formera un système rangé concentriquement à l'ensemble de l'os.

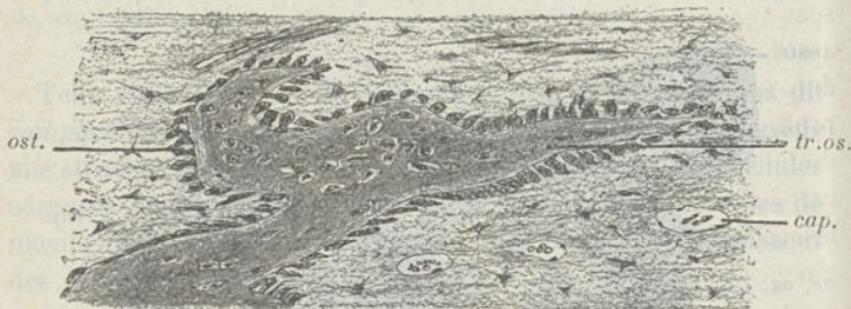


Fig. 44. — Coupe d'une travée osseuse d'un pariétal en voie d'ossification chez un fœtus humain de trois mois, fix. Bouin., color. hématox. Van Gieson. — *ost.*, ostéoblastes; *tr. os.*, travée déjà ossifiée avec les cellules osseuses et la substance fondamentale; *cap.*, capillaire sanguin,  $\times 300$ .

**Périchondre.** — Le périchondre est la membrane nourricière qui entoure le cartilage. Il est composé de tissu conjonctif, dans lequel on peut distinguer deux zones : une zone externe, où prédominent le tissu fibreux et les vaisseaux, *couche fibreuse*; une zone interne, riche en éléments ordinaires fusiformes, *couche ostéogène*. Ce sont les cellules de cette couche qui dans l'ossification périchondrale jouent le rôle d'ostéoblastes. Au moment de l'ossification, le périchondre devient le périoste.

**Ossification endochondrale.** — Le phénomène capital de l'ossification des pièces cartilagineuses est la pénétration des vaisseaux à l'intérieur du cartilage. Ces vaisseaux sont coiffés d'un tissu conjonctif qu'ils amènent avec eux, et à leur contact se produisent dans le cartilage des transformations que nous allons étudier et qui aboutissent à l'ossification intense de ce cartilage.

Exemple : *extrémité supérieure d'un tibia de fœtus à terme* (fig. 45). Une coupe exactement longitudinale nous montrera vers l'épiphyse une zone spéciale appelée *ligne d'ossification*. C'est la zone du cartilage que les vaisseaux atteignent au moment où a été faite la fixation.

On voit qu'au voisinage de ces vaisseaux et sur une assez grande étendue, le cartilage est profondément modifié. En partant du cartilage normal, les cellules cartilagineuses se sont d'abord activement multipliées, donnant lieu à un *cartilage sérié*, puis elles se sont *hypertrophiées*, confluant presque l'une dans l'autre dans le sens de l'axe de l'os. Ces phénomènes s'expliquent par l'apport intense de matériaux nutritifs qu'effectuent les vaisseaux sanguins. Au contact du cartilage hypertrophié arrivent les vaisseaux qui cheminent parallèlement à l'axe de l'os.

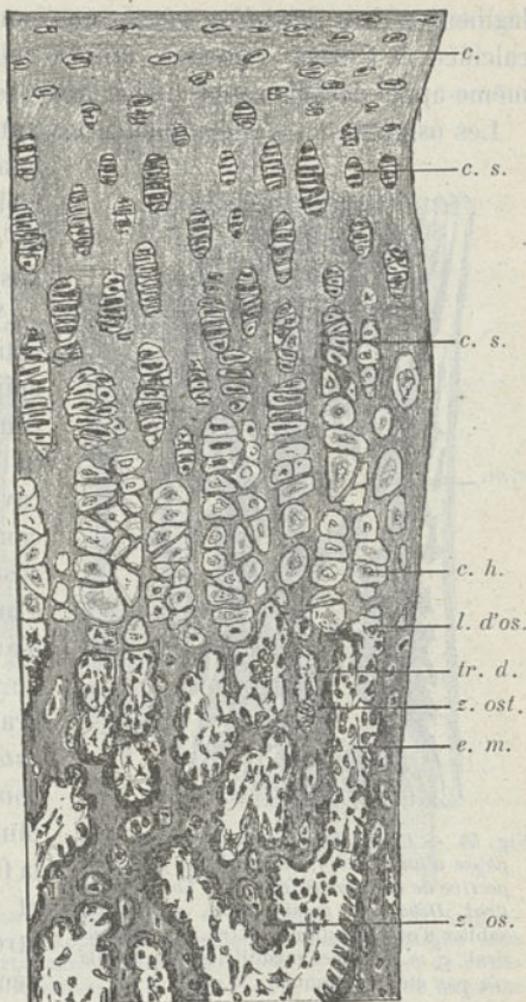


Fig 45. — Coupe de l'extrémité supérieure du tibia à l'union de l'épiphyse et de la diaphyse chez un fœtus à terme. Fixat. Bouin ; décalcification par  $Az^3OH$  à 1 p. 100. Color. Prenant. — *c*, cartilage épiphysaire ; *c. s.*, cartilage sérié ; *c. h.*, cartilage hypertrophié et calcifié ; *l. d'os.*, ligne d'ossification ; *tr. d.*, travées directrices de l'ossification ; *z. ost.*, zone ostéoïde ; *e. m.*, espaces médullaires renfermant des capillaires et les éléments de la moelle ; *z. os.*, zone ossifiée.  $\times 250$ .

Autour d'eux se voient des cellules irrégulières d'origine conjonctive, les ostéoblastes, qui élaborent à la surface des travées cartilagineuses (*travées directrices*) une substance fondamentale calcifiée et à base d'osséine, qui se colore de façon spéciale même après décalcification (*zones ostéoïde et ossifiée*).

Les ostéoblastes s'isolent peu à peu autour du vaisseau qui les a amenés, et c'est à cet isolement concentrique qu'est due la disposition des systèmes de Havers.

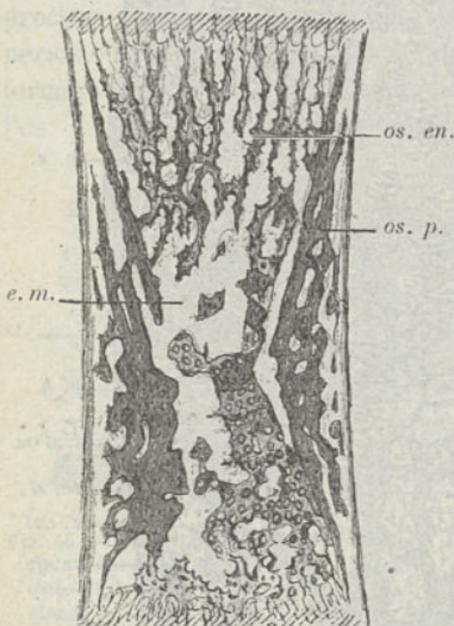


Fig. 43. — Coupe longitudinale de la diaphyse d'un os long, montrant la part respective de l'os périostique et de l'os enchondral. Début de l'ossification. — *os. p.*, sablier d'os périostique; *os. en.*, os enchondral; *e. m.*, espaces médullaires (la moelle n'a pas été représentée).  $\times 20$ .

A mesure que l'ossification progresse vers les épiphyses se forme au centre de l'os une cavité qui s'agrandit, c'est la cavité médullaire. L'os, constamment remanié, se résorbe donc d'une part, à mesure qu'il se construit d'autre part. Les agents de la résorption sont de grands éléments appelés *ostéoclastes* (fig. 43). Ce sont des cellules géantes plurinucléées, formées par la fusion des ostéoblastes, et qui sont appliquées étroitement contre les travées osseuses par l'intermédiaire d'une bordure en

brosse. La moelle possède d'ailleurs aussi des ostéoblastes qui fonctionnent concentriquement à la cavité médullaire donnant le système fondamental interne.

Les systèmes de Havers formés les premiers sont remaniés ultérieurement par pénétration de vaisseaux nouveaux. Les systèmes intermédiaires que nous avons étudié sur l'os sec sont les restes de systèmes de Havers ainsi remaniés.

**Cartilage de conjugaison.** — L'ossification envahit

l'ébauche cartilagineuse en des points déterminés entre lesquels restent des zones cartilagineuses dites cartilages de conjugaison. Ces cartilages servent à l'accroissement ultérieur de l'os en

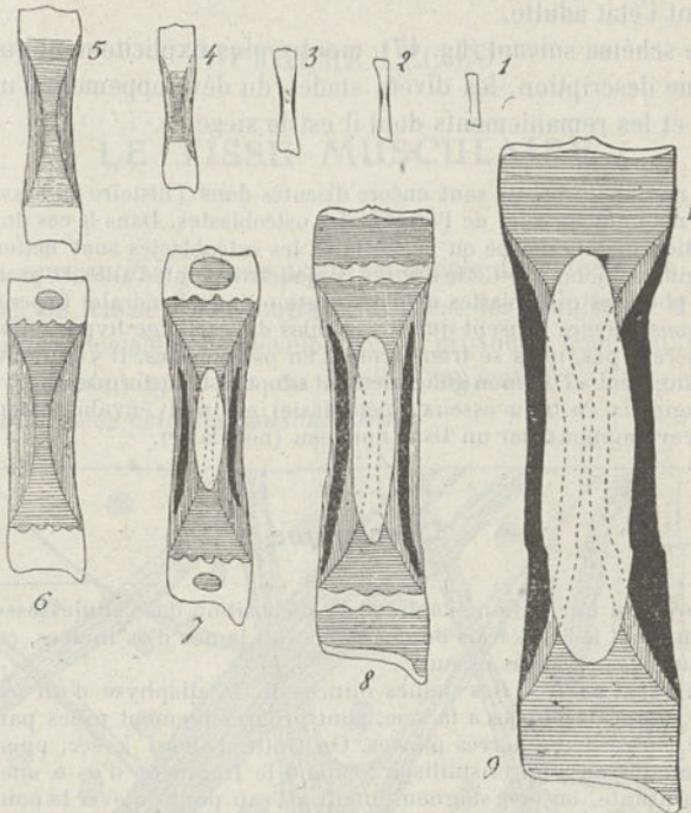


Fig. 47. — Schéma des phases successives de la formation d'un os long. — 1. Modèle cartilagineux; — 2. Apparition première de l'os périostique sous forme de croûte dans la partie moyenne de la diaphyse; — 3. Début de l'ossification endochondrale dans le centre de la diaphyse; 4. — La partie moyenne de la diaphyse est à l'état osseux; — 5. La diaphyse est tout entière ossifiée et reproduit la figure classique en sablier; la partie hachurée verticalement est périostique; la partie hachurée horizontalement est endochondrale; — 6 et 7. Apparition des points d'ossification dans les cartilages épiphysaires. Dans la diaphyse s'est produite la substance osseuse compacte (en noir). Le canal médullaire s'est creusé; — 8. De l'ancien modèle cartilagineux, il ne reste plus, à l'état de cartilage, que les cartilages articulaires et les deux cartilages de conjugaison; — 9. Os définitif. Les cartilages de conjugaison ont disparu; les épiphyses sont soudées à la diaphyse (D'après Math. Duval).

longueur par le processus suivant. Le périoste envoie une sorte de lame au milieu de ces cartilages et de cette lame partent des

systèmes de Havers en deux directions opposées, par exemple, diaphyse d'une part, épiphyse de l'autre.

Cette zone d'ossification secondaire qui peut fonctionner très longtemps accroît la longueur de l'os tant que l'animal n'a pas atteint l'état adulte.

Le schéma suivant (fig. 47), montre plus explicitement qu'une longue description, les divers stades du développement d'un os long et les remaniements dont il est le siège.

De nombreux points sont encore discutés dans l'histoire de l'ossification, notamment celui de l'origine des ostéoblastes. Dans le cas de l'ossification membraneuse ou périostique, les ostéoblastes sont nettement d'origine conjonctive. Cette origine conjonctive paraît d'ailleurs probable aussi pour les ostéoblastes de l'ossification endochondrale. Cependant, quelques auteurs pensent que les cellules du cartilage hypertrophié ne dégénèrent pas, mais se transforment en ostéoblastes. Il y aurait donc, contrairement à l'opinion généralement adoptée, transformation du tissu cartilagineux en tissu osseux (métaplasie) en non envahissement du tissu cartilagineux par un tissu nouveau (néoplasie).

### Technique

On prendra une notion exacte de la disposition des cellules osseuses, en examinant à l'état frais ou desséché, des lames d'os minces, comme l'opercule des poissons osseux.

**Os à l'état sec.** — Des lames minces de la diaphyse d'un os long (fémur, tibia) découpées à la scie, sont progressivement usées par frottement, entre deux pierres ponce. On frotte d'abord à sec, puis sous l'eau, au-dessus d'un cristalliseur. Quand le fragment d'os a une minceur suffisante, on lave soigneusement à l'eau pour enlever la poussière calcaire, on laisse sécher et on monte la préparation dans du baume de Canada sec. Pour cela on porte jusqu'à température de fusion, au-dessus d'un bec de gaz, un petit fragment de baume déposé sur une lame de verre à côté du fragment d'os. Quand le baume est fondu, on y transporte la lame osseuse et on recouvre rapidement d'une lamelle. Le baume de Canada ne pénètre pas dans les ostéoplastes et dans les canalicules osseux, qui restent remplis d'air et qui apparaissent colorés en noir par réfraction.

L'ossification sera étudiée sur des coupes faites après décalcification par un acide (acide azotique, picrique, acétique), sur des os de fœtus ou de nouveau-nés. Il est avantageux de fixer d'abord la préparation, puis de décalcifier ensuite.

OUVRAGES À CONSULTER : *Traité d'histologie pratique* de Renaut, Retterer, *Comptes rendus de la Société de biologie*, passim.

## HUITIÈME LEÇON

# LE TISSU MUSCULAIRE

La *contractilité* est une propriété banale du cytoplasme. Une amibe, un leucocyte se contractent. Il est des cellules où la contractilité spécialement développée a provoqué l'apparition de différenciations spéciales ou fibrilles musculaires. Ces cellules sont nommées *cellules musculaires*.

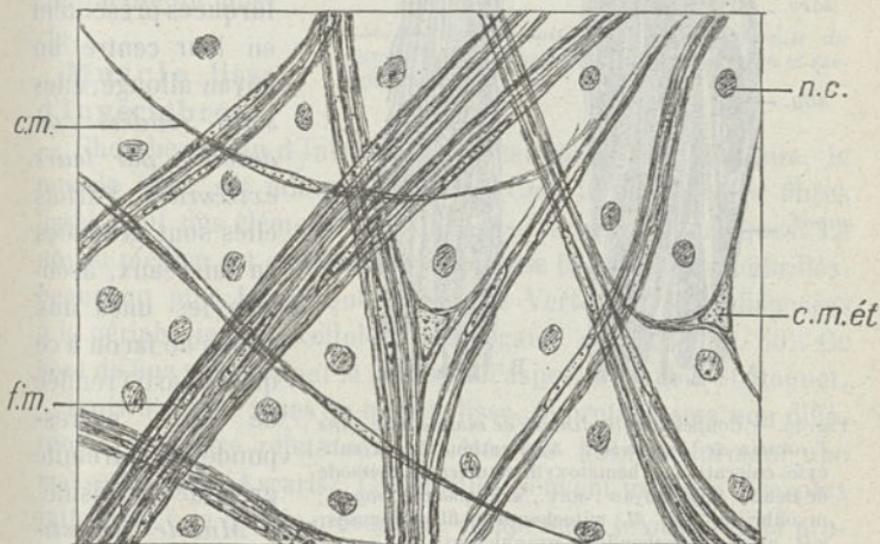


Fig. 48. — *Muscle lisse* (Vessie de grenouille). — *c. m.*, cellule musculaire ; *c. m. ét.*, cellule musculaire bifurquée ; *f. m.*, faisceau musculaire ; *n. c.*, noyaux de cellules conjonctives.  $\times 500$ .

La différenciation musculaire est caractérisée histologiquement parce qu'elle est *biréfringente en lumière polarisée*, c'est-à-dire qu'examinées en lumière polarisée les fibrilles musculaires s'éclairent sur champ obscur.

Il y a dans les cellules musculaires des degrés de différenciation très variés.

## LE MUSCLE LISSE

**Cellules musculaires lisses.** — *Vessie de Grenouille* (fig. 48). — On se fait une bonne idée d'ensemble du muscle le

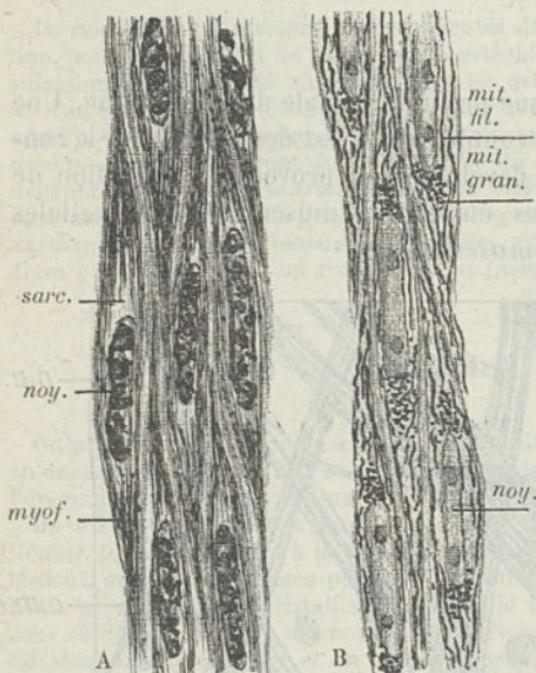


Fig. 49. — Coupes longitudinales de muscle lisse dans l'intestin de grenouille. A, fixation alcool salicylé, coloration à l'hématoxyline au fer; B, méthode de Benda; *noy.*, noyau; *sarc.*, sarcoplasme; *myof.*, myofibrilles; *mit. fil.*, mitochondries filamenteuses; *mit. gran.*, mitochondries granuleuses.  $\times 1\ 200$ .

plus simple : le muscle lisse des Vertébrés sur une préparation de vessie de grenouille étalée. Les cellules musculaires, fusiformes, parfois bifurquées présentent en leur centre un noyau allongé, elles sont soudées ou accolées par leurs extrémités. Parfois elles sont groupées en faisceaux, accolées les unes aux autres de façon à ce que la partie renflée de l'une corresponde à l'extrémité grêle de la voisine.

*Muscle intestinal* (fig. 49). — Une coupe transversale

d'intestin présente des sections longitudinales et transversales de muscle lisse. Si on a fait une coloration de tissu conjonctif, on constate que les fibres musculaires sont séparées par des lamelles colorables comme le tissu conjonctif. Les sections longitudinales ont sensiblement le même aspect que nous venons d'étu-

dier dans la vessie. Le protoplasma se montre rempli de fines fibrilles qui ne réservent qu'un très faible espace autour du noyau.

Les coupes transversales de muscle lisse ont un aspect particulier : la plupart des coupes ne passent pas par le noyau, les sections de fibres passant à des hauteurs différentes dans les diverses cellules sont très inégales. Elles sont polyédriques par pression réciproque.

Les fibres lisses paraissent unies les unes aux autres par de fines anastomoses ou *ponts intercellulaires* dont l'existence donne au muscle sa cohésion. Le cytoplasme renferme des mitochondries qui sont naturellement orientées dans le sens des fibrilles. Les fibrilles représentent l'élément contractile du muscle.

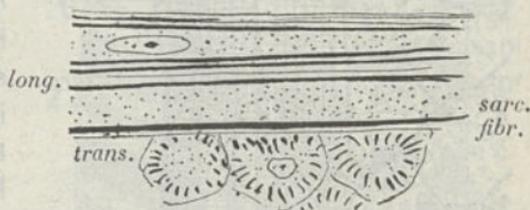


Fig. 50. — Coupe longitudinale et transversale du muscle lisse de sangsue avec grosses fibrilles et sarcoplasme axial.

### Muscle lisse d'Invertébrés.

— Chez beaucoup d'Invertébrés, notamment chez les vers, le muscle lisse est mieux différencié. Chez la sangsue, les fibres lisses sont des éléments très allongés, presque cylindriques. Le noyau médian est entouré de cytoplasme banal. Les myofibrilles, beaucoup plus larges que celles des Vertébrés, sont disposées à la périphérie de la cellule en une gaine régulière (fig. 50). Ce sont de fins rubans dont la section a l'aspect d'un court bâtonnet.

Dans d'autres types de muscle lisse, le protoplasma non différencié peut être rejeté sur un côté, les fibrilles formant une masse *latérale* (*Ascaris*). Les fibrilles peuvent même n'être plus rattachées à la cellule musculaire comprenant le noyau et le protoplasma indifférent que par des points de substance relativement grêles (*Platodes*) (*type extérieur*).

### LE MUSCLE STRIÉ

La fibre musculaire striée à son minimum de complication, telle qu'on la trouve chez beaucoup d'Insectes, ne diffère pas

essentiellement d'une fibre lisse bien différenciée comme celle que nous avons étudiée chez la sangsue. Le trait caractéristique c'est que les myofibrilles sont *hétérogènes*, c'est-à-dire segmentées suivant leur longueur en disques alternativement clairs et sombres <sup>1</sup>. Les disques sombres étant tous au même niveau, la cellule paraît dans son ensemble striée transversalement : d'où son nom.

Si on examine le muscle strié en lumière polarisée, on constate que les disques sombres sont seuls

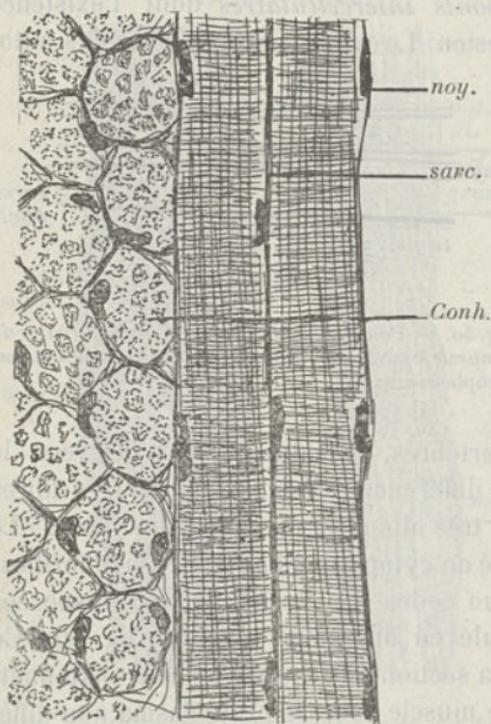


Fig. 51. — Muscle de la langue (sections longitudinales et transversales de fibres striées) (Hématoxyline au fer).

biréfringents. Les cellules musculaires striées sont généralement des éléments de très grande taille et ont habituellement plusieurs noyaux, qui peuvent être axiaux comme chez les Insectes, mais sont la plupart du temps rejetés à la périphérie de la cellule musculaire.

Les cellules musculaires sont entourées d'une enveloppe qui se colore comme le tissu conjonctif : c'est le sarcolemme. Pour nous rendre compte de la disposition plus complexe du muscle strié des Vertébrés, adressons-nous d'abord à un muscle où le protoplasma non différencié est encore abondant (muscle de l'œil de la Salamandre).

Sur les coupes longitudinales nous voyons des portions de fibres (on ne les voit jamais tout entières parce qu'elles sont

1. Les disques sombres sont encore appelés *disques Q* (de l'allemand *Querschleibe*).

très longues) qui sont bien délimitées par leur sarcolemme. Ces fibres renferment un protoplasma banal qu'on appelle ici *sarco-plasme*. Dans ce protoplasma sont disposés latéralement les noyaux qui sont ici  *multiples*. Enfin, dans le sarcoplasme se trouve la substance musculaire différenciée : les *myofibrilles* groupées en sept ou huit  *colonnettes* dans chaque fibre. On voit bien ces colonnettes sur les coupes transversales, leur section est appelée  *champ de Conheim* (fig. 51).

Si nous examinons un muscle strié ordinaire, nous constaterons que le sarcoplasme y est relativement très réduit et les colonnettes de fibrilles très abondantes. Sur les coupes transversales il ne reste plus entre leurs sections qu'un mince réseau de sarcoplasme.

Le sarcoplasme est un protoplasma ordinaire qui renferme des mitochondries (appelées parfois *sarcosomes*) et diverses enclaves, notamment de la *graisse*, du *glycogène*, de l'*hémoglobine* (hémoglobine musculaire).

**Détails de structure des myofibrilles.** — Ces détails se voient bien sur le muscle des Insectes, mais ils existent chez les Vertébrés où ils sont seulement plus fins.

La fibrille est, nous l'avons dit, décomposée en disques clairs et sombres. Au milieu du disque clair se trouve une fine mem-

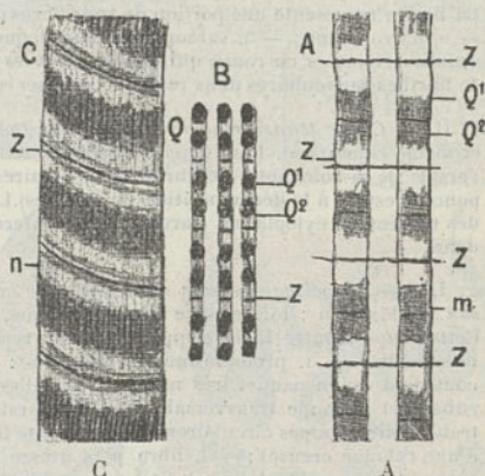


Fig. 52. — Détails de la striation des fibrilles. — A, figure schématique montrant la continuité de la strie Z d'une fibrille à l'autre et la division en cases (espaces compris entre deux stries Z et dans une fibrille) chaque case contenant une partie sombre Q divisée en deux  $Q_1$  et  $Q_2$ ; — B et C, figures réelles; — B, muscles de la tête de Lamproie avec début de contraction et dédoublement du disque Q; — C, muscle d'un insecte (Lepisme) : on voit de chaque côté de la strie Z des stries sombres constituées par des rangées de mitochondries du sarcoplasme interfibrillaire; — disque Z (cloison transversale) séparant en deux le disque clair; — Q, disque sombre, subdivisé en deux parties foncées  $Q_1$  et  $Q_2$  séparées par une bande claire (strie de Hensen); m, membrane moyenne (mittelmembran).

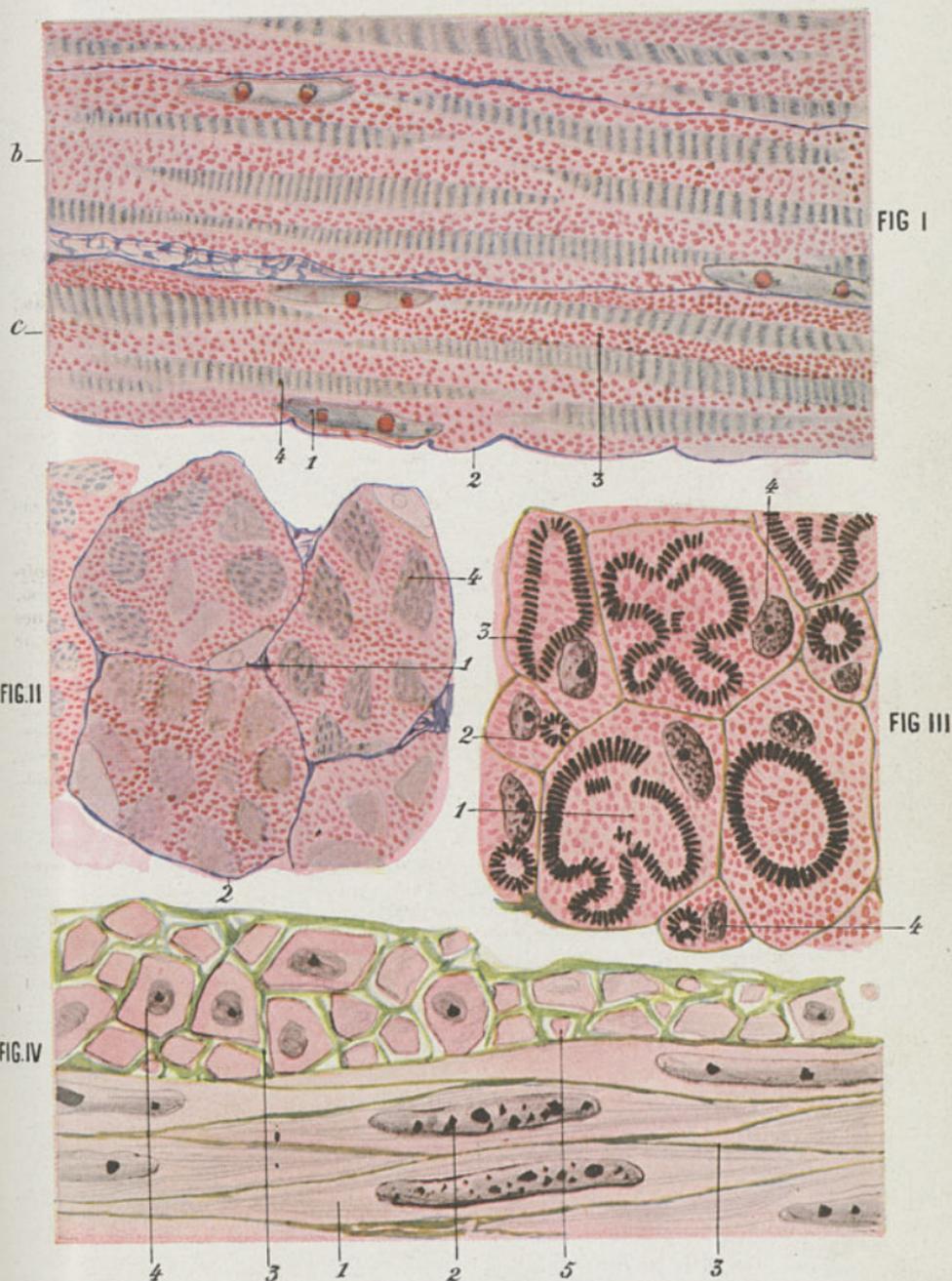
## PLANCHE IV

Fig. I. — *Fibres musculaires striées* à sarcoplasme abondant (muscles de l'œil de la Salamandre, fixation au formol-bichromate ; coloration de Mallory.  $\times 1200$ . — La figure représente une portion de trois fibres musculaires *a, b, c* ; — 1, noyau ; — 2, sarcolemme ; — 3, sarcoplasme dans lequel on observe d'abondantes granulations teintées en rouge qui représentent les mitochondries ; — 4, colonnette de fibrilles musculaires dans laquelle on observe la striation transversale.

Fig. II. — *Coupe transversale de muscle strié* (même objet que celui de la fig. I et même coloration). Les numéros de report sont les mêmes. — 4, section transversale de la colonnette de fibrilles musculaires ; champ de Conheim (l'aspect ponctué est dû à la décomposition en fibrilles). Les colonnettes sont séparées par des travées de cytoplasme (sarcoplasma) renfermant de nombreuses mitochondries.

Fig. III. — *Coupe transversale des muscles de la ligne latérale d'un jeune poisson*. — Fixation : forme acide trichloracétique, coloration de Prenant.  $\times 1200$ . Cette coupe montre le développement et un type particulier de disposition des myofibrilles. — 1, protoplasme (sarcoplasme) ; — 2, fibre de petite taille ne contenant qu'un paquet très mince de fibrilles (ces fibrilles ont la forme de rubans et la coupe transversale de chacune est représentée par un des petits traits noirs groupés circulairement, parce que le faisceau de fibrilles a la forme d'une colonne creuse) ; — 3, fibre plus grosse ; la colonne creuse de fibrilles occupe tout le sarcoplasme et finit par se loper en forme de colonne cannelée comme dans la fibre située à droite. De petits faisceaux de fibrilles s'isolent alors du faisceau principal ; — 4, noyau ; — 5, sarcolemme.

Fig. IV. — *Coupe de muscle lisse*, tunique musculieuse de l'intestin de Salamandre. Fixation : formol ; coloration de Prenant.  $\times 1200$ . — La partie supérieure de la figure montre des fibres musculaires coupées transversalement, la partie inférieure des fibres coupées longitudinalement. — 1, cytoplasme de la fibre musculaire lisse ; — 2, son noyau ; — 3, lamelles séparant les fibres musculaires lisses et se colorant comme le conjonctif ; — 4, section d'une fibre musculaire lisse en son milieu (la section intéresse le noyau) ; — 5, section d'une fibre vers son extrémité (la section n'a pas intéressé le noyau).





brane *strie d'Amici*, ou *strie Z* (de l'allemand *Zwischenscheibe*). La *strie Z* présente cette particularité qu'elle traverse le sarco-plasme interposé aux colonnettes, tandis que les autres disques n'existent que dans la fibrille elle-même. Lorsqu'on peut suivre la *strie Z*, on voit qu'elle *va s'insérer sur le sarcolemme*; elle cloisonne donc complètement la fibre musculaire en travers. Les espaces compris entre deux *striés Z* successives sont appelés *cases musculaires*. Ils comprennent un disque sombre entier et deux demi-disques clairs.

Il existe encore une fine *strie* au milieu du disque sombre, on l'appelle *strie M* (en allemand *Mittelmembran*). On peut voir aussi de chaque côté de la *strie Z* des *striés* un peu flous ou *N* (en allemand *Nebenscheibe* ou disques accessoires).

### Contraction du muscle

On a imaginé diverses explications de la contraction musculaire. Elle s'accompagne d'un raccourcissement avec épaissement des myofibrilles. Si on fait contracter le muscle sans lui permettre de se trop raccourcir, on constate que la substance qui constitue le disque sombre et qui est, nous l'avons vu, la substance biréfringente, c'est-à-dire éminemment contractile, subit un *déplacement*. Le disque sombre *se dédouble* et ses deux moitiés viennent s'appliquer contre la membrane *Z*. C'est ce phénomène qu'on appelle *l'interversion de la striation* dont la première étape est le dédoublement du disque sombre.

En se contractant le muscle consomme de l'énergie qui doit lui être fournie par des matériaux quelconques. C'est au sarco-plasme que la fibrille emprunte ces matériaux; on a pu penser que c'était aux mitochondries, car les mitochondries situées entre les fibrilles ont souvent une forme spéciale (bâtonnets ou double grains).

Un fait est certain : c'est que la quantité de sarcoplasme qui existe dans un muscle influe sur la rapidité avec laquelle le muscle se fatigue. Les muscles riches en sarcoplasme (qui sont *plus rouges* que les autres à cause de l'hémoglobine musculaire) se contractent sans se fatiguer, par exemple le cœur, les muscles

oculo-moteurs, les muscles rouges du lapin qui sont ceux qui correspondent à la station debout. On se rappellera encore que les animaux sauvages résistants à la fatigue ont des muscles *très rouges* (sanglier) tandis que les mêmes animaux domestiqués et non entraînés ont de la chair *blanche* (porc).

### **Rapports entre la structure du muscle et son fonctionnement**

Le muscle lisse est le muscle de la contraction lente, tandis que le muscle strié est un muscle à contraction rapide <sup>1</sup>.

Ainsi les muscles des Mollusques sont lisses tandis que ceux des Insectes sont striés. Les muscles des viscères sont lisses chez les Vertébrés, tandis que les muscles des membres sont striés. Le cœur de l'escargot qui bat lentement est lisse, le cœur des Mammifères, dont la contraction est rapide est strié. Il est possible que la rapidité et la nature de la contraction déterminent la largeur très variable des disques clairs et sombres. La striation paraît plus fine dans les muscles à contraction plus rapide.

L'abondance du sarcoplasme joue comme nous l'avons vu un rôle important : les muscles riches en sarcoplasme ayant une contraction plus soutenue. Les muscles lisses ont une *contraction extrêmement soutenue* et puissante par rapport à celle des muscles striés. ainsi l'huître a un muscle adducteur de la coquille lisse ; elle peut se maintenir longtemps fermée et résiste à l'ouverture. Le Pecten (coquille Saint-Jacques) a un muscle strié ; il ne peut se maintenir fermé et baille constamment. Par contre il peut nager en fermant rapidement ses valves.

**Signification cytologique des myofibrilles.** — Les myofibrilles représentent une différenciation du cytoplasme. Pour savoir exactement ce qu'est cette différenciation, il faudrait connaître exactement l'histogénèse des myofibrilles. On

1. La notion très répandue dans les traités élémentaires que le muscle est lisse quand il n'est pas soumis à la volonté, et strié dans le cas contraire est complètement fautive. Il se trouve que chez l'homme il en est à peu près ainsi, mais toute l'histologie comparée vient contredire cette proposition.

a admis, sans grandes preuves, qu'elles étaient d'origine mitochondriale. Dans beaucoup de cas, on les voit apparaître d'abord à la périphérie de la cellule. Ce qu'il y a de certain c'est qu'une fois qu'il en existe un petit faisceau, les fibrilles se multiplient par *clivage* des fibrilles préexistantes. On peut suivre aisément ce phénomène sur une coupe transversale de muscle de la ligne latérale d'un jeune poisson. Autour du nerf de la ligne latérale, en effet, le muscle reste longtemps embryonnaire et on y trouve tous les intermédiaires entre des fibres très jeunes et des fibres complètement développées. On voit le faisceau de fibrilles d'abord latéral rejeter peu à peu le noyau sur le côté.

Chez les embryons de Mammifères, les fibres musculaires striées ont pendant longtemps des noyaux axiaux, qui ne deviennent périphériques que secondairement.

### LE MUSCLE CARDIAQUE

Le muscle cardiaque présente un certain nombre de particularités dont les unes sont générales, les autres propres aux Vertébrés supérieurs. Les fibres cardiaques peuvent être lisses ou striées ; cela dépend comme nous l'avons vu de la rapidité de leur contraction.

Toujours les cœurs présentent ce caractère que les fibres qui les constituent sont *richement anastomosées les unes aux autres*, ils sont *réticulés*.

Le cœur des Vertébrés supérieurs, *toujours strié*, est formé de fibres à noyaux axiaux ; les colonnettes de fibrilles sont rubanées et disposées radialement autour des noyaux (fig. 53 B). Ça et là, on observe des stries transversales qui partagent la fibre en casiers irréguliers dits *segments de Weismann*. Ces stries décalées les unes par rapport aux autres dessinent vaguement un escalier, d'où le nom de *stries scalariformes*. A un fort grossissement (fig. 53 C), les stries scalariformes paraissent dues à une densification d'une case musculaire. Leur existence n'est même pas constante chez tous les Vertébrés.

Quelques auteurs ont considéré les stries scalariformes comme

des limites cellulaires. Chaque segment de Weismann représenterait pour eux une cellule. Il paraît bien certain qu'il existe des segments de Weismann anucléés; l'absence de segments de Weismann chez les Vertébrés inférieurs ne permet guère d'établir sur des bases générales une conception cellulaire du cœur.

Il existe, sous l'endocarde, chez certains animaux, des cellules dites *cellules de Purkinje*. Ce sont des cellules disposées en réseau, possé-

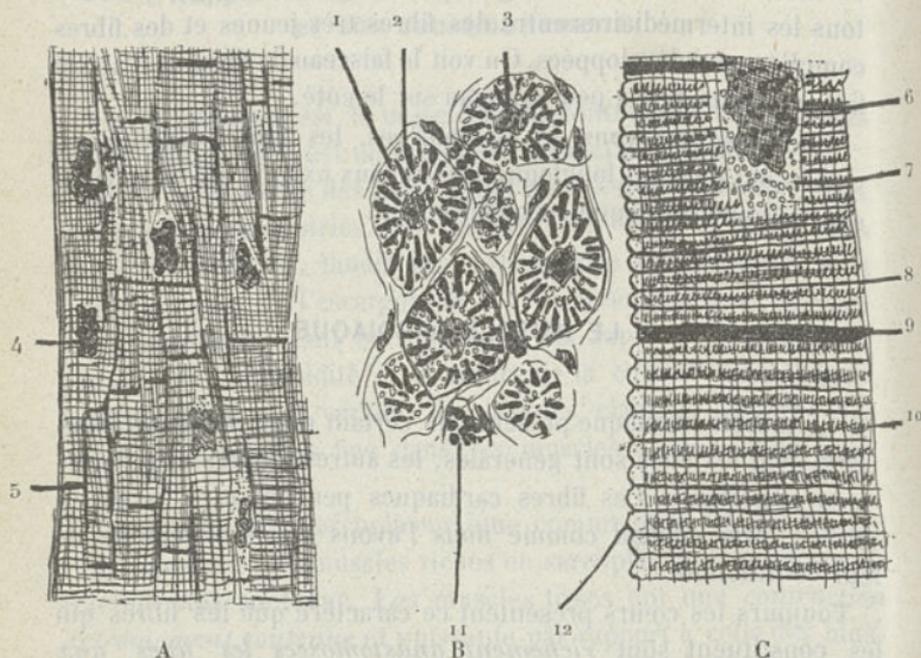


Fig. 53. — *Cœur humain*. — A. Coupe longitudinale. — B. Coupe transversale. — C. Détail d'une coupe longitudinale à un grossissement plus fort. — (Hématoxyline au perchlorure de fer). — 1. Sarcoplasme. — 2. Coupe des colonnettes. — 3. Noyau. — 4. Noyau. — 5. Strie scalariforme. — 6. Noyau. — 7. Sarcoplasme. — 8. Strie Z. — 9. Strie scalariforme. — 10. Strie Q. — 11. Vaisseau. — 12. Sarcolemme.

dant un protoplasme très abondant et de rares fibrilles disposées souvent sans ordre.

**Cellules myo-épithéliales.** — Il existe chez les animaux inférieurs et aussi chez les animaux supérieurs, dans les glandes notamment, des cellules qui exercent une fonction épithéliale et qui possèdent d'autre part des myofibrilles. Elles ont reçu le nom de cellules myo-épithéliales (Ex. gl. mammaire, glandes sudoripares).

**Cellules contractiles non musculaires.** — Nous avons étudié dans cette leçon deux types de cellules éminemment contractiles, de structure plus ou moins complexe, mais qui toutes renferment dans leur

cytoplasme un élément différencié : une fibrille musculaire. Ces éléments ne sont pas seuls, capables de se contracter, tout protoplasme jouit de la propriété contractile à un degré plus ou moins marqué, il est même des cellules dont le cytoplasme possède très nettement cette propriété sans qu'on y trouve aucune fibrille musculaire, ainsi on trouve autour des vaisseaux capillaires de grandes cellules à cytoplasme allongé dites *cellules périthéliales* dont la contraction entre pour une part importante dans les phénomènes de vaso-dilatation et de vaso-constriction. De même les cellules pigmentaires de beaucoup d'animaux sont essentiellement contractiles. Ce qui différenciera la cellule musculaire d'une cellule purement contractile, ce sera donc *la présence de fibrilles*. Il est très probable d'ailleurs que la contraction musculaire est de même nature que la contraction cytoplasmique dont elle n'est qu'un perfectionnement.

### Technique

Il faut tendre modérément le muscle avant de le fixer (en l'attachant sur un petit morceau de bois) et bien orienter les coupes, surtout les longitudinales. Tout étudiant peut faire les préparations suivantes :

**Vessie de grenouille.** — On ouvre l'abdomen de la grenouille avec précaution de manière à ne pas blesser la vessie. On lie l'intestin aussi près que possible du cloaque. On injecte alors de l'alcool au tiers par l'anus à l'aide d'une seringue ou plus simplement en l'insufflant avec un tube de verre effilé, jusqu'à distension suffisante de la vessie. On empêche l'alcool de ressortir par une ligature ou une pince, on enlève la vessie avec les ligatures qui maintiennent l'alcool, et on place le tout dans l'alcool au tiers. Après 24 heures, on prend avec les ciseaux un fragment de vessie, on l'étale sur une lame la face interne en dessus. A l'aide d'un pinceau un peu rude, on détache l'épithélium, on lave pour enlever les cellules épidermiques, on colore à l'hématoxyline et l'éosine.

**Muscle dissocié.** — Le muscle de la cuisse de grenouille est dissocié après un séjour de trois ou quatre jours dans une solution aqueuse saturée d'acide salicylique. Le muscle des ailes d'une mouche peut être traité de la même façon ; ils se dissocient généralement non pas en fibres, mais en fibrilles. On peut étudier aussi de la viande de bœuf bouilli que la cuisson a suffisamment dissociée. — On colore à l'hématoxyline et l'éosine.

OUVRAGE A CONSULTER. — Problèmes soulevés par l'étude des cellules musculaires, Prenant, *Journal de l'Anatomie*, 1911-1912.

## NEUVIÈME LEÇON

# LE TISSU NERVEUX

### LA CELLULE NERVEUSE

Les éléments nerveux sont des cellules différenciées en vue de transmettre les excitations de la surface qui les perçoit jusqu'à l'organe moteur qui doit réagir. Ce qui les caractérise le plus

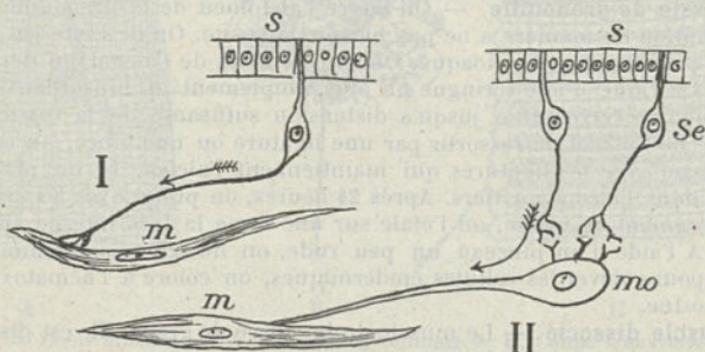


Fig. 54. — Schéma des complications progressives du trajet nerveux. — I. Simple cellule neuro-épithéliale. — II. Arc réflexe composé d'une cellule sensitive *se.* et d'une motrice *mo.* — *s.*, périphérie sensitive; *m.*, muscle.

généralement, c'est de posséder un prolongement très allongé qui leur permet de réunir des surfaces éloignées.

Sous leur aspect le plus simple, ces cellules sont *neuro-épithéliales* (fig. 54), ce sont des éléments épithéliaux qui possèdent à leur base un prolongement les réunissant à une cellule musculaire. Ce dispositif ne se rencontre d'ailleurs que chez les Invertébrés tout à fait simples. De très bonne heure, les cellules épithéliales destinées à devenir nerveuses migrent en profondeur et perdent

leur caractère épithélial. De plus, le trajet que suit l'excitation ou l'influx nerveux se complique de très bonne heure et se trouve formé (comme chez les Vers) par deux cellules différentes qui se mettent en contact l'une avec l'autre. Celle qui reçoit l'excitation est dite *cellule sensitive* ; celle qui la transmet à l'organe moteur est dite *cellule motrice*. Dans presque tous les cas, la cellule motrice devient un élément bien *plus grand* que la cellule sensitive.

#### **Bipolarité fonctionnelle de la cellule nerveuse.** —

Une cellule nerveuse a donc typiquement deux extrémités marquées d'habitude chacune par un prolongement principal, l'une par où l'*influx nerveux arrive à la cellule* (cellulipète), l'autre par où *il en sort* (cellulifuge). Cette disposition typique peut être modifiée soit par la ramification précoce de l'un des prolongements (cas fréquent pour le prolongement afférent), soit par son raccourcissement extrême. Ceci s'observe dans les cellules motrices lorsque le groupe de cellules sensibles apporte l'influx nerveux au corps cellulaire lui-même (par exemple cellule du noyau masticateur (fig. 61). Enfin les deux prolongements afférent et efférent peuvent être soudés sur une certaine longueur et le corps cellulaire se trouve rejeté latéralement par rapport à la voie de transmission (cellules des ganglions spinaux, fig. 62).

On comprend que dans l'étude du système nerveux ce sera la *détermination des connexions* des cellules qui aura l'importance capitale.

#### **Structure de la cellule nerveuse**

Prenons pour exemple les grandes cellules des cornes antérieures de la moelle. Sur des préparations faites par les méthodes ordinaires, on voit que ce sont de gros éléments étoilés. Cette forme étoilée est due à ce que leur prolongement afférent s'est ramifié dès sa base en plusieurs rameaux qui prennent des directions différentes. Le noyau est *gros et clair* avec un gros nucléole. L'un des prolongements de la cellule se reconnaît à son insertion conique et à ce que sa base est marquée par un amas de pigment : c'est le prolongement efférent appelé encore *axone* ou *cylindre-axe*.

**Neurofibrilles** (fig. 55). — On peut mettre en évidence par des méthodes d'imprégnation spéciales un système de fibrilles qui

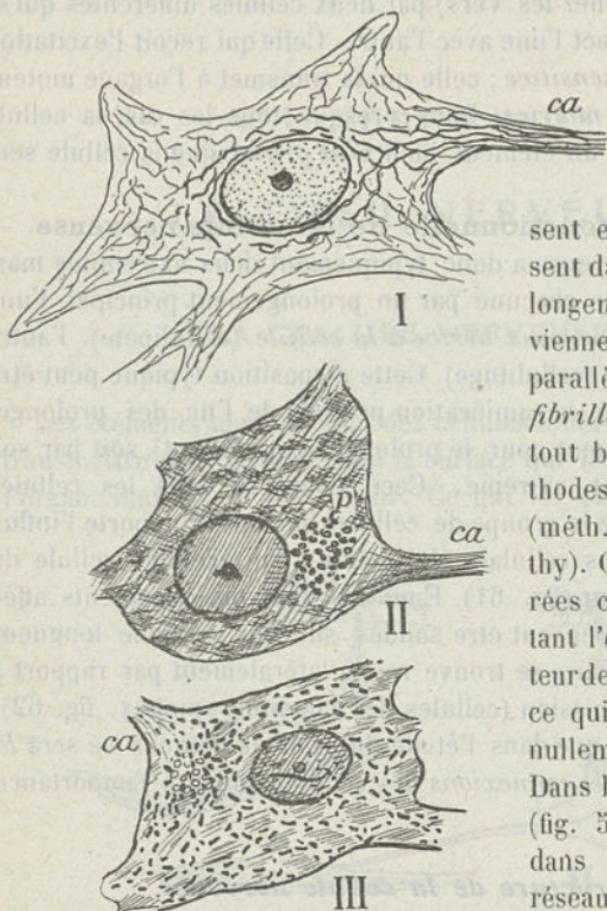


Fig. 55. — Cellules des cornes antérieures de la moelle. — I. Méthode de Cajal, montrant les neurofibrilles. — II. Méthode courante, montrant le pigment. — III. Méthode d'Altmann, montrant les mitochondries. — ca, cylindre-axe.

courent dans tout le protoplasma de la cellule nerveuse où elles s'anastomo-

sent en réseau et passent dans tous ses prolongements où elles deviennent sensiblement parallèles. Ces neurofibrilles se voient surtout bien par des méthodes d'imprégnation (méth. de Cajal, d'Apathy). On les a considérées comme représentant l'élément conducteur de l'influx nerveux, ce qui n'est d'ailleurs nullement démontré. Dans beaucoup de cas (fig. 56) on distingue dans la cellule deux réseaux de neurofibrilles, l'un assez grossier, périnucléaire, correspond à la voie efferente, l'autre fin et

périphérique est en connexion avec la voie afférente.

**Corps de Nissl** (fig. 57). — Si on colore une cellule nerveuse par du bleu de méthylène on met en évidence dans son protoplasma une série de corps irréguliers qui se teignent fortement en bleu (parce qu'ils sont basophiles) et qui sont disposés dans la cellule et dans ses prolongements protoplasmiques, mais pas dans le cylindre-axe. Ces corps sont appelés corps chromatiques de Nissl.

Les corps de Nissl ont une disposition particulière dans chaque sorte de cellule nerveuse et permettent en somme de la reconnaître (fig. 4 et 5, pl. VI).

**Cellules somatochromes et caryochromes.** — Les cellules qui possèdent des corps de Nissl dans leur protoplasma sont appelées aussi cellules *somatochromes*. Toutes les cellules nerveuses ne sont pas dans ce cas, il y en a qui sont dépourvues de corps de Nissl (cellules *caryochromes*) : grains du cervelet, cellules des centres nerveux des Insectes. *Leur noyau est alors riche en chromatine* et très colorable : cela a fait considérer les corps chromatiques de Nissl comme de la chromatine nucléaire qui serait passée dans le protoplasma.

**Chromatolyse** (fig. 58). — Les corps de Nissl présentent une grande importance dans le fonctionnement de la cellule nerveuse. Si une cellule nerveuse est altérée pathologiquement ou simplement fatiguée par une excitation prolongée, ses corps de Nissl se pulvérisent, puis disparaissent. Ce phénomène dit de *chromatolyse* est une réaction précieuse de la fatigue ou de l'altération des cellules nerveuses.

**Pigment** (fig. 55). — Beaucoup de cellules nerveuses renferment des granulations pigmentaires. Elles sont facilement visibles dans les cellules des cornes antérieures de la moelle, et situées, comme d'habitude, en un amas à la base du cylindre-axe. Le nombre des grains pigmentaires paraît augmenter régulièrement avec l'âge. Ce pigment est une graisse colorée, c'est-à-dire un *lipochrome*. Il y a parfois aussi du pigment mélanique ordinaire. L'abondance de ce pigment en certaines régions des centres nerveux leur donne une coloration spéciale : *locus niger*, *locus cæruleus*.

**Mitochondries** (fig. 55). — Entre les corps de Nissl et les neurofibrilles existent, comme dans tout protoplasma, des mitochondries connues depuis longtemps sous le nom de grains d'Altmann-Schridde.

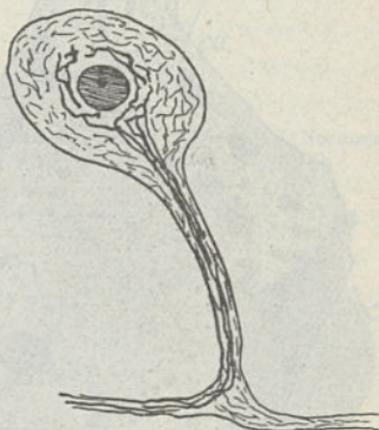


Fig. 56.— Cellule ganglionnaire de Sangsue, montrant les deux réseaux de neurofibrilles afférent et efférent.

**Centrosome de la cellule nerveuse** (fig. 59). — On ne voit généralement pas de centrosome dans la cellule nerveuse.

Dans les rares cas où l'on a décrit, il était situé à la base du cylindre axe.

**Canaux de Holmgren** (f. 59).

— La cellule nerveuse est un élément de très grande taille et comme tous les éléments semblables possède un système de canalicules de Holmgren bien développé. C'est sans doute le même appareil qu'on peut imprégner en noir par des méthodes diverses et qu'on a décrit sous le nom de réseau interne de Golgi.

**Neuronophagie.** — Quand une cellule nerveuse est altérée, elle subit une dégénérescence spéciale : il s'y produit de la chromatolyse, les canaux de Holmgren s'élargissent et augmentent de nombre, enfin les cellules voisines : cellules névrogliques ou capsulaires

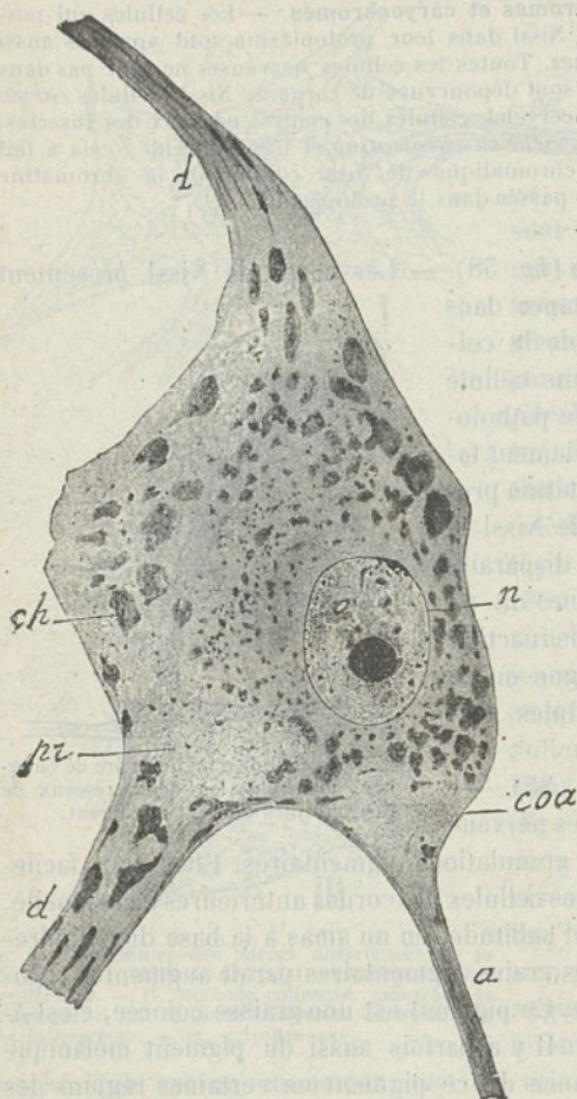


Fig. 57. — Cellule nerveuse de la moelle épinière de l'Homme, montrant les corps chromatiques. — *n.*, noyau; — *a.*, axone; — *coa.*, cône d'origine de l'axone; — *d, d.* dendrites; — *ch.*, corps chromatiques; — *pi.*, amas pigmentaires.  $\times 500$  (d'après Prenant, Bouin et Maillard).

l'attaquent et la phagocytent. Ce phénomène est connu sous le nom de *neuronophagie*.

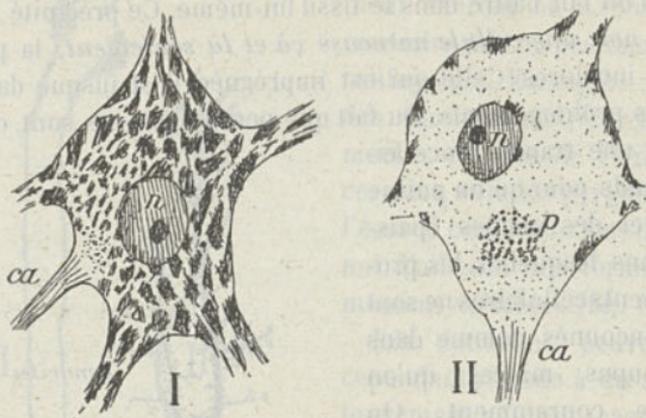


Fig. 58. — Cellules des cornes antérieures de la moelle de l'homme. — I. Normale. — II. Avec *chromatolyse* (dans une atrophie musculaire progressive).

Tous les aspects de la cellule nerveuse que nous venons d'examiner à l'aide de méthodes analogues à celles de la cytologie courante nous renseignent sur la *structure* de la cellule nerveuse et *non sur ses corrélations* avec les cellules voisines. Ce dernier point est cependant d'une importance capitale pour l'étude du système nerveux.

**Méthodes montrant la silhouette de la cellule nerveuse.** — C'est la découverte par *Golgi* d'une méthode d'imprégnation qui a permis de voir complètement la silhouette d'une cellule nerveuse avec tous ses pro-



Fig. 59. — I. Réseau interne de Golgi dans une cellule pyramidale du cerveau. *b.*, bâtonnet intranucléaire, dit encore fibrille de Roncoroni (ce n'est sans doute que l'imprégnation d'un pli du noyau). — II. Canaux intracellulaires de Holmgren, dans une cellule d'un ganglion spinal de Lapin. — III. Centrosome d'une cellule ganglionnaire de Grenouille (*cen.*); *cn.*, corps de Nissl.

longements. La méthode de Golgi consiste essentiellement à imprégner la cellule nerveuse par un précipité de chromate d'argent qu'on fait naître dans le tissu lui-même. Ce précipité imprègne *en noir une cellule nerveuse çà et là seulement*, la plupart restant incolores. Celle qui est imprégnée l'est jusque dans ses plus fins prolongements. Du fait que peu d'éléments sont colorés résulte une transparence assez grande pour qu'on puisse examiner des coupes épaisses, dans lesquelles les prolongements cellulaires ne sont pas tronçonnés comme dans les coupes minces qu'on emploie couramment. On

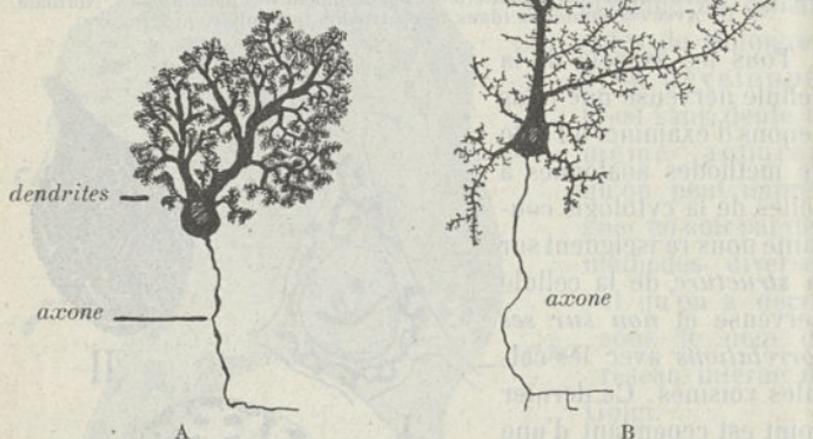


Fig. 60. — Méthode de Golgi. — A. Cellule de Purkinje (cervelet). — B. Cellule pyramidale de l'écorce cérébrale.

peut voir aussi fort loin les ramifications des prolongements.

Cette méthode, qui ne fournit pas de renseignements cytologiques, trouve surtout son application dans une étude histophysiologique des centres nerveux. Nous ne nous en servons ici que pour fixer quelques points.

### *Forme des cellules nerveuses* (fig. 60, 61, 62)

En général, les cellules nerveuses ont des prolongements afférents touffus, ramifiés dès la base et prenant naissance par des

racines multiples sur le corps cellulaire d'où le nom de *dendrite*

qu'on leur donne. Le prolongement efférent ou *axone* est au contraire peu ou pas ramifié et de calibre égal. Exemples : cellules des cornes antérieures de la moelle, cellules de Purkinje du cervelet, cellules pyramidales de l'écorce cérébrale. Les dendrites ont d'ailleurs des formes extrêmement variables (fig. 61).

Les dendrites peuvent être cependant réduits à un seul prolongement afférent (cas des ganglions des Poissons et du ganglion de Corti des Mammifères). Ce sont alors des *cellules bipolaires schématiques* (fig. 62). La plupart du temps, les deux pro-

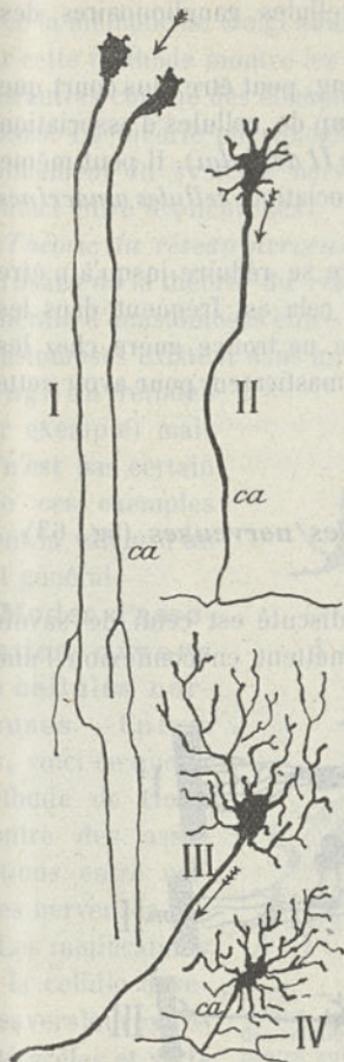


Fig. 61. — Formes diverses de cellules nerveuses (méthode de Golgi). — I. Cellule sans dendrites (noyau masticateur). — II. Cellule à dendrites courts (noyau trapézoïde). — III. Cellule à dendrites abondants (cellule motrice de la moelle). — IV. Cellule du type II de Golgi ; *ca.*, cylindre-axe.

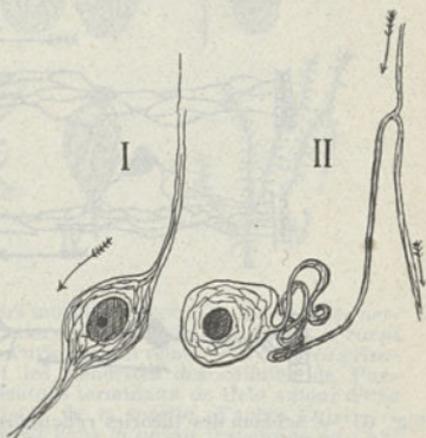


Fig. 62. — I Cellule bipolaire typique (ganglion acoustique, méthode de Cajal) — II. Cellule en T d'un ganglion spinal (méth. de Cajal). Le prolongement commun est enroulé sur lui-même en peloton.

longements afférents et efférents sont soudés sur une certaine longueur (*cellules en T*) et le corps cellulaire se trouve rejeté latéra-

lement par rapport au trajet nerveux. Ex. : cellules ganglionnaires cérébro-spinales, et beaucoup de cellules ganglionnaires des Invertébrés.

Le cylindre-axe, habituellement long, peut être plus court que les dendrites, c'est le cas de beaucoup de cellules d'association des centres nerveux (*cellules du type II de Golgi*). Il peut même manquer dans certaines cellules d'association : *cellules amacrines* (rétine).

Les dendrites peuvent au contraire se réduire jusqu'à n'être plus que des saillies du cytoplasme : cela est fréquent dans les cellules motrices des Invertébrés. On ne trouve guère chez les Vertébrés que les cellules du noyau masticateur pour avoir cette disposition (fig. 61).

#### *Mode de connexion des cellules nerveuses* (fig. 63)

Un point très important et très discuté est celui de savoir comment les cellules nerveuses se mettent en connexion l'une

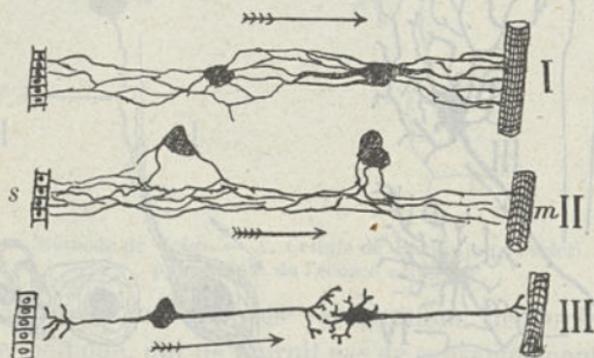


Fig. 63. — Schéma des théories réticulaire I et II et neuroniste III de la transmission de l'influx nerveux; *s.*, périphérie sensitive; *m.*, organe moteur.

avec l'autre. L'historique des diverses théories de la structure du système nerveux est aujourd'hui sans intérêt. Le point capital de la discussion est de savoir s'il y a seulement contact entre les diverses cellules et comment s'établit ce contact; ou s'il y a soudure des cellules, continuité de l'une à l'autre.

*Théorie du neurone.* — Les auteurs qui travaillent surtout avec la méthode de Golgi admettent qu'il y a seulement *contact*, car cette méthode montre les cellules nerveuses isolées les unes des autres comme des éléments indépendants qu'on appelle NEURONES. La théorie physiologique du neurone explique le fonctionnement du système nerveux par les modalités diverses du contact entre les neurones.

*Théorie du réseau nerveux.* — Il reste encore cependant des partisans de la théorie du *réseau nerveux* qui admet l'existence générale d'anastomoses entre les cellules. Il est certain que ces anastomoses existent dans un certain nombre de cas (cellules du ganglion rétinien par exemple) mais il n'est pas certain que ces exemples aient la valeur d'un fait général.

**Modes d'association divers de cellules nerveuses.** — En tous cas, voici ce que la méthode de Golgi montre des associations entre cellules nerveuses :

Les ramifications de la cellule devenues vers leur extrémité grêles et vari-queuses se terminent par une extrémité renflée en massue, dite encore *bouton terminal*.

Cette extrémité se met généralement en contact avec les boutons terminaux d'une autre cellule : typiquement le cylindre-axe d'une cellule sensitive vient s'articuler avec les dendrites d'une cellule motrice.

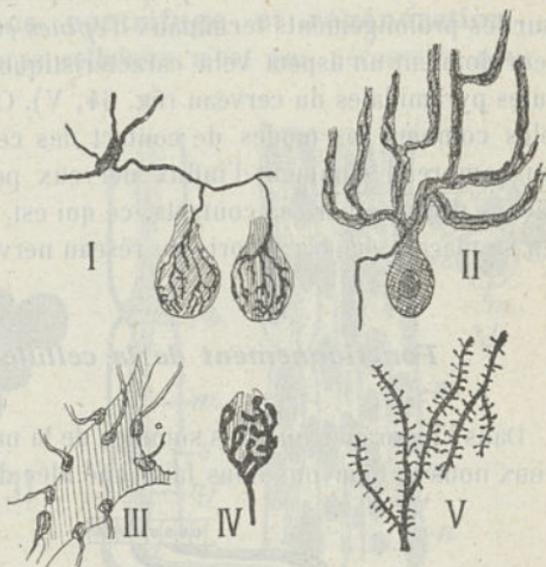


Fig. 64. — Divers modes d'association des cellules nerveuses. — I. Paniers péricellulaires entourant le corps des cellules de Purkinje (cervelet). — II. Fibres grim-pantes suivant les dendrites des cellules de Purkinje. — III. Boutons terminaux de Held autour d'une cellule funiculaire de la moelle (d'après Cajal). — IV. Calice de Held dans le noyau trapézoïde du Chat (d'après Cajal). — V. Epines des dendrites des cellules pyramidales du cerveau.

Le contact peut d'ailleurs être plus intime, les boutons terminaux pouvant venir envelopper en grand nombre le corps cellulaire lui-même et semblant s'y incruster (fig. 64, III).

Les extrémités d'une cellule peuvent encore venir s'appliquer sur le corps d'une autre cellule en s'y étalant et rampant pour ainsi dire sur une certaine longueur, formant une sorte de *panier péricellulaire* (fig. 64, I) comme celui qu'on voit autour des cellules de Purkinje ou un *calice* à ramifications épaisses (fig. 64, IV) ou un *peloton spiral*. Le même phénomène peut se produire non sur le corps cellulaire, mais sur les dendrites : fibres grimpantes du cervelet (fig. 64, II).

Le contact est encore compliqué fréquemment par l'existence sur les prolongements terminaux d'*épines courtes* et serrées qui leur donnent un aspect velu caractéristique : dendrites des cellules pyramidales du cerveau (fig. 64, V). On voit par ces exemples combien les modes de contact des cellules sont variés et on comprend comment l'influx nerveux peut être modifié de façons diverses par ces contacts, ce qui est plus difficile à saisir en se plaçant dans la théorie du réseau nerveux.

### Fonctionnement de la cellule nerveuse

Dans l'ignorance où nous sommes de la nature de l'influx nerveux nous ne pouvons nous faire une idée du rôle que la cellule

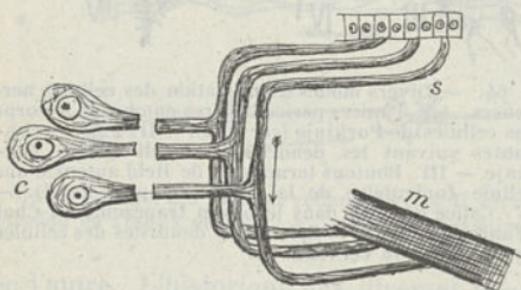


Fig. 65. — Schéma de l'expérience de Bethe. — *s.*, périphérie sensitive ; *m.*, muscle ; *c.*, cellules ganglionnaires.

joue dans sa transmission, mais nous pouvons nous demander si elle joue un rôle. Il paraît bien établi que le corps cellulaire ne joue pas de rôle dans cette transmission elle-même et que dans les cellules en T, l'influx nerveux se transmet du prolongement afférent au prolongement efférent.

*Expérience de Bethe.* — Il existe, chez le crabe, des cellules unipolaires (physiologiquement bipolaires) dont le prolongement unique se continue sans se ramifier sur une longueur assez grande pour qu'on puisse le couper. Au niveau de sa bifurcation en deux branches, l'une sensitive, l'autre motrice, on constate que les neurofibrilles se continuent en partie du prolongement sensitif dans le prolongement moteur sans se détourner pour passer dans le corps cellulaire. Or, si on coupe le prolongement unique, l'influx nerveux passe néanmoins. Cette expérience est d'une importance primordiale : elle démontre que la cellule nerveuse n'est pas nécessaire à la transmission de l'influx nerveux, on s'en est servi pour appuyer l'hypothèse de la conduction par les neurofibrilles. En effet, les fibrilles et le neuroplasma, c'est-à-dire le cytoplasma interposé, seuls passent du prolongement sensitif dans le prolongement moteur. Mais rien ne prouve que les neurofibrilles sont plus conductrices que le neuroplasma.

**Dégénérescence centrifuge et régénération.** — Cependant, si le corps cellulaire n'est pas nécessaire pour la

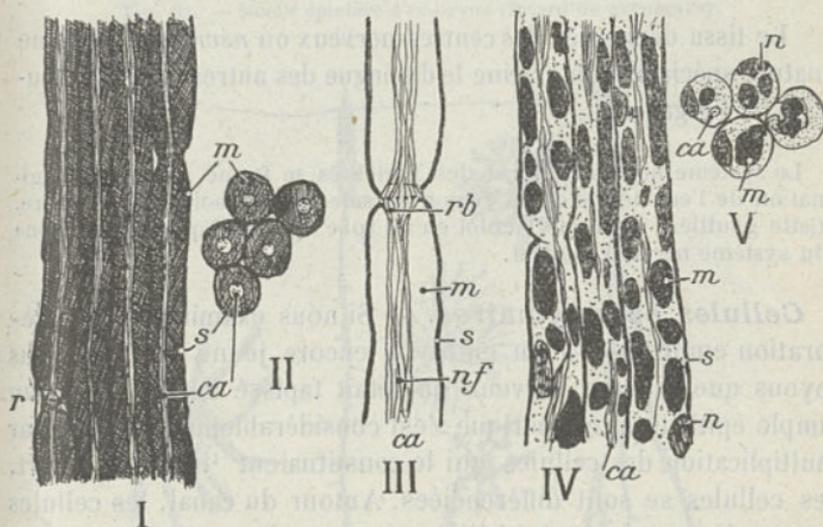


Fig. 66. — I, II et III. Nerve normal (section longitudinale : I, et transversale : II, de quelques fibres). — III. Le même au niveau d'un étranglement de Ranvier montrant les neurofibrilles. — IV et V. Nerve en dégénérescence wallérienne. *r.*, étranglement de Ranvier ; *c. a.*, cylindre-axe ; *s.*, gaine de Schwann ; *r. b.*, renflement bi-conique ; *nf.*, neurofibrilles ; *m.*, myéline ; *n.*, noyaux.

transmission de l'influx nerveux, il est nécessaire pour maintenir l'intégrité des prolongements. En effet, après une section telle que celle pratiquée dans l'expérience de Bethe les prolongements dégèrent très vite. Ils se régèrent ensuite à partir

du corps cellulaire (et ceci est un argument important en faveur de la théorie du neurone, puisque, dans cette régénération, la cellule nerveuse montre une individualité propre).

Les discussions qui ont eu lieu antrefois sur le mode de régénération des prolongements paraissent tranchées par une *expérience de Harrison* qui a pu obtenir *in vitro* la régénération et en suivre les phases. Il est donc incontestable que la cellule joue un rôle trophique sur ses prolongements. Le fait de la chromatolyse après fatigue d'un groupe de cellules semble indiquer que la substance chromatique de Nissl représente un élément important dans ces phénomènes trophiques, au moins dans les cellules somatochromes.

### LA NÉVROGLIE

Le tissu de soutien des centres nerveux ou *névroglie* est d'une nature spéciale. Son origine le distingue des autres tissus de soutien de l'organisme.

Le système nerveux central des Vertébrés se forme par une invagination de l'ectoderme de la région dorsale en une sorte de gouttière. Cette gouttière se ferme bientôt en un tube épithélial qui sera l'origine du système nerveux central.

**Cellules épendymaires.** — Si nous examinons une préparation empruntée à un embryon encore jeune (fig. 67) nous voyons que le tube nerveux qui était tapissé au début par un simple épithélium cylindrique s'est considérablement épaissi par multiplication des cellules qui le constituaient <sup>1</sup>. D'autre part, ces cellules se sont différenciées. Autour du canal, les cellules ont gardé un aspect épithélial : ce sont les *cellules épendymaires*. Ces cellules sont d'ailleurs reliées à la paroi externe du tube par un prolongement qui s'accroît à mesure que le tube s'épaissit et qu'on peut imprégner par la méthode de Golgi (fig. 68).

1. En même temps que le tube nerveux s'épaissit il émet latéralement des bourgeons qui sont l'origine des ganglions nerveux (fig. 67). Les cellules qui les constituent se différencient en deux espèces : les cellules nerveuses ganglionnaires et les cellules de la capsule qu'on peut homologuer aux cellules névrogliales, bien qu'elles n'aient aucune différenciation bien marquée (Voir fig. A et D, pl. VI).

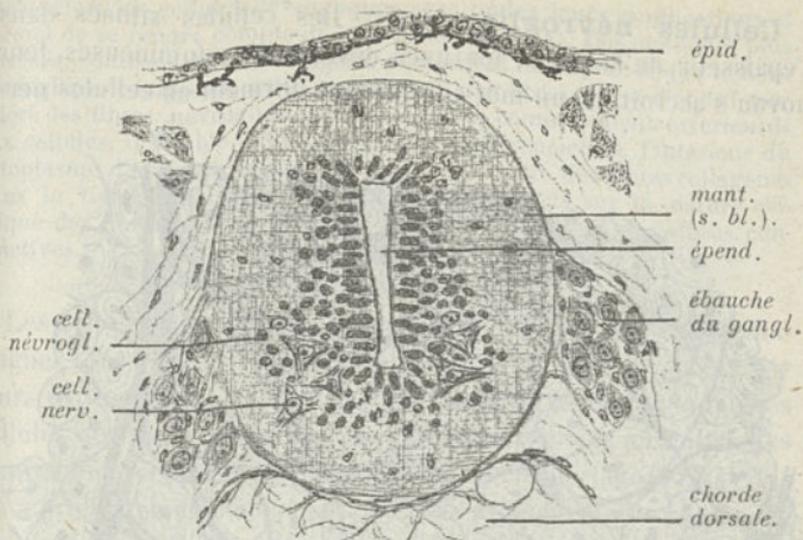


Fig. 67. — Moelle épinière d'embryon (Têtard de grenouille).

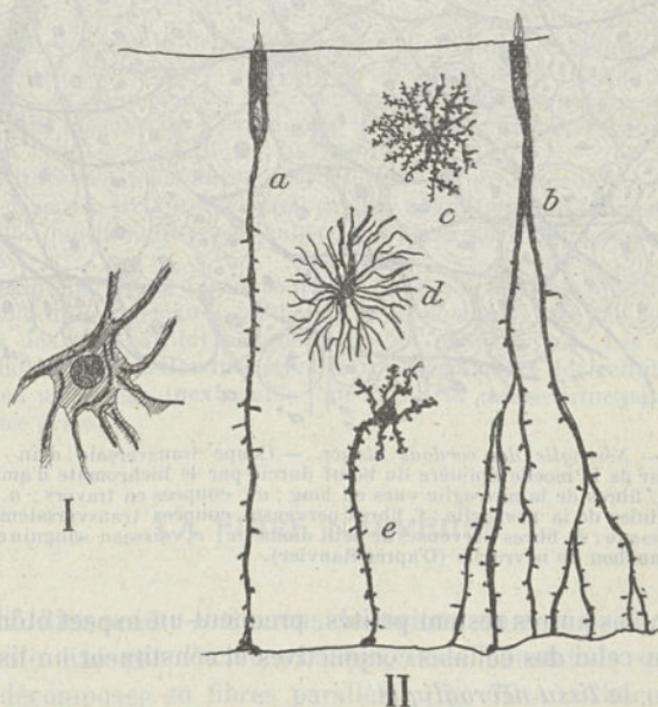


Fig. 68. — I. Cellule névroglie étoilée, montrant les fibres névroglie (très grossie). — II. Cellules névroglie diverses. Silhouettes par la méthode de Golgi. *a, b*, cellules épendymaires; *c, d*, astrocytes; *e*, cellule à queue.

**Cellules névrogliques.** — Des cellules situées dans l'épaisseur de la paroi, les unes deviennent volumineuses, leur noyau s'accroît, en un mot elles se transforment en cellules ner-

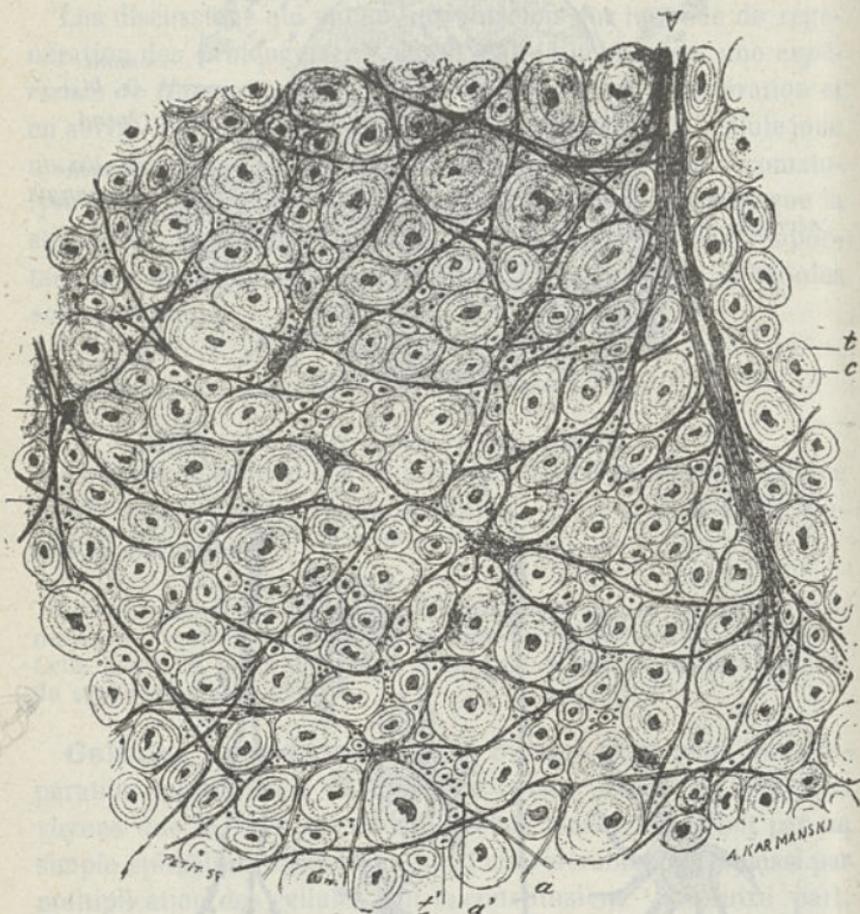


Fig. 69 — *Névroglie des cordons blancs.* — Coupe transversale d'un cordon antérieur de la moelle épinière du bœuf durcie par le bichromate d'ammoniaque : *a*, fibres de la névroglie vues en long ; *a'*, coupées en travers ; *n*, noyau des cellules de la névroglie ; *t*, fibres nerveuses coupées transversalement ; *c*, cylindre-axe ; *t'*, fibres nerveuses de petit diamètre ; *v*, vaisseau sanguin entouré d'un manchon de névroglie (D'après Ranvier).

veuses ; les autres restent petites, prennent un aspect étoilé qui rappelle celui des cellules conjonctives et constituent un tissu de soutien : le *tissu névroglique*.

Ce tissu névroglique est donc constitué par des cellules étoilées, anastomosées ou non selon les auteurs. La méthode de Golgi imprègne

quelquefois les cellules névrogliales avec toutes leurs ramifications et permet de se rendre compte de leur forme (fig. 68). Des méthodes plus précises, comme celles de Weigert, permettent de constater que le tissu névroglial comprend, outre les cellules, des fibres. On a d'abord considéré les fibres névrogliales comme étant complètement extérieures aux cellules, il semble plutôt qu'elles se différencient à l'intérieur du cytoplasme d'une manière un peu analogue à celle des fibres collagènes dans le tissu réticulé. On ne sait rien de précis sur la nature chimique des fibres névrogliales, sinon qu'elles diffèrent des fibres conjonctives.

Les cellules névrogliales sont de divers types : on doit en distinguer tout d'abord les *cellules épendymaires* qui restent par leurs extrémités en relation avec la cavité du tube nerveux, et les cellules névrogliales étoilées ou *astrocytes*, isolées au milieu des centres nerveux. Celles-ci sont généralement partagées en cellules à prolongements longs et cellules à prolongements courts. Il y a aussi des cellules dites à queue qui ne restent en connexion avec la paroi que par un prolongement.

Sur une préparation de moelle adulte, on rencontre les cellules névrogliales aussi bien dans la substance grise que dans la substance blanche, entre les cellules et les fibres nerveuses. Les petits noyaux que l'on trouve dans la substance grise entre les cellules nerveuses appartiennent aux cellules névrogliales (fig. 69).

Pour différencier les fibres névrogliales des prolongements des cellules nerveuses, il faut s'adresser à des colorations spécifiques de la névroglie, que la nature particulière des fibres névrogliales permet de réaliser.

Sur les préparations que nous avons étudiées (méthode de Nissl, de Cajal, coloration nucléaire), on distingue seulement entre les éléments nerveux les noyaux de quelques cellules névrogliales. Les cellules névrogliales sont confondues avec les prolongements des cellules nerveuses en un réseau inextricable qui forme la masse principale de la substance grise.

## LA FIBRE NERVEUSE

**Nerf dissocié.** — Si nous dissociions un nerf sciatique de grenouille fixé par l'acide osmique, nous constatons qu'il se laisse décomposer en fibres parallèles (fig. 70 A). Chacune de ces fibres se montre constituée par un axe clair ou *cylindre-axe* (*cyl.-ax.*), peu coloré par l'acide osmique, autour duquel nous

distinguons une gaine épaisse très colorée au contraire (*myél.*) parce que constituée d'une graisse particulière : *la myéline*.

Autour de cette gaine sombre, on distingue une gaine plus mince et peu colorée ou *gaine de Schwann* qui semble de même nature que les lames conjonctives (*g. de Sch.*). Les trois parties

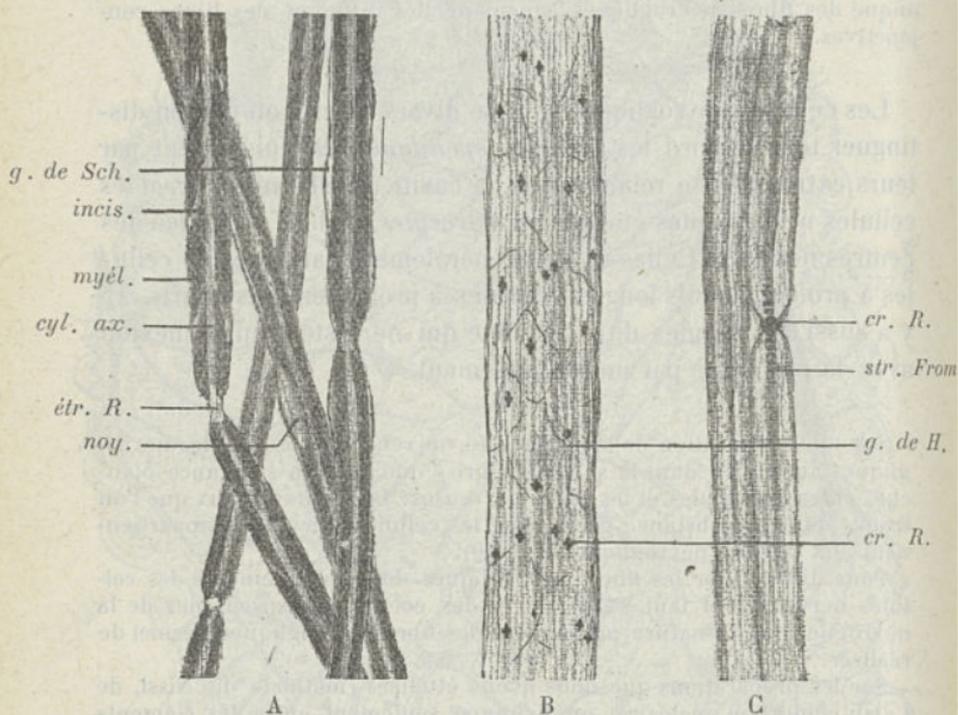


Fig. 70. — *Dissociation de nerfs.* — A, par l'acide osmique ; — B, faisceau nerveux imprégné par le nitrate d'argent et examiné à un faible grossissement ; — C, fibres nerveuses imprégnées par la même méthode à un fort grossissement ; *noy.*, noyau ; *étr. R.*, étranglements de Ranvier ; *cyl. ax.*, cylindre-axe ; *myél.*, myéline ; *incis.*, incisures de Schmidt-Lantermann ; *g. de Sch.*, gaine de Schwann ; *étr. R.*, croix de Ranvier ; *str. From.*, stries de Frommann ; *g. de H.*, gaine de Henle.  $\times 500$ .

de la fibre nerveuse sont donc : le *cylindre axe*, la *gaine de myéline*, la *gaine de Schwann*.

Cà et là, la fibre nerveuse présente des étranglements : *étranglements de Ranvier* (*étr. R.*), qui délimitent des segments. Au niveau de ces étranglements, la gaine de myéline est interrompue, et le cylindre-axe est recouvert directement par la gaine de Schwann.

Si nous colorons la préparation avec du vert de méthyle, nous apercevons, dans chaque segment, un noyau adhérent à la face interne de la gaine de Schwann (*noy.*).

La gaine de myéline présente souvent des incisures obliques (incisures de Schmidt-Lantermann) qui seraient l'indication d'une structure de la gaine de myéline qu'on pourrait considérer comme constituée d'une série de cônes creux ou d'entonnoirs concentriques. Dans chaque segment compris entre deux étranglements (*segment de Ranvier*) on trouve un espace latéral ovoïde clair dans la myéline. Cet espace est occupé par le noyau.

Cette image du nerf osmié est certainement l'une des meilleures et des plus complètes. C'est d'elle qu'il faut toujours se souvenir pour comprendre les préparations que nous allons étudier. Nous y voyons nettement le conducteur nerveux, le cylindre-axe entouré de deux gaines de nature différente l'une continue : g. de Schwann, l'autre discontinue : g. de myéline.

**Croix de Ranvier** (fig. 70, B et C). — Si nous imprégnons un nerf par le nitrate d'argent, l'argent se réduit au niveau des étranglements de Ranvier en donnant l'image d'une croix à branches à peu près égales. Ce phénomène dit phénomène des croix de Ranvier ou des croix latines est dû à ce que l'argent atteint le cylindre-axe sur lequel il se réduit seulement au niveau des étranglements de Ranvier. En effet la myéline, *substance grasse*<sup>1</sup>, imperméable aux liquides aqueux ne laisse pas pénétrer le nitrate.

L'aspect de croix est dû à ce que le cylindre-axe présente au niveau de chaque étranglement deux renflements en forme de cône appliqués l'un contre l'autre (*renflement biconique*) qui constituent la branche horizontale de la croix. La branche verticale est constituée par la portion du cylindre-axe voisine de l'étranglement dans laquelle le nitrate a pu pénétrer. On se rend bien compte de cela en examinant la préparation à un fort grossissement.

**Neurofibrilles.** — On peut mettre en évidence dans le cylindre-axe du nerf des neurofibrilles qui font suite à celles de la cellule. Elles sont ici disposées parallèlement les unes aux autres.

1. La myéline est une graisse phosphorée qui s'insolubilise par un passage prolongé dans le bichromate et peut ainsi être conservée sur les préparations.

Un point essentiel dans l'étude de la fibre nerveuse est l'histoire de ses relations avec la cellule nerveuse. Le cylindre-axe de la fibre nerveuse est un prolongement d'une cellule nerveuse. Il se continue avec l'axone (fibre motrice) ou avec un prolongement protoplasmique (fibre sensitive). Mais une question doit se poser. Le cylindre-axe du nerf représente-t-il le prolongement de la cellule nerveuse qui a poussé comme le rameau d'un arbre aux dépens de celle-ci, ou bien s'est-il

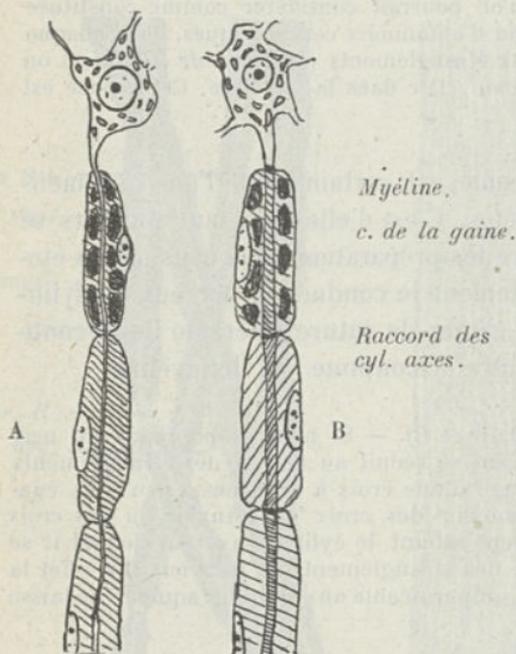


Fig. 71. — Schéma de deux théories du neurone et de la chaîne nerveuse. — A, schéma neuro-niste. — B, schéma caténaire.

formé indépendamment de la cellule nerveuse et raccordé ensuite avec elle? La première manière de voir s'harmonise bien avec la théorie du neurone, aussi est-elle défendue par tous les neuro-nistes. Elle a pour elle de nombreux faits de dégénérescence et de régénération de la fibre nerveuse après section d'un nerf.

### Dégénérescence wallérienne.

— Si on sectionne un nerf ou une portion de la substance blanche des centres nerveux, la portion de la fibre nerveuse qui n'est plus en connexion avec la cellule subit une dégénérescence dite *dégénérescence wallérienne*.

La myéline se fragmente, les cellules de la gaine de Schwann se gonflent, leurs noyaux se multiplient et elles résorbent la myéline.

Les partisans de la théorie du neurone voient là un fait comparable à la dégénérescence d'un fragment de cytoplasme séparé du corps cellulaire, le cylindre-axe du nerf n'étant en somme qu'un prolongement du cytoplasme de la cellule nerveuse.

L'autre façon de comprendre la valeur du cylindre-axe a cependant réuni un grand nombre de partisans. Le cylindre-axe serait formé sur place par les cellules de la gaine de Schwann; envisagé dans son ensemble il serait donc constitué par une série de tronçons raccordés bout à bout (*théorie dite caténaire*). Cette théorie est défendue par la plupart des partisans du réseau nerveux. Ils invoquent des observations de nerf régénérés sans connexion avec le bout central (fig. 71).

**Régénération des nerfs.** — Ces faits peuvent d'ailleurs être dus à ce que les cylindres-axes se régénèrent suivant un autre chemin que le chemin habituel à travers le nerf, par exemple à travers les muscles, le conjonctif, et vont rejoindre par ces chemins imprévus le bout périphérique du nerf, c'est du moins ainsi que l'expliquent les neuronistes. Il est certain que la régénération a lieu ainsi.

Les expériences récentes semblent bien donner raison sur ce point aux partisans de la théorie du neurone. *Harrison*, plaçant dans de la lymphe des ganglions nerveux de têtard de grenouille en a vu partir de longs prolongements qui ont poussé au loin selon le schéma neuroniste.

**Nerfs amyéliniques** (fig. 72). — Les dissociations de nerfs du système sympathique et des nerfs de nombre d'Invertébrés montrent des fibres constituées seulement par un cylindre-axe recouvert de la gaine de Schwann sans interposition de myéline. De telles fibres dites *fibres de Remak* se retrouvent mêlées aux fibres à myéline dans divers nerfs ordinaires, surtout dans ceux qui, comme le pneumogastrique, ont de fréquentes anastomoses avec le sympathique.

La fibre de Rémak doit d'ailleurs être considérée comme le type essentiel et simple de fibre nerveuse. La myéline n'est qu'un élément de perfectionnement apporté à la fibre nerveuse des Vertébrés. Elle assure sans doute un isolement plus parfait des différents conducteurs nerveux.

**Coupe transversale de nerf** (fig. 73). — Sur une coupe transversale de nerf, nous retrouverons les coupes transversales des diverses fibres qui le constituent, avec le cylindre-axe (*cyl. ax.*) au centre, entouré d'un cercle clair

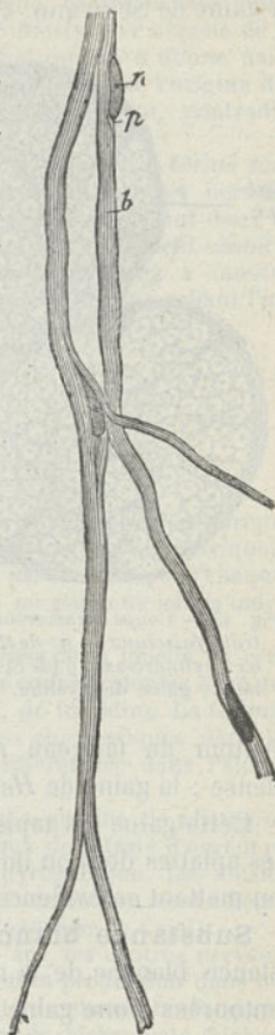


Fig. 72. — Portion du réseau des fibres de Remak du pneumogastrique du chien, isolées par dissociation directe du nerf dans une solution osmique à 1 p. 100. — *n.*, noyau; *p.*, protoplasma qui l'entoure; *b.*, stries qui correspondent à des fibrilles.  $\times 400$  (Ranvier).

qui est la myéline.

Celui-ci est entouré à son tour d'un second cercle qui représente la gaine de Schwann. Rarement on voit la section du noyau affé-

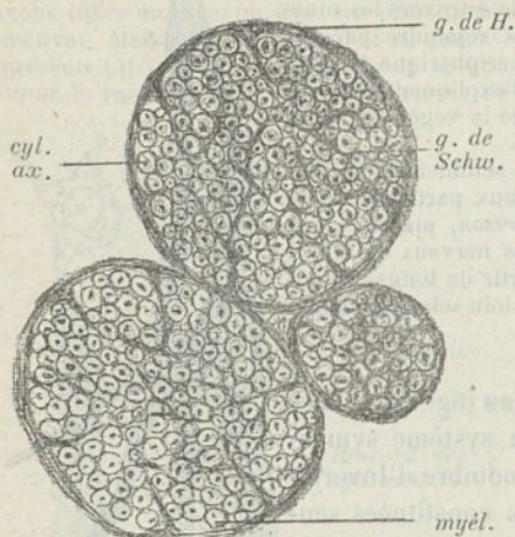


Fig. 73. — Coupe transversale d'un nerf comprenant trois faisceaux. — *g. de H.*, gaine de Henle; *cyl.-ax.*, cylindre-axe; *g. de Schw.*, gaine de Schwann; *myél.*, gaine de myéline.  $\times 200$ .

rent à cette gaine, car la plupart des coupes ne passent pas par lui. On peut observer que les fibres nerveuses sont de calibre différent. Les plus grosses sont celles dont le trajet est le plus long. Les nerfs ordinaires renferment en plus ou moins grande abondance des fibres amyéliniques, venues du sympathique. Les fibres nerveuses sont réparties en plusieurs faisceaux séparés par du tissu conjonctif.

Autour du faisceau nerveux se trouve une paroi conjonctive dense : la gaine de *Henle*.

Cette gaine est tapissée extérieurement par des grandes cellules aplaties dont on imprègne souvent les contours par l'argent en mettant en évidence les croix de Ranvier (fig. 70 B).

**Substance blanche de la moelle** (fig. 69). — La substance blanche de la moelle nous montre des fibres nerveuses entourées d'une gaine de myéline, mais dépourvues de gaine de Schwann. Celle-ci s'arrête en effet à l'entrée des centres nerveux se continuant avec les méninges.

Dans la substance blanche de la moelle, les fibres nerveuses sont entourées de tissu névroglique. A l'entrée de la substance grise enfin, la myéline disparaît à son tour, et le cylindre-axe, le prolongement de la cellule nerveuse chemine nu dans le tissu névroglique.

**Développement de la cellule nerveuse.** — En présence d'un élément aussi compliqué que la cellule nerveuse, si différent des types de cel-

lules que nous avons pu étudier jusqu'alors, nous devons nous demander tout d'abord comment se forme cette cellule, comment elle édifie ses appareils spéciaux (neurofibrilles, corps de Nissl), aux dépens de la structure cellulaire banale de l'élément épithélial qui lui a donné naissance. Malheureusement, les renseignements apportés sur l'origine des corps de Nissl, des neurofibrilles, sont, nous l'avons vu, contradictoires.

On est mieux renseigné sur la façon dont se développe la forme souvent si compliquée des cellules nerveuses. Dans les centres nerveux d'un embryon, les cellules, d'abord de forme banale, poussent deux ou plusieurs prolongements courts qui se ramifient et s'arborisent ensuite. Le développement de la plupart des cellules unipolaires a montré qu'elles sont d'abord bipolaires, les deux prolongements se repliant l'un vers l'autre pour se souder sur une certaine longueur.

### Technique

On peut colorer des coupes de moelle fixées à l'alcool ou au formol par les méthodes usuelles (hématoxyline éosine, hématoxyline ferrique). Il est préférable de s'adresser à une méthode particulière pour chaque structure qu'on veut mettre en évidence. Nous ne pouvons ici qu'indiquer le principe des diverses méthodes.

*Méthode de Nissl.* — Les objets (substance grise de la moelle, du cerveau, ganglions, etc.) sont fixés à l'alcool et les coupes colorées avec un bleu basique : bleu de méthylène, de thionine, de toluidine. La technique même de Nissl consiste à colorer les corps chromatiques dans le bleu de méthylène alcalinisé par du savon, différencier dans l'alcool aniliné, puis l'essence de cajeput.

*Méthode de Cajal.* — C'est un procédé qu'on a qualifié de photographique. Il consiste à imprégner le tissu nerveux de nitrate d'argent et à réduire ce sel par l'hydroquinone ou l'acide pyrogallique. Les détails de la technique varient suivant l'espèce de cellule où l'on veut colorer les neurofibrilles (voir les traités spéciaux et l'ouvrage de Cajal).

*Méthode de Golgi.* — Elle réussit aisément sur les centres nerveux des embryons. Elle consiste essentiellement en la production dans les tissus (avant fixation et montage) d'un précipité de chromate d'argent.

On fixe par un mélange d'acide osmique et de bichromate (bichromate à 2 p. 100, 8 parties ; acide osmique 1 p. 100, 1 partie). Après un séjour de trois ou quatre jours, dans ce mélange, on les porte dans du nitrate d'argent à 1 p. 100 pendant vingt-quatre heures. On coupe à main levée. Les coupes épaisses sont excellentes. On monte au baume du Canada sans couvre-objet.

Cette méthode ne nécessite aucune instrumentation, puisque les coupes se font à main levée, mais elle donne des résultats assez inconstants.

Pour mettre en évidence la névroglie, voir dans les traités spéciaux de technique les méthodes de Weigert, Benda, Cajal.

Voici quelques préparations que tout étudiant peut faire aisément.

**Dissociation de substance grise de moelle.** — Des fragments de substance grise d'une moelle de veau fraîche sont placés pendant

vingt-quatre heures dans l'alcool au tiers. Au bout de ce temps il suffit d'en écraser un petit morceau sur une lame avec du picro-carmin, de recouvrir d'une lamelle et on voit aisément la cellule avec ses nombreux prolongements ramifiés.

**Nerf osmié.** — Le sciatique d'une grenouille ou d'un cobaye est mis à nu, attaché sur un petit morceau de bois (une allumette) dans un état de tension modéré à l'aide de deux nœuds de fil fin. On sépare le tout de l'animal et on laisse vingt-quatre, quarante-huit heures dans l'acide osmique à 1 p. 100. Il suffit de dissocier de petits fragments dans la glycérine.

**Nerf nitraté.** — Un fragment de nerf attaché comme nous venons de l'indiquer, est placé pendant vingt-quatre heures dans du nitrate d'argent à 1 p. 100, lavé très sommairement à l'eau distillée, puis exposé à la lumière. On surveille au microscope. Lorsque les croix de Ranvier apparaissent, on arrête la réduction par un mélange de glycérine et d'alcool.

## TERMINAISONS NERVEUSES

Nous étudierons les terminaisons ou plutôt les origines des nerfs sensitifs avec les organes des sens, nous ne nous occuperons donc ici que des terminaisons motrices.

**Terminaisons motrices dans les muscles lisses.** — Sur les préparations de muscle lisse dans lesquelles les nerfs ont été imprégnés, on voit les filets nerveux se ramifier entre les fibres musculaires. Les ramifications vont se terminer par un bouton ou une petite plaque à la surface de la fibre lisse.

**Terminaisons motrices dans les muscles striés.** — Dans les muscles striés, les terminaisons motrices sont un peu plus compliquées; le cylindre-axe du filet nerveux moteur vient s'arboriser dans le sarcoplasme de la fibre musculaire. Au point de pénétration du filet nerveux, le sarcoplasme est particulièrement abondant et constitue une sorte de cône (cône de Doyère) renfermant de nombreux noyaux. *Le tissu conjonctif de la gaine de Henle se continue avec le sarcolemme*, la gaine de myéline disparaît au voisinage de la fibre musculaire. Quant à la gaine de Schwann, elle paraît suivre les premières ramifications du cylindre-axe et pour beaucoup d'auteurs, une partie des noyaux du cône de Doyère dépendraient de cette gaine.

La forme de l'arborisation nerveuse terminale, l'abondance des noyaux, le développement de la masse sarcoplasmique varient suivant les muscles et surtout suivant les groupes zoologiques.

On a cherché à savoir s'il y avait un rapport plus intime entre les éléments du nerf et les éléments de la fibre musculaire, notamment entre les neurofibrilles et les myofibrilles. Les recherches entreprises en ce sens n'ont pas encore abouti à un résultat certain.

**Terminaisons des nerfs sécrétoires.** — On sait que l'excitation de certains nerfs moteurs (nerfs sécrétoires) provoque

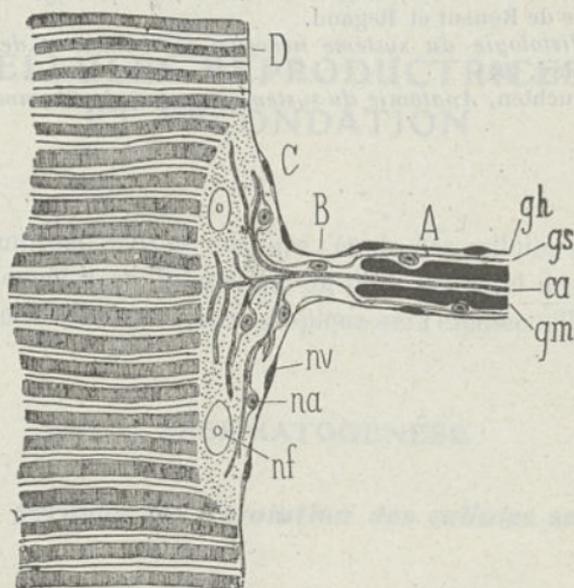


Fig. 74. — Schéma de la terminaison d'un nerf moteur dans une fibre musculaire striée. — En A. La fibre nerveuse est composée de son cylindre-axe (ca.), de la gaine de myéline (gm.), de la gaine de Schwann (gs.) et de la gaine de Henle (gh). — En B. La fibre nerveuse perd sa gaine de myéline. — En C. Plaque terminale : on y voit l'arborisation du cylindre-axe, et trois catégories de noyaux : 1° les noyaux vaginaux (nv.), représentés en noir et avec une forme allongée; 2° les noyaux de l'arborisation (na.), arrondis et ombrés de traits obliques; 3° les noyaux fondamentaux (nf.), clairs et volumineux, dans la partie profonde de la substance granuleuse. — En D. La fibre musculaire au delà de la plaque motrice (D'après Mathias Duval).

non la contraction d'un muscle, mais la sécrétion d'une glande. Les nerfs sécrétoires se ramifient entre les acini glandulaires par des arborisations terminées par des extrémités renflées, qui sont en contact plus ou moins intime avec la base des cellules glandulaires.

**Technique.** — La méthode de Dogiel pour la mise en évidence des terminaisons nerveuses repose sur la fixation du bleu de méthylène injecté dans les vaisseaux par les terminaisons nerveuses. L'injection

vasculaire doit être soigneusement faite, les organes sont exposés à l'air pour oxyder le bleu réduit dans l'organisme à l'état de dérivé incolore. Pour conserver la coloration on fixe avec une solution froide de molybdate d'ammoniaque additionnée d'un peu d'acide osmique.

La méthode de Ranvier consiste en l'imprégnation des tissus par le chlorure d'or qu'on réduit ensuite par du jus de citron. Les terminaisons nerveuses ont fixé l'or avec intensité.

OUVRAGES A CONSULTER : Cajal, *loc. cit.* ; Ruffini, Regaud, in *Traité d'histologie* de Renaut et Regaud.

Cajal, *Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés*, trad. Azoulay, 1911.

Van Gehuchten, *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 1906.



## DIXIÈME LEÇON

# CELLULES REPRODUCTRICES ET FÉCONDATION

Nous réunirons dans ce chapitre l'étude des cellules sexuelles mâles et femelles et, en somme, du tissu essentiel des glandes génitales dont l'anatomie microscopique sera étudiée ailleurs.

### 1. — SPERMATOGÉNÈSE

#### *Les trois périodes de l'évolution des cellules sexuelles*

Il est de tradition de choisir, pour l'étude de la spermatogénèse, le testicule de l'*Ascaris* qui est l'objet même sur lequel Van Beneden a découvert les phénomènes essentiels de l'évolution de cellules sexuelles. C'est un objet très avantageux pour bien saisir la succession des stades.

**Testicule d'*Ascaris*.** — Le testicule d'*Ascaris* a la forme d'un long tube fermé, et, depuis son extrémité aveugle jusqu'à son extrémité ouverte à l'extérieur, on trouve toute la série de cellules en voie d'évolution<sup>1</sup>, depuis une cellule encore indifférente jusqu'au spermatozoïde.

D'ailleurs, chez l'*Ascaris megalocephala univalens*, il n'y a que deux chromosomes, ce qui rend particulièrement claire l'étude des phénomènes chromatiques.

1. Les cellules se poussent l'une l'autre depuis l'extrémité fermée du tube où elles se multiplient jusqu'à l'extérieur.

Les coupes du testicule vers son extrémité fermée montrent de nombreuses petites cellules dites *spermatogonies* (ancêtres des cellules sexuelles): Elles se multiplient en donnant des cellules filles semblables à elles-mêmes : c'est la *zone de multiplication* qui correspond à une *période de multiplication* de l'évolution des cellules sexuelles (fig. 75, a).

Les coupes qui sont de plus en plus proches de l'orifice externe montrent que sur une grande longueur du tube testiculaire, les cellules sexuelles ont *cessé de se multiplier*, mais qu'elles augmentent considérablement de volume et que leur cytoplasme se remplit de granulations réfringentes et colorables (fig. 75, c). *C'est la zone d'accroissement*. En même temps, dans le noyau, se passent des phénomènes complexes difficiles à bien étudier ici et qui seront plus nets dans nos autres exemples de spermatogénèse. On voit cependant se former un *spîrème fin* (fig. 75, b), qui se raccourcit peu à peu, jusqu'à formation de *quatre granulations chromatiques* (fig. 75, c, 4).

Les cellules sexuelles prennent dès la *période d'accroissement* le nom de *spermatocytes* (ou auxocytes).

Dans les coupes, plus proches encore de l'orifice externe du testicule, on rencontre les phases successives de *deux divisions par karyokinèse* que subissent là les cellules sexuelles. Ces divisions diffèrent par plusieurs particularités des mitoses ordinaires, on peut les appeler mitoses de maturation ou *mitoses hétérotypiques*<sup>1</sup>.

A la métaphase de la première mitose, le groupe des quatre grains chromatiques que nous avons vu se former dans le noyau pendant la période d'accroissement (*groupe quaterne, tétrade* (fig. 75, 4) se dispose à l'équateur du fuseau, et à l'anaphase, deux grains montent vers chacune des cellules filles (fig. 75, d). Le groupe de deux grains (*dyade*) (6) se dispose à l'équateur du fuseau lors de la deuxième mitose et les deux grains se séparent à l'anaphase (fig. 75, e).

Par ces deux divisions successives chaque spermatocyte de premier ordre a donné d'abord deux *spermatocytes de deuxième*

1. Le nom de mitose hétérotypique ne s'applique selon la plupart des auteurs, qu'à une des deux mitoses des spermatocytes, celle qui serait réellement réductrice. On peut en réalité appeler hétérotypiques les deux mitoses réductrices, étant donné que, si elles ne sont peut-être pas toutes deux réductrices, elles diffèrent, à de nombreux points de vue, des autres mitoses du même animal et se ressemblent entre elles.

ordre qui se sont divisés immédiatement chacun en deux, de telle sorte que du spermatocyte primitif sont issues quatre cellules

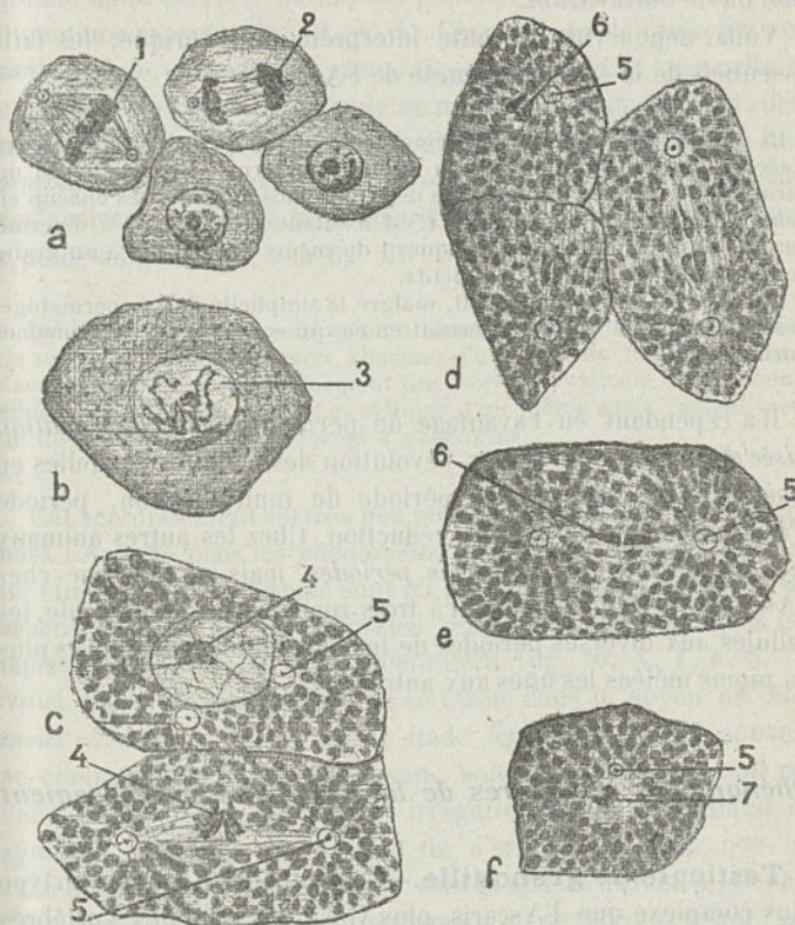


Fig. 75. — Spermatogénèse de *Ascaris*. — a, cellules de la zone de multiplication (spermatogonies) dont deux (1 et 2) sont en division ; b, cellule de la zone d'accroissement (spermatocyte) ; c, prophase et métaphase de la première division de réduction ; d, anaphase et télophase de cette même division ; e, métaphase de la deuxième division de réduction ; f, télophase (spermatide) ; 1, 2, chromosomes dans les mitoses somatiques (avant la réduction chromatique) ; 3, filament chromatique du noyau des spermatocytes ; 4, groupe quaterne (tétrade) ; 5, centrosome ; 6, dyade formée par division en deux de la tétrade ; 7, grain chromatique unique provenant de la division de la dyade.  $\times 1\ 200$ .

filles dites *spermatides* (fig. 75, f). Les quatre grains de la tétrade du spermatocyte de premier ordre se sont trouvés répartis dans les quatre spermatides. Cette période, caractérisée par la rédu-

tion de la quantité de chromatine et du nombre des grains chromatiques au cours des deux divisions, est dite *période de réduction* ou de *maturation*.

Voilà, dépourvus de toute interprétation théorique, les faits essentiels de la spermatogénèse de l'*Ascaris*.

Ils ont été interprétés de diverses façons, parce qu'on n'a pu se mettre d'accord sur la signification du groupe quaternaire. Représente-t-il un chromosome divisé en quatre, ou deux chromosomes divisés chacun en deux, ou quatre chromosomes ? C'est d'autant plus difficile à déterminer que dans les mitoses somatiques<sup>1</sup> du même animal il y a un grand nombre de chromosomes très petits.

L'*Ascaris* est donc, semble-t-il, malgré la simplicité de sa spermatogénèse, un exemple un peu aberrant en ce qui concerne les phénomènes nucléaires.

Il a cependant eu l'avantage de permettre, avec *la sériation aisée des stades*, de diviser l'évolution des cellules sexuelles en *trois périodes successives* ; période de multiplication, période d'accroissement, période de réduction. Chez les autres animaux on retrouve toujours ces *trois périodes*, mais au lieu que chez l'*Ascaris* elles correspondent à trois zones nettes du testicule, les cellules aux diverses périodes de leur évolution sont ailleurs plus ou moins mêlées les unes aux autres.

### *Phénomènes nucléaires de la période d'accroissement*

**Testicule de grenouille.**— Nous tenons à étudier un type plus complexe que l'*Ascaris*, plus voisin de celui des Vertébrés supérieurs, mais en même temps plus simple et plus lisible et où l'on puisse plus facilement distinguer tous les stades.

Ce type de spermatogénèse se rencontrera par exemple chez les Batraciens. Chez les Urodèles, on rencontre souvent tous les stades de l'évolution des éléments sexuels d'une extrémité du testicule à l'autre : chez les Anoures, on trouve dans le testicule un certain nombre de tubes ou d'ampoules dont chacun, s'il est étudié au moment voulu (2), montre aussi tous les stades de l'évolution des éléments séminaux.

1. Mitoses des cellules autres que les cellules sexuelles. Au *germen*, c'est-à-dire à l'ensemble des cellules reproductrices, on oppose en effet les éléments non reproducteurs, constituant le *soma* (le corps de l'animal).

Dans une ampoule séminifère de grenouille au moment de la spermatogénèse <sup>1</sup>, on trouve contre la paroi des éléments de grande taille entourés de noyaux petits et allongés qui leur constituent une capsule (fig. 76, A, 1). Chaque capsule renferme une seule cellule, qui est une *spermatogonie* primitive; ces cellules existent seules dans le testicule au moment de l'année où la spermatogénèse n'a pas lieu. Elles se divisent par une *mitose en tout semblable aux autres mitoses somatiques* (ce sont les mitoses des spermatogonies de la salamandre que nous avons prises pour type de karyokinèse, voir fig. 6).

Au moment de la spermatogénèse, les spermatogonies filles au lieu de se séparer et de s'entourer chacune d'une capsule restent groupées dans la même enveloppe formant une sorte de vésicule ou de nodule appelé *cyste* (fig. 76, A, 3). Les cellules d'un même cyste cessent bientôt de se diviser et commencent à s'accroître.

Cet accroissement est très peu marqué, bien moins marqué que chez l'*Ascaris*, mais les *phénomènes nucléaires* que nous n'avions pu étudier chez ce dernier sont ici particulièrement nets. On les rencontre dans les divers cystes remplis de spermatocytes qui tapissent la partie du tube séminifère (fig. 76, A, 4, 5, 6, 7). Voici ces stades successifs: il se forme dans le noyau un *filament chromatique fin* (c'est le stade *leptotène*, 4) qui, souvent se contracte d'un côté du noyau, soit spontanément, soit par l'effet du réactif en un paquet irrégulier (stade *synaptique* ou *synapsis*, 5), puis, ce filament fin s'oriente de façon que les extrémités libres soient dirigées vers la sphère attractive. Cependant, soit qu'il s'épaississe simplement en se raccourcissant, soit que les filaments fins s'accolent deux à deux longitudinalement, on voit bientôt à la place du filament fin un *filament épais orienté* comme lui (stade *pachytène*, 6). L'orientation du filament disparaît, cependant que le filament ou plutôt les chromosomes provenant de sa segmentation, se raccourcissent et qu'il y apparaît une fissuration longitudinale. Les chromosomes prennent alors les formes de double bâtonnet, d'anneau, de croix, etc.; et ils

1. La spermatogénèse chez tous les animaux à sang froid, chez les Oiseaux et un certain nombre de Mammifères, n'a lieu qu'à un moment de l'année (pour la grenouille verte, fin juillet).

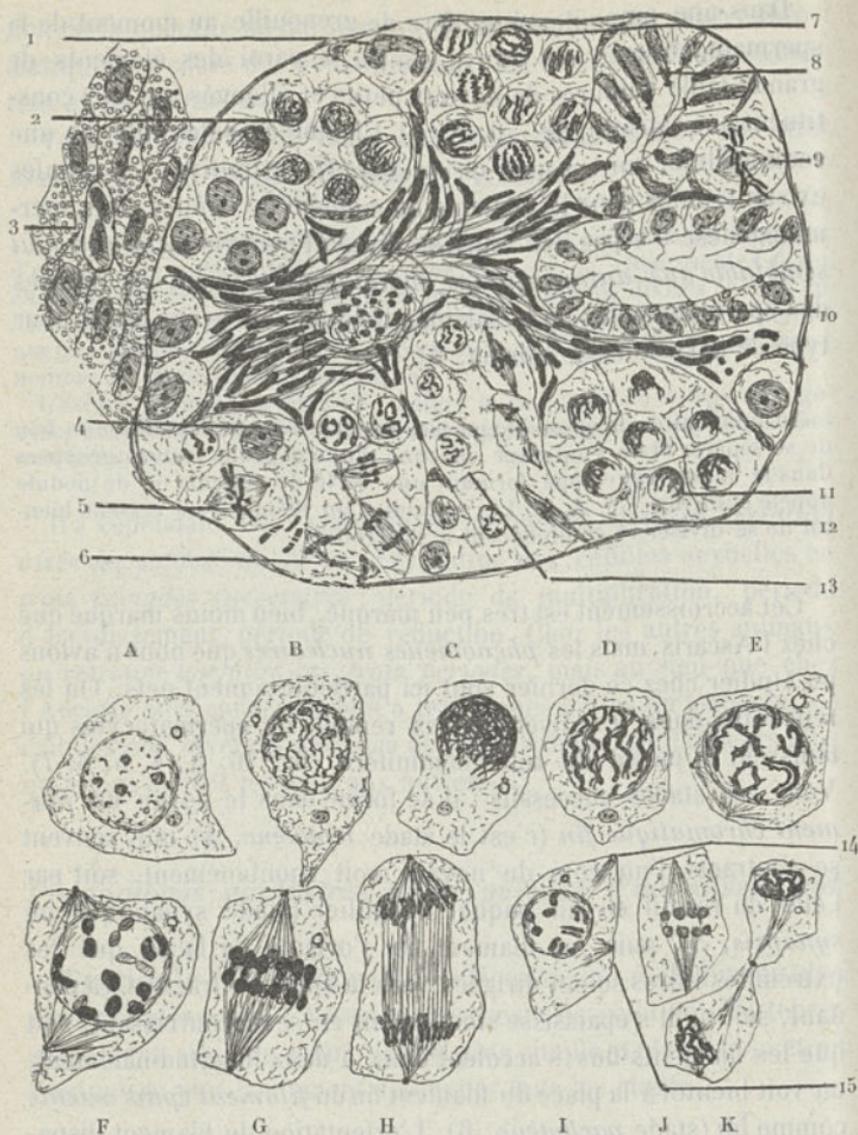


Fig. 76. — Au-dessus coupe d'un tube séminifère de Batracien (grenouille).  
 1. Spermatogonie mère. — 2. I sp. cytes leptot. — 3. Glande interstitielle —  
 4. Sp. gonies. — 5. Mitose sp. goniale. — 6. Mitoses sp. cytes I. — 7. Sp. cytes  
 pachytènes. — 8. Sp. ides. — 9. Mitose. Spermatogonie mère. — 10. Sp. ides. —  
 11. Sp. cytes synap. — 12. Mitose sp. cytes II. — 13. Sp. cytes II. —  
 14. Corps interm. — 15. Centros. — Au-dessous sériation des éléments spermatocytaires. — A, Spermatocyte I au repos. — B, stade leptotène. — C, synapsis.  
 — D, pachytène. — E, formation des anneaux et des X. — F, formation des  
 doubles grains. — G, 1<sup>re</sup> mitose réductrice. — H, division longitudinale ana-  
 phasique des chromosomes. — I. spermatocyte de 2<sup>e</sup> ordre. — J, K, 2<sup>e</sup> mitose  
 de maturation

finissent par se raccourcir tellement qu'ils ont la forme d'un double grain. Il y a alors dans le noyau autant de grains simples qu'il y avait de chromosomes dans des divisions des spermatogonies, mais ces grains sont groupés par deux.

Chaque double grain provient d'un anneau ou d'un X du stade précédent ; les anneaux sont donc en nombre égal à moitié du nombre normal des chromosomes de l'espèce.

### *Divisions réductrices*

C'est à la suite de cette prophase qu'apparaissent les deux divisions hétérotypiques ou réductrices qui se suivent coup sur coup, avec un intervalle de repos à peine sensible.

La première division sépare les composants des doubles grains. Si chacun de ces grains représente un chromosome, il s'ensuit que la métaphase de cette mitose sépare des chromosomes différents et non un chromosome en deux moitiés semblables, ce en quoi elle diffère de toutes les autres mitoses. Aussi beaucoup d'auteurs lui réservent à elle seule le nom d'*hétérotypique*.

*Division longitudinale anaphasique.* — Dès l'anaphase de cette division, les chromosomes se fissurent en deux moitiés qu'on considère comme préparant les chromosomes de la mitose suivante qui va intervenir très rapidement.

*Deuxième mitose.* — Celle-ci séparera les demi-chromosomes comme une mitose normale d'où le nom d'*homéotypique* qu'on lui donne parfois.

En réalité, les deux mitoses ont des caractères communs : aspect particulier du fuseau, des chromosomes. L'existence de ces deux mitoses donnant lieu à quatre éléments sexuels (*tétraspores*) est *extrêmement générale, aussi bien chez les végétaux que chez les animaux*, ce qui montre bien l'importance de ces phénomènes. Les deux mitoses de maturation sont encore caractérisées par l'extrême lenteur de la première prophase, l'extrême brièveté de la deuxième. L'accord n'est d'ailleurs pas fait sur la signification de ces phénomènes.

### Signification des phénomènes de maturation de la première prophase

On n'est pas d'accord sur la signification des doubles grains. On peut admettre : 1° qu'ils représentent un groupe de deux chromosomes différents, ce qui explique que le nombre des doubles grains soit moitié du nombre normal des chromosomes, chaque composant étant un chromosome vrai ; la première division sépare alors des chromosomes différents, et non des demi-chromosomes comme les divisions normales ; elle est *hétérotypique*. La deuxième division séparera les deux moitiés longitudinales dues à la division des chromosomes à l'anaphase : c'est en somme ce qui se passe dans une mitose ordinaire ; cette mitose se ramène au type normal, elle est *homéotypique*. C'est l'idée suivie dans la description précédente.

2° Si, au contraire, on admet que les deux grains de la prophase représentent chacun deux moitiés de chromosomes différents (et pour cela, il faut supposer que les chromosomes primitivement en nombre normal se sont *soudés bout à bout* pendant le début de la prophase ; on admet que le phénomène se produit au stade synapsis), c'est la première division qui sépare des moitiés de chromosomes, qui est homéotypique ; c'est la deuxième qui sépare des chromosomes différents qui est hétérotypique.

3° Il est plus vraisemblable que pour une raison encore inexpliquée, il se forme seulement moitié du nombre normal des chromosomes dès le début de la prophase de la première mitose, et que les mitoses reductrices ne diffèrent pas des autres dans leur essence mêmes. Pour expliquer les phénomènes d'hérédité, notamment l'hérédité mendélienne <sup>1</sup>,

1. Voici brièvement ce qu'est la *loi de Mendel* : Si on croise deux animaux de races différentes mais pures, le produit peut être soit semblable à l'un des deux parents, soit mixte (soit A et B les deux parents, le produit pourra être A ou B ou AB selon les cas) quant à ses caractères extérieurs du moins.

Dans le 1<sup>er</sup> cas on dit que le caractère A est dominant et B dominé ; c'est l'inverse dans le 2<sup>e</sup> cas, dans le 3<sup>e</sup> cas il n'y a pas dominance mais mélange.

Dans tous les cas, si on croise entre eux les produits de 1<sup>re</sup> génération, on obtient à la 2<sup>e</sup> génération : 1/4 de produits identiques à A, 1/4 de produits identiques à B et moitié de produits semblables à ceux de 1<sup>re</sup> génération.

Dans le cas le plus clair où il n'y a pas dominance, on reconnaît aisément les produits mixtes AB. Lorsque A est dominant on voit à la 2<sup>e</sup> génération 1/4 de B et 3/4 d'individus semblables à A en apparence. Pour distinguer les A purs des A semblables à ceux de 1<sup>re</sup> génération croisée, il faut pratiquer de nouveaux croisements les A impurs donnent à nouveau le phénomène de l'application de 1/4 de B.

On peut déduire de ces faits que la 1<sup>re</sup> génération n'est jamais pure et que dans le cas de dominance elle renferme à l'état latent le caractère de l'ancêtre auquel elle ne ressemble pas, au moins dans les cellules sexuelles. Les hybrides où A est dominant peuvent être notés A/B pour marquer la dominance.

Or tout se passe comme si dans les cellules sexuelles les caractères des deux parents A et B étaient séparés. En effet, s'il y a deux séries de spermatozoïdes et d'œufs les uns possédant le caractère A et les autres le caractère B, les rencontres de ces gamètes auront exactement une chance sur quatre de se faire entre deux gamètes semblables et deux chances de se faire entre deux gamètes diffé-

Weissmann avait admis que les chromosomes sont constitués de particules inéquivalentes au point de vue héréditaire et séries longitudinalement. Les divers chromosomes seraient d'ailleurs inéquivalents entre eux. Les mitoses ordinaires, qui coupent un chromosome longitudinalement, donnent lieu à des chromosomes identiques (au point de vue héréditaire) à ceux de la cellule primitive. On est obligé, pour expliquer la loi de Mendel, d'admettre qu'une division séparera des chromosomes différents ou coupera les chromosomes en travers.

L'observation des divisions hétérotypiques qui réalisent le desideratum de Weissmann vient fournir un appui solide à sa théorie, si on se place dans la première interprétation donnée plus haut.

Quoi qu'il en soit, les mitoses de réduction aboutissent certainement à une réduction de moitié du nombre des chromosomes : c'est la *réduction numérique*. Comme d'autre part, les deux mitoses se succèdent très rapidement, sans que la cellule ait le temps de s'accroître, dans l'intervalle, il y a réduction du volume de la cellule et notamment du noyau : c'est le phénomène de *réduction quantitative*. Enfin, si l'on admet avec Weissmann que les chromosomes sont constituées de parties inéquivalentes au point de vue héréditaire suivant la longueur d'un chromosome et différentes aussi d'un chromosome à l'autre, la division hétérotypique est encore réductrice, quant à la qualité des particules héréditaires, il y a une *réduction qualitative* <sup>1</sup>.

Après la deuxième division de maturation, les cellules (*spermatides*) du testicule de grenouille envisagé plus haut vont se transformer en spermatozoïdes et seulement alors le cyste se rompra.

**Spermatogénèse des Mammifères.** — Chez les Mammifères, dans les tubes séminifères qui constituent le testicule, on trouve tous les éléments de la spermatogénèse, mais généralement mêlés sans aucun ordre.

On étudie souvent comme type le rat où le désordre est moins grand, l'évolution des cellules sexuelles se faisant le long de la paroi du tube séminifère selon une onde assez régulière ce qui

rents ce qui donne :  $1/4$  AA,  $1/4$  BB,  $2/4$  AB ; c'est l'expression même de la loi Mendel.

Il faut donc admettre que pendant la formation des cellules sexuelles, *il y a séparation des caractères paternels et maternels jusque-là confondus*. C'est une conséquence de la loi de Mendel ou loi du retour par quart aux ancêtres à la 2<sup>e</sup> génération.

1. De nombreuses expériences montrent que la chromatine et les chromosomes sont le substratum des propriétés héréditaires. Ex. : si on féconde un œuf par un spermatozoïde altéré par le radium, le noyau issu de lui mourra bientôt et l'embryon aura les caractères de la mère seule.

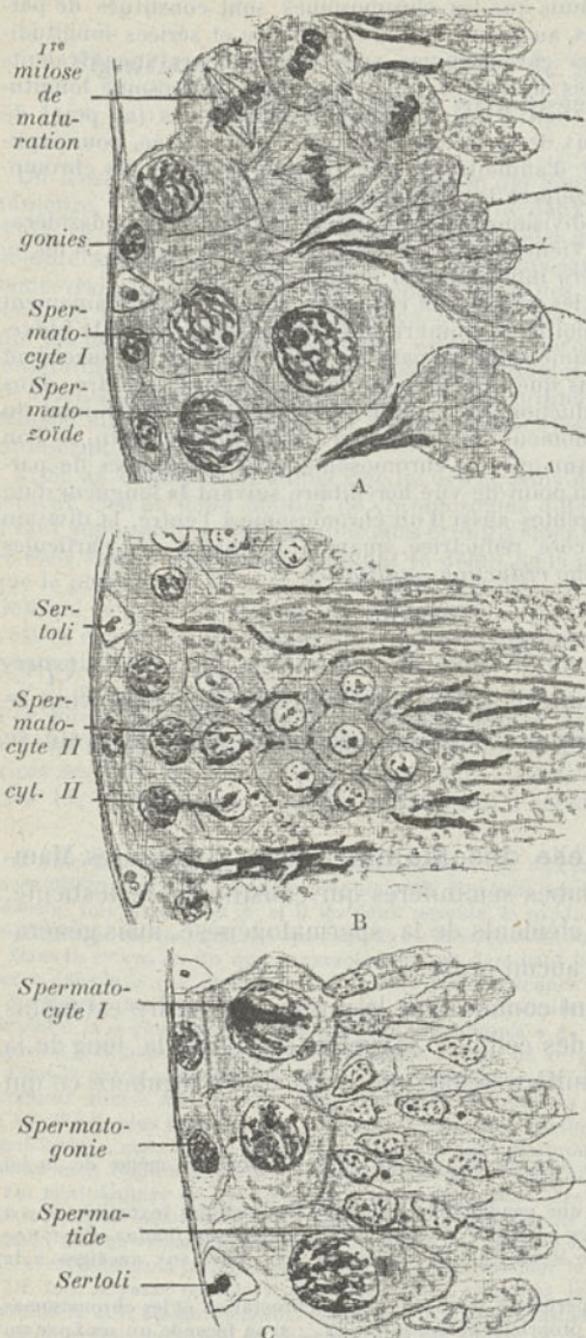


Fig. 77. — Spermatogénèse du Rat. — A, B, C, représentent trois stades différents pris dans trois portions successives d'un tube séminifère.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

amène le retour des mêmes arrangements de cellules (on ne trouve jamais tous les stades dans un même tube).

Chez l'homme, l'emmêlement des stades est encore plus grand.

Chez les Mammifères, les *spermatogonies* diffèrent de celles des Vertébrés inférieurs ; ce sont de petites cellules aplaties contre la paroi du tube séminifère. On distingue parfois des spermatogonies à *noyaux poussiéreux* et à *noyaux croûteux*.

**Cellules de Sertoli.** — Dans le tube séminifère des Mammifères, on distingue des *noyaux clairs* à gros nucléoles,

parfois triangulaires répartis dans un cytoplasme insegmenté en cellules où sont plongés les autres éléments. Au-dessus du noyau le protoplasme forme comme une colonne au sommet de laquelle viennent se fixer les spermatozoïdes mûrs en groupes nombreux. Ces éléments sont dits *spermatophores* ou cellules de Sertoli (on les appelait autrefois *spermatoblastes*, car on croyait qu'ils fabriquaient les spermatozoïdes. Ce terme impropre doit disparaître). Le rôle des cellules de Sertoli est inconnu.

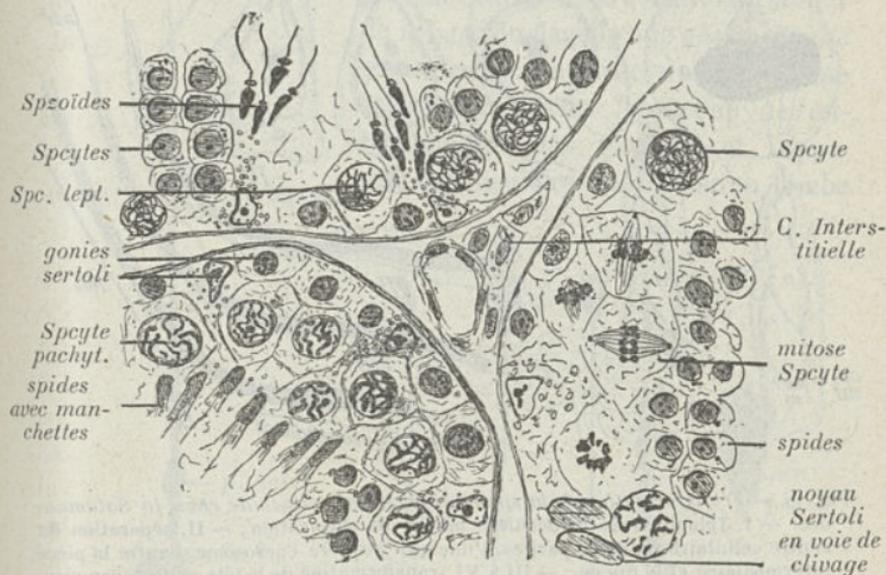


Fig. 78. — Spermatogénèse chez l'homme (fragment montrant trois tubes séminifères).

### Histogénèse des spermatozoïdes (spermiogénèse). —

Une fois les divisions de réduction terminées, la spermatide a la forme d'une cellule arrondie quelconque, il lui faut encore subir toute une série de transformations pour devenir le spermatozoïde définitif. On pourra étudier ces transformations sur les préparations qui ont servi à l'étude de la spermatogénèse.

Chez l'*Ascaris*, les transformations sont de peu d'importance, le spermatozoïde se déplace par des mouvements amœboïdes et ne possède pas d'organes de mouvements spéciaux.

Chez la plupart des animaux, le spermatozoïde se déplace à l'aide d'un flagelle. La spermiogénèse est caractérisée par l'ap-

parition de ce flagelle. Nous étudierons, comme types de spermiogénèse, celle de la salamandre.

Vers la fin de la période de spermatogénèse, on trouve vers une extrémité du testicule de salamandre tous les stades de transformation des spermatides en spermatozoïdes (fig. 79).

On voit que le noyau de la spermatide s'allonge peu à peu pour devenir la tête du spermatozoïde. De très bonne heure les cor-

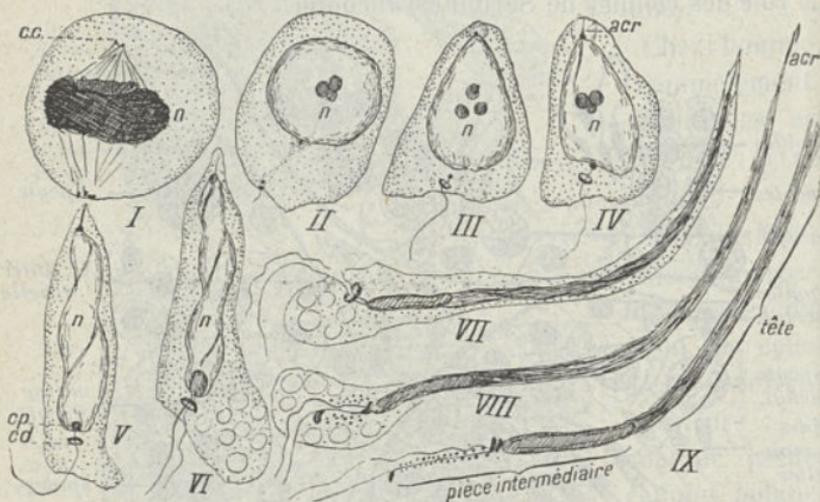


Fig. 79. — Transformation de la spermatide en spermatozoïde chez la Salamandre. — I, Télophase de la dernière mitose de maturation; — II, séparation du centre cellulaire en deux parties, l'une qui formera l'acrosome, l'autre la pièce intermédiaire et la queue; — III à VI, transformation de la tête et des corpuscules centraux; — VII, VIII et IX, les mitochondries se groupent autour de la pièce intermédiaire pour former la gaine spirale et le reste du cytoplasma disparaît (demi-schématique  $\times 1\ 600$  environ).

puscules centraux se disposent radialement et deviennent périphériques, pendant qu'un cil pousse sur le corpuscule central.

Les corpuscules centraux se rapprochent du noyau et le *corpuscule central proximal* (le plus voisin du noyau) s'applique contre le noyau et se gonfle énormément tandis que le *corpuscule distal* (le plus éloigné du noyau) se divise en deux parties; l'une prend la forme d'un anneau et entoure la base du cil. Puis cet anneau s'allonge, s'étire considérablement pendant que le cil s'accroît. La sphère ou idiozome renfermant encore ici des corpuscules centraux, va coiffer l'extrémité antérieure du spermatozoïde où elle constitue la *pointe* ou *acrosome*.

Il se développe dans le noyau un appareil de soutien axial qui se tord ensuite déterminant une forme spiraloïde favorable au déplacement.

Le noyau se condense ensuite beaucoup et la tête devient tout à fait homogène. Le cytoplasme reste appendu à la partie postérieure de la tête. Une partie des mitochondries se groupe entre les deux parties du corpuscule central distal constituant autour de la base du flagelle une *gaine spirale granuleuse*. Le reste du cytoplasme renfermant encore beaucoup de mitochondries, des enclaves et l'appareil canaliculaire de Holmgren tombe

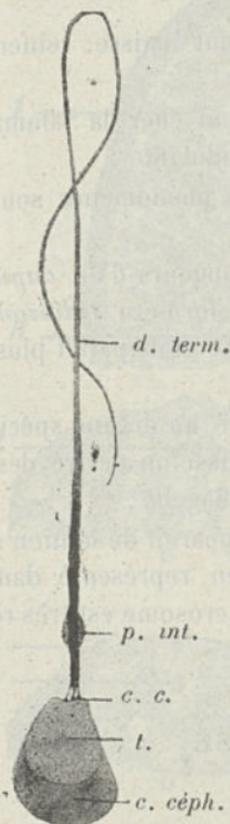


Fig. 80. — Zoosperme de l'épididyme du Cobaye. — Vue de face, c. céph., corps céphalique; t., tête; c. c., corpuscules centraux; p. int., pièce intermédiaire; p. pr., pièce principale; p. term., pièce terminale. D'après Meves. — 3 000 environ (in Prenant, Maillard et Bouin).

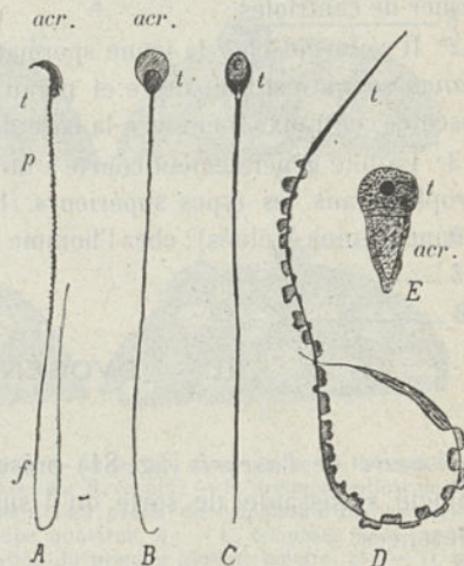


Fig. 80 bis. — Spermatozoïdes divers. — A, Rat; — B, Cobaye; — C, Homme; — D, Triton; — E, Ascaris; — acr., acrosomes; t., tête; p., pièce intermédiaire; f., flagelle.

et dégénère. Le spermatozoïde définitif comprend donc :

1° Une tête renfermant à peu près exclusivement le noyau et tout le noyau ;

2° En avant de la tête un organe l'acrosome dérivé du centro-

some, et dont la forme varie considérablement d'une espèce à l'autre ;

3° En arrière de la tête un *corpuscule central* qui s'est accolé au noyau ou même y a pénétré. C'est celui qui servira à la fécondation ;

4° Une *pièce intermédiaire* relativement épaisse, renfermant la gaine mitochondriale spirale ;

5° La *queue* ou flagelle formé nettement chez la Salamandre d'un filament axial et d'une membrane ondulante.

Chez les Mammifères et l'homme les phénomènes sont très semblables à quelques variantes près :

1° L'acrosome est formé chez les Rongeurs d'un *capuchon céphalique* épais. Le centrosome qui le formera (*idiosome* de quelques auteurs) se gonfle de bonne heure et ne paraît plus renfermer de centrioles ;

2° Il se forme chez la jeune spermatide un organe spécial, la *manchette* qui est transitoire et paraît aussi un dérivé des corpuscules centraux. Il entoure la base du flagelle ;

3° La tête généralement courte a un appareil de soutien spiral atrophié dans les types supérieurs (bien représenté dans les groupes moins évolués) ; chez l'homme l'acrosome est très réduit.

## II. — OVOGÉNÈSE

L'*ovaire de l'ascaris* (fig. 81) présente avec le testicule une analogie saisissante, de sorte qu'il suffit presque d'indiquer les différences.

Comme le testicule, l'ovaire est un long tube où tous les stades sont sériés.

Vers l'extrémité aveugle se trouve une zone de *multiplication* où les cellules (*ovogonies*) sont très semblables aux spermatogonies.

La *zone d'accroissement* qui vient ensuite présente des différences remarquables. Les cellules ou *ovocytes* s'accroissent *beaucoup plus que dans le testicule*.

Chez l'*Ascaris*, les ovocytes sont triangulaires par pression réciproque au début, et groupés autour d'un axe central ou rachis. Les ovocytes s'entourent ensuite de membranes épaissies en s'arrondissant.

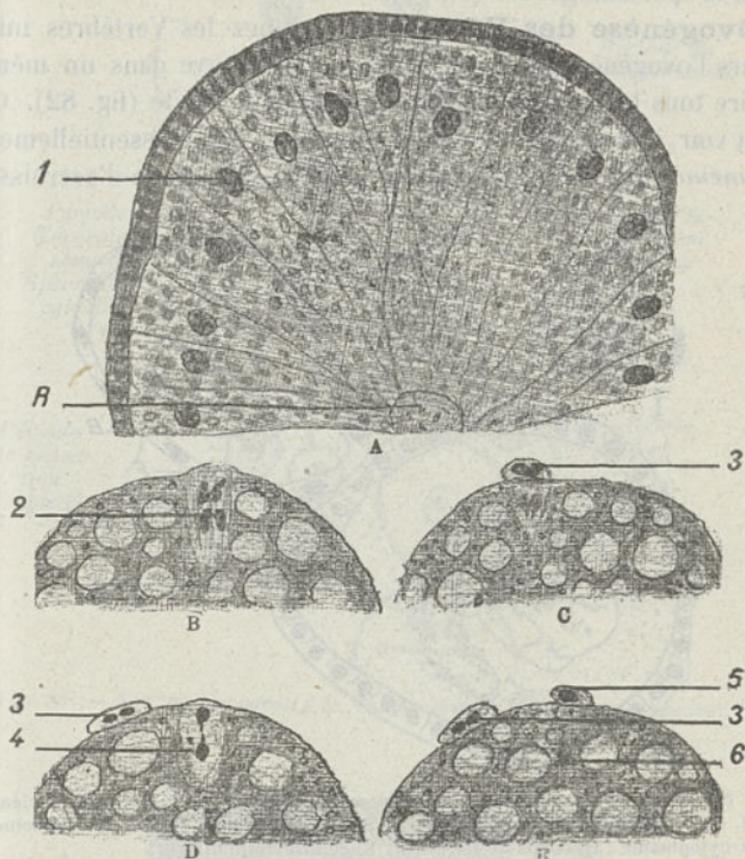


Fig. 81. — *Ovogenèse de l'Ascaris*. — A, portion d'une coupe de l'ovaire dans la zone d'accroissement. — 1, ovocyte ; R, rachis ; — B, première mitose de réduction (On a représenté seulement une partie du cytoplasme de l'ovocyte. Le noyau s'est résolu en un groupe quaterne, 2) ; — C, télophase de la première mitose de maturation : formation du premier globule polaire, 3) ; — D, métaphase de la deuxième mitose de maturation, dyade (4) ; — E, télophase de cette même mitose ; — 5, deuxième globule polaire ; — 6, grain chromatique unique constituant le noyau de l'ovule.

La période de maturation est analogue à celle du mâle au point de vue nucléaire et caractérisée par deux mitoses successives. Mais ces mitoses ont lieu à la périphérie de la très grande cellule qu'est devenu l'œuf et à chacune d'elles l'œuf garde tout le cytoplasme, l'autre cellule ou globule polaire est *abortive*. La

première mitose expulse ainsi le premier globule polaire.

Le schéma ci-contre montre le parallélisme avec ce qui se passe dans la spermatogénèse (fig. 83).

**Ovogénèse des Vertébrés.** — Chez les Vertébrés inférieurs l'ovogénèse est assez rapide et on trouve dans un même ovaire tous les stades de l'évolution d'un ovocyte (fig. 82). On peut voir que les phénomènes nucléaires sont essentiellement *les mêmes que dans le testicule* pendant la période d'accroisse-

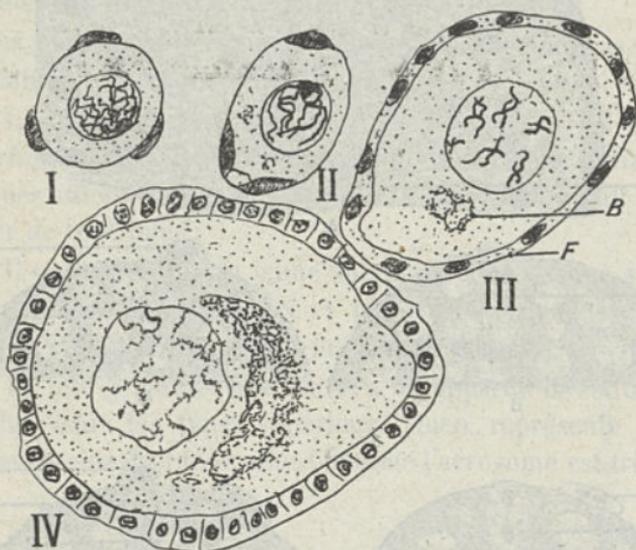


Fig. 82. — Stades successifs de l'ovogénèse d'un oiseau. — I. Réseau nucléaire fin. — II. Filament nucléaire. — III. Stade diplotène. — IV. Accroissement du cytoplasme : B, corps de Balbiani ; F, cellule folliculaire.

ment, mais à partir du stade dit diplotène, l'accroissement du cytoplasme devient considérable pendant que les phénomènes nucléaires s'arrêtent : l'œuf élabore des enclaves nutritives, du *vitellus*.

Pendant cette élaboration, les chromosomes ne se modifient guère ou prennent seulement un aspect plumeux spécial. De gros nucléoles apparaissent parfois dans le noyau.

Dans le cytoplasme se développe un organe particulier : le *corps vitellin* de Balbiani qui paraît être un aspect particulier du centrosome.

Autour des ovocytes se voient de petites cellules dont le nom-

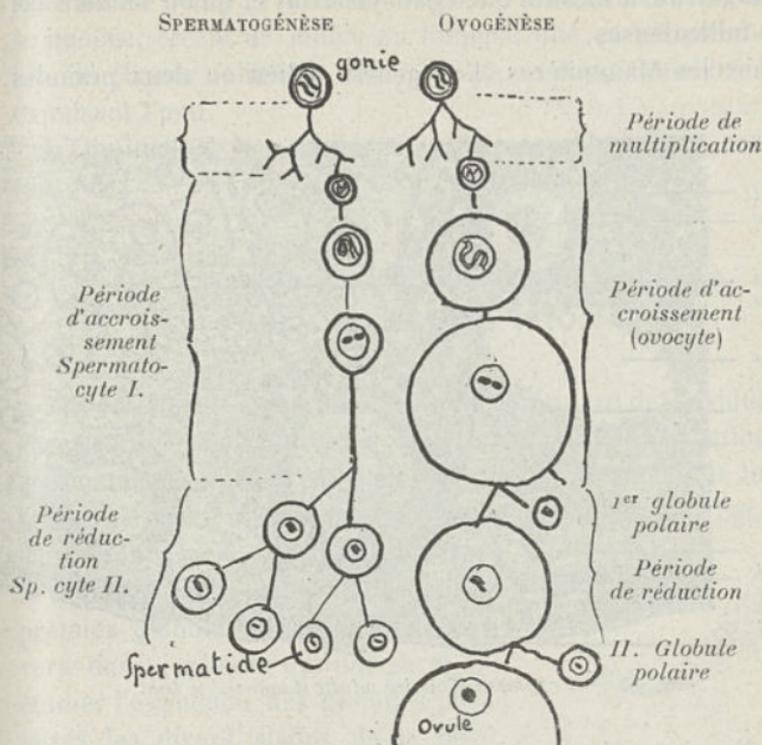


Fig. 83. — Schéma comparatif de l'ovogenèse et de la spermatogenèse.

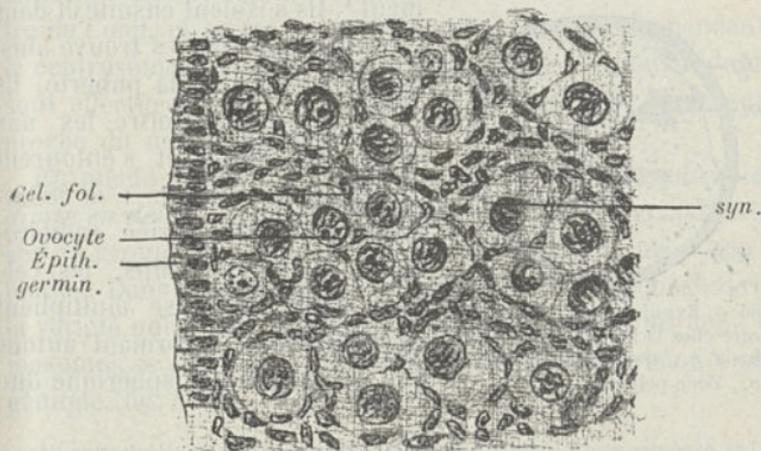


Fig. 84. — Ovaire embryonnaire. — ovocy., ovocytes; cell. foll., cellules folliculaires; épith. germ., épithélium germinatif; syn., ovocyte en synapsis.

bre augmente à mesure que l'ovocyte croît et qu'on nomme cellules folliculeuses.

Chez les Mammifères, l'ovogénèse a lieu en deux périodes.

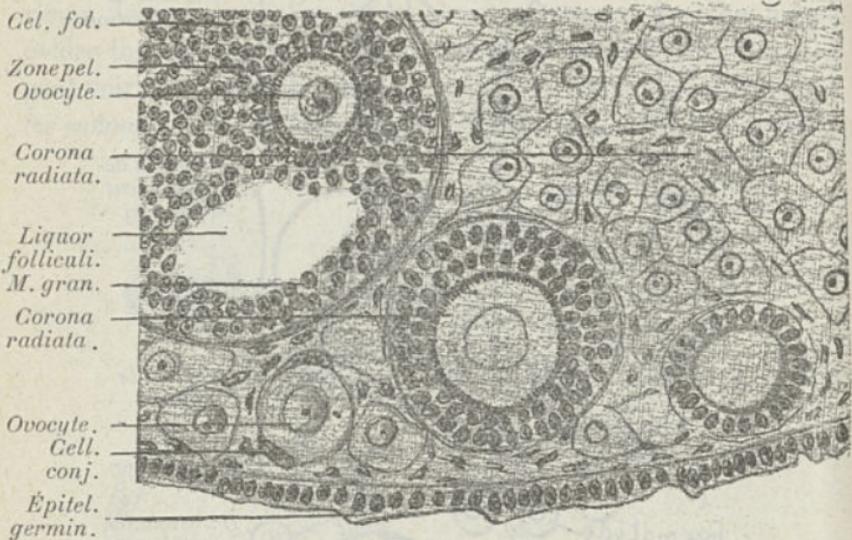


Fig. 85 — Fragment d'ovaire adulte (Lapine). × 400.

Dans l'ovaire embryonnaire (fig. 84), on voit les ovocytes groupés en cordons massifs ou *cordons de Pflüger* présenter les phénomènes nucléaires caractéristiques de la période d'accroissement<sup>1</sup>. Ils s'isolent ensuite et dans

l'ovaire adulte on les trouve ainsi isolés. A partir de la puberté, ils continuent à s'accroître les uns après les autres et s'entourent d'une sorte de coque : la *membrane pellucide* striée radiairement. En même temps, les cellules folliculeuses se multiplient considérablement formant autour de l'œuf une masse sphérique dite

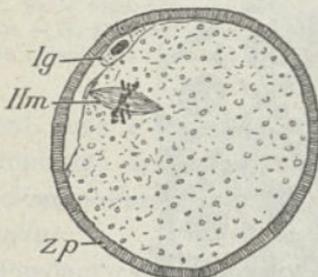


Fig. 86 — Expulsion du 2<sup>e</sup> globule polaire chez la lapine. *IIm*, 2<sup>e</sup> mitose; *Ig.*, 1<sup>er</sup> globule polaire; *Z. p.*, Zone pellucide.

1. Les ovocytes sont produits par une ou deux poussées de cellules aux dépens de l'épithélium superficiel de l'ovaire (épithélium germinatif) (Type de la femme) ou en un grand nombre de poussées successives (Type des cheiroptères), selon les animaux.

*follicule de Graaf*. Plus tard une partie des cellules folliculeuses se liquéfie, créant au milieu du follicule une cavité pleine d'un liquide (*liquor folliculi*). Le *follicule se rompt* finalement en expulsant l'œuf.

L'élimination des globules polaires a lieu à ce moment (fig. 86).

### III. — PHÉNOMÈNES CYTOLOGIQUES DE LA FÉCONDATION

Si l'on fait des coupes de la partie inférieure de l'oviducte de l'*ascaris*, on y rencontre des œufs en voie de fécondation. Les spermatozoïdes pénètrent dans l'oviducte et rampent le long de ses parois grâce à leurs mouvements amœboïdes, puis pénètrent dans l'œuf par le micropyle<sup>1</sup> vers le moment où l'œuf expulse son premier globule polaire (On trouvera dans les œufs qui ont servi à étudier l'expulsion des globules polaires les divers stades de la pénétration des spermatozoïdes car les deux phénomènes sont concomitants). Il atteint rapidement le centre de l'œuf, et en même temps son noyau se gonfle pendant que le centrosome s'entoure d'irradiations. Les divisions réductrices sont effectuées vers ce moment et le noyau de l'œuf se rapproche du noyau spermatique.

En même temps *le corpuscule central du spermatozoïde se divise en deux*. Les deux centrosomes se placent aux pôles opposés du groupe des deux noyaux qui sont accolés, mais non confondus. Dans chaque noyau se différencie un chromosome (dans la variété univalens) puis la membrane disparaît et les deux chromosomes se mettent au fuseau de la première division embryogénique (fig. 88).

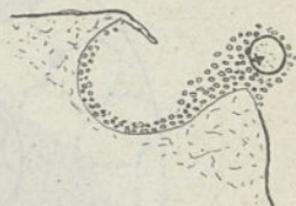


Fig. 87. — Déhiscence du follicule chez un petit rongeur.

1. Micropyle : partie de l'œuf où la coque est absente formant un pore pour la pénétration du spermatozoïde et qui existe nécessairement dans tous les œufs qui ont une coque.

Nous avons vu au cours de la spermatogénèse et de l'ovogénèse, le nombre normal de chromosomes 2 se réduire à 1, le nombre typique de l'espèce : 2 est donc rétabli par la conjugaison des deux noyaux.

Chez les animaux où le spermatozoïde, au lieu d'être amœboïde

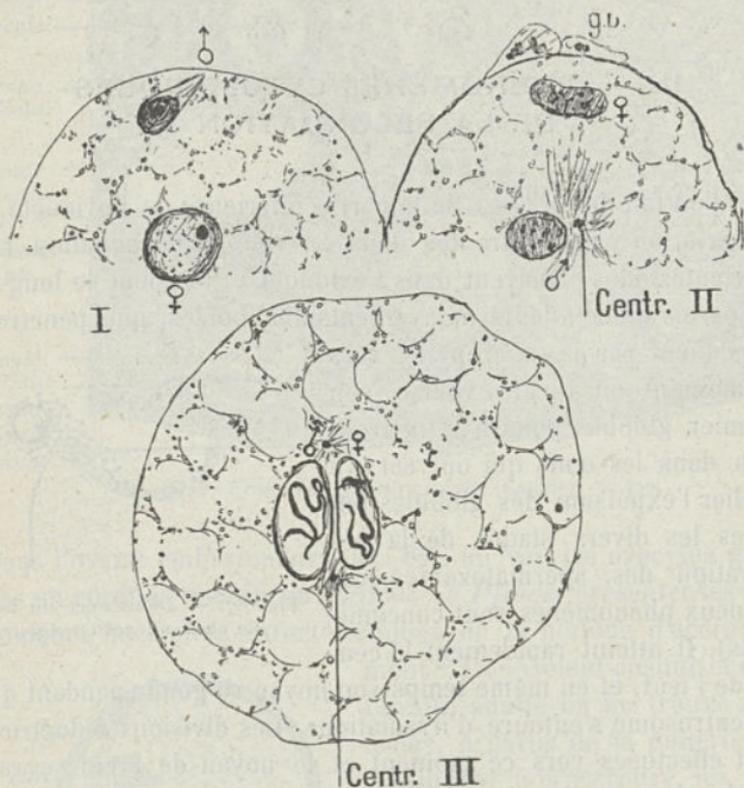


Fig. 88. — Fécondation chez *Ascaris megalocephala univalens*. — I, pénétration du spermatozoïde dans l'œuf ; II, le noyau spermatique occupe le centre de l'œuf pendant que le noyau ovulaire vient d'expulser ses globules polaires et le centre spermatique s'entoure d'irradiations ; III, prophase de la première mitose de l'œuf : les deux noyaux se sont rapprochés et dans chacun est apparu un chromosome, le noyau spermatique est indiqué par le signe ♂, le noyau ovulaire par le signe ♀.

comme chez l'ascaris est flagellé, la tête seule, avec le corpuscule central proximal, est utilisée dans la fécondation, la queue dégénère dans le cytoplasme. Les autres phénomènes sont d'ailleurs semblables à ceux que nous venons de décrire. Remarquons aussi que le corpuscule central du spermatozoïde est seul utilisé dans

la première division embryogénique, le centrosome de l'œuf a dégénéré et disparu.

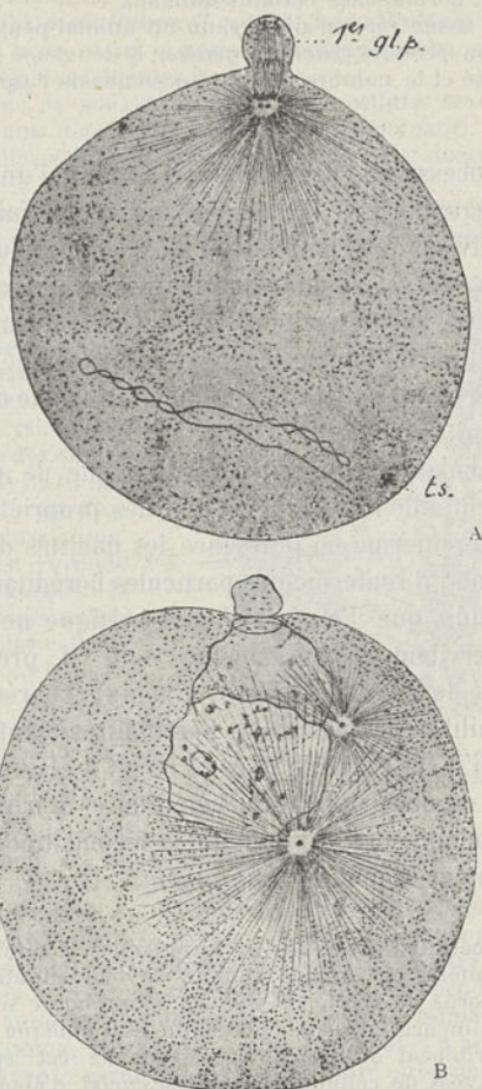


Fig. 89. — Fécondation chez *Physa fontinalis* (Mollusque). -- A, Le spermatozoïde a pénétré en entier dans l'œuf dès la première division de maturation. La queue s'est séparée de la tête (*t. s.*), première division de maturation; (*1er gl. p.*), premier globule polaire; — B, Rapprochement, puis accolement des deux pronucléi. En B, les deux pronucléi ont atteint leur volume définitif. D'après Kostanecki et Wierzejski (Emprunté au *Traité d'histologie* de Prenant, Bouin et Maillard).

Normalement, il ne pénètre dans l'œuf qu'un seul spermatozoïde : aussitôt après la pénétration de ce premier spermatozoïde, l'œuf est

devenu inapte à la fécondation. Anormalement, on peut voir pénétrer plusieurs spermatozoïdes dans l'œuf. Ce phénomène, dit *polyspermie*, peut même être normal chez certains animaux.

Dans les cas assez rares d'ailleurs, où un animal peut se reproduire par des œufs non fécondés (*parthénogénèse*), le deuxième globule polaire n'est pas expulsé et le nombre des chromosomes de l'espèce reste ainsi normal.

Dans les processus de fécondation, il semble d'une part que le spermatozoïde apporte à l'œuf avec son corpuscule central la faculté de se diviser que l'œuf n'avait plus. Le spermatozoïde n'est cependant pas nécessaire pour que la division de l'œuf puisse se produire, et on a pu, en excitant l'œuf de diverses manières provoquer sa multiplication sans fécondation, provoquer une *parthénogénèse expérimentale* en rendant au centrosome de l'œuf l'activité qu'il paraît avoir perdue.

Mais la fécondation a un autre résultat que de provoquer la division de l'œuf, elle apporte à cet œuf des propriétés nouvelles. L'œuf fécondé renferme en puissance les qualités de deux organismes différents, il renferme des particules héréditaires d'origine différente. Tandis que l'œuf parthénogénétique ne pourra que reproduire servilement l'organisme dont il provient, l'œuf fécondé, formé de deux organismes différents représente un être nouveau, l'équilibre des particules héréditaires étant à la fois différent de ce qu'il était chez le père et ce qu'il était chez la mère.

Le mélange de deux substances héréditaires d'origine différente est l'un des phénomènes capitaux de la fécondation. On désigne ce phénomène par le mot d'*amphimixie*.

**Origine des cellules sexuelles.** — Les glandes génitales se forment chez les Mammifères en un lieu éloigné de leur situation définitive. Au dessus du corps de Wolf, on voit de bonne heure sur le péritoine pariétal une éminence tapissée d'un épithélium cubique plus haut que l'épithélium péritonéal ordinaire. Au-dessous de cet épithélium, on observe des travées de cellules (*cordons sexuels*), d'abord toutes semblables, parmi lesquelles quelques éléments deviennent grands et clairs. Ces cordons sexuels sont donc constitués de *grandes et de petites cellules germinatives*. Dans le cas où la glande sexuelle sera un testicule, les cordons s'organisent en tubes creux. Les grandes et petites cellules sexuelles persistent sans modifications sensibles jusqu'à la puberté. A ce moment, les grandes cellules dégénèrent et les petites deviennent l'origine, d'une part : des spermatogonies et partant des cellules sexuelles, d'autre part : des cellules de Sertoli.

Dans le cas de l'ovaire, l'épithélium germinatif persiste toute la vie à

la surface de la glande. Il se produit à ses dépens de nouvelles poussées de cellules sexuelles dites cordons de Pflüger. Les cordons sexuels de première génération persistent dans la substance médullaire de l'ovaire : *cordons médullaires* (fig. 165). Les cellules sexuelles entrent de très bonne heure dans la période d'accroissement, et dès la naissance, il y a déjà des follicules formés.

Chez la femme, la poussée de cordons de cellules sexuelles se ferait en trois fois (aux dépens de l'épithélium germinatif). Chez d'autres Mammifères, elle se fait en plusieurs fois, et peut durer presque toute la vie.

Les cellules sexuelles, chez les Vertébrés, ne se distinguent donc des autres cellules de l'embryon que très tard. Il arrive que chez certains Invertébrés (crustacés copépodes, ascaris, les *cellules sexuelles se caractérisent comme telles dès les premières divisions de l'œuf*. A la deuxième division, chez le Cyclops par exemple, l'une des quatre cellules filles se distingue des trois autres par l'aspect de sa chromatine. Cette cellule est l'origine des cellules sexuelles : le germe. Les trois autres sont l'origine des cellules qui constitueront le corps de l'animal : le soma. On voit chez cet animal le soma se différencier dès les premiers stades du développement. Les cellules sexuelles dérivent

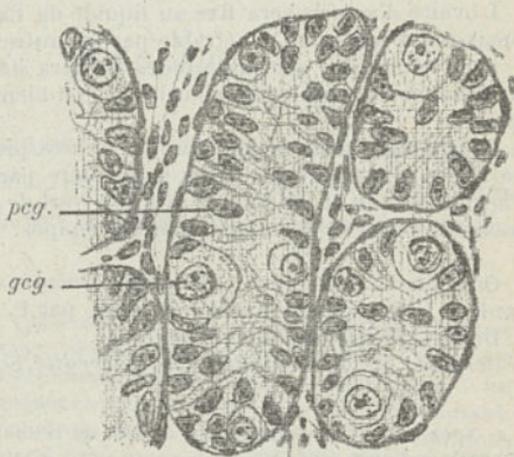


Fig. 90. — *Tubes séminifères embryonnaires.* — p. c. g., petites cellules germinatives ; g. c. g., grande cellule germinative.

ainsi directement les unes des autres ; après chaque fécondation, en effet, l'œuf donne d'une part les éléments souches des glandes sexuelles (germe), d'autre part, les éléments qui en se conformant, constitueront le reste du corps (soma). Le germe vit bien aux dépens du soma, il est porté par lui, mais il reste différent de lui, et transmettra aux œufs et aux spermatozoïdes des qualités, des propriétés qui ne dépendent que de celles des germens antérieurs et nullement de celles du soma. Les qualités et caractères du soma, notamment celles que celui-ci a acquises depuis sa séparation d'avec le germe sont au contraire étroitement dépendantes de celle de tous les germens antérieurs. Ils peuvent reproduire aussi certains caractères des somas antérieurs (du corps des ancêtres) mais ceux-là seulement que ces ancêtres tenaient de leur germe ; par ex. : cas de l'hérédité mendélienne. Au contraire, les caractères acquis par ces ancêtres au cours de leur existence ne peuvent retentir sur le germe, et par conséquent, sur les descendants ; en un mot les caractères acquis ne peuvent être héréditaires.

Il y a chez les Invertébrés de nombreux faits semblables à celui que nous venons de signaler chez Cyclops. Chez les Vertébrés, la différen-

ciation du soma et du germen est plus tardive, il n'en est pas moins vrai que ce dernier évolue indépendamment pendant la plus grande partie de l'existence et on a pu attribuer à cette *théorie de la continuité des plasmas germinatifs* une valeur tout à fait générale <sup>1</sup>.

### Technique

Le testicule d'ascaris, les testicules de Batraciens, de Mammifères seront débités en coupes selon les méthodes habituelles (soigner la fixation).

L'ovaire d'ascaris sera fixé au liquide de Carnoy (à cause de la coque épaisse des œufs peu pénétrable par les autres réactifs).

Pour l'étude des spermatozoïdes, on fera des frottis par les méthodes habituellement employées pour le sang ou bien on les examinera à l'état frais.

Pour l'étude de la fécondation on pourra prendre dans l'oviducte d'ascaris des œufs fécondés (dans la dernière partie de l'utérus) les fixer à l'acide acétique et les colorer avec du vert de méthyle. Il est plus commode de se servir de la méthode des coupes.

OUVRAGES A CONSULTER : *Traité d'histologie* de Prenant, Bouin et Mailard, t. I (Reproduction des individus, par P. Bouin).

Delage, *Traité de Biologie générale*.

Prenant, *La base cellulaire de l'hérédité*, Scientia, 1912.

1. Nous renvoyons pour l'exposé détaillé de cette théorie aux traités de biologie générale indiqués plus loin.

## ONZIÈME LEÇON

### VAISSEAUX. ORGANES VASCULAIRES

#### I. — VAISSEAUX

Il est nécessaire de bien connaître les vaisseaux avant d'entreprendre l'étude des organes, parce qu'on est exposé à rencontrer des artères, des veines et des capillaires dans toutes les préparations.

Embryologiquement, les vaisseaux ne sont que des canaux creusés dans le tissu mésenchymateux ; ils ne se forment pas comme la plupart des autres organes par des repliements de feuillets épithéliaux ; un certain nombre de cellules mésenchymateuses se libèrent, déterminant, une solution de continuité, un trou dans le mésenchyme. Les conditions mécaniques du liquide contenu dans ces trous ou canaux détermineront la structure de leur paroi.

Nous étudierons tout d'abord les vaisseaux de moyen calibre, artère et veine. La coupe d'une artère de moyen calibre servira de type général.

**Artères de moyen calibre ou à type musculaire** (fig. 91 et 92). — Sur la coupe d'une artère de moyen calibre (artère radiale, tibiale, poplitée, etc.), on distinguera une lumière centrale, généralement béante à cause de l'élasticité de la paroi. Cette lumière ne renferme habituellement que peu ou pas de globules sanguins (parce que les artères se vident après la mort).

Les méthodes de coloration du tissu élastique permettent de distinguer aisément dans la paroi du vaisseau trois tuniques, séparées par deux lames élastiques concentriques.

A. *Tunique interne (int.)* ou intima. — Cette tunique relativement mince est limitée en dehors par le contour irrégulier et

sinueux de la *membrane élastique interne*. En dedans on rencontre tout d'abord un épithélium aplati (*endothélium*) analogue à celui du mésentère par sa forme, mais non par son origine. Souvent, les cellules endothéliales sont gonflées et font saillie dans la lumière, ce qui se produit pour peu qu'on ait tardé à fixer l'artère après l'avoir séparée de l'animal.

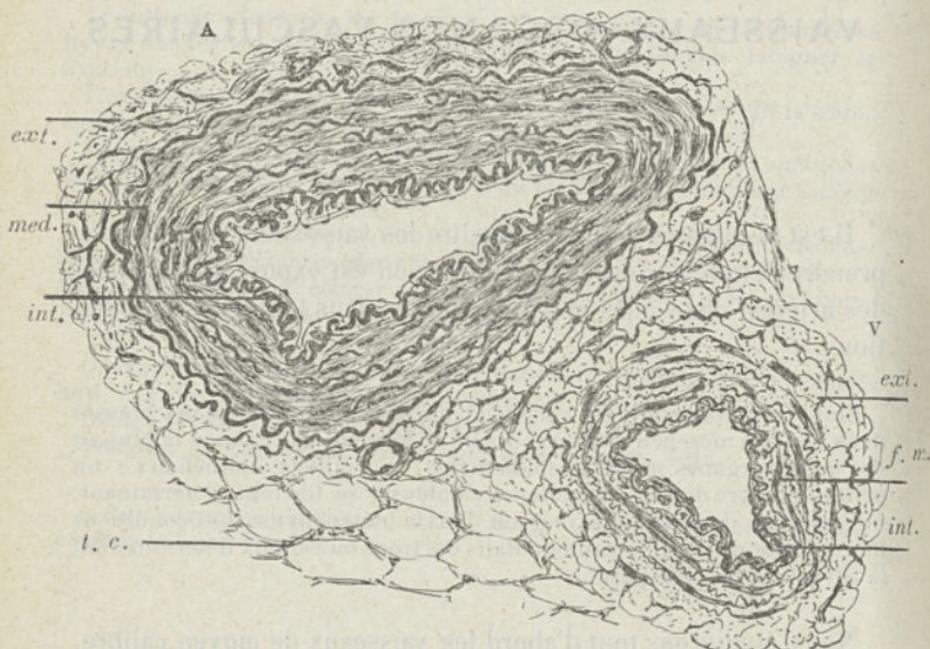


Fig. 91. — Coupe de l'artère poplitée (Homme) et d'une des veines qui l'accompagnent. — A, artère; *int.*, tunique interne (intima); *med.*, tunique moyenne (media) (nombreuses fibres musculaires dont les noyaux ont pris fréquemment, par rétraction un aspect irrégulier); *ext.*, tunique externe (externa); V, veine; *int.*, intima; *f. m.*, faisceaux musculaires isolés et discontinus de la media; *ext.*, externa; *t. c.*, tissu cellulaire. — Fix. Bouin, Color. hémateïne, éosine vert lumière  $\times 150$ .

L'endothélium, malgré sa minceur, est la partie essentielle et caractéristique de l'appareil circulatoire chez les Vertébrés. Il existe partout (cœur, vaisseaux sanguins et lymphatiques) et constitue à lui seul toute la paroi du vaisseau dans les capillaires.

Cet endothélium est doublé d'une couche assez épaisse de tissu conjonctif, renfermant de nombreuses fibres élastiques dirigées surtout dans le sens longitudinal, ce qui donne à cette portion un

aspect granuleux sur les coupes transversales (couche granuleuse, appelée aussi couche striée).

B. *Tunique moyenne* ou *media*. — La tunique moyenne (*med*) est la plus épaisse du vaisseau. Les fibres musculaires lisses dont la disposition est circulaire, y dominent; leurs noyaux prennent parfois par suite de la contraction de la fibre un aspect irrégulier. Entre ces fibres existe un fin réseau de lamelles élas-

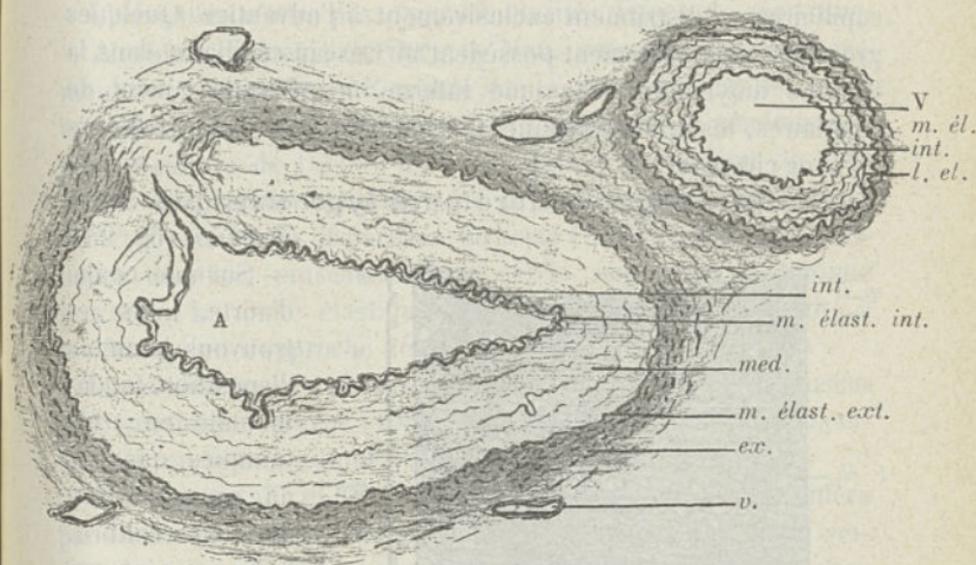


Fig. 92. — *Même objet que dans la figure 77.* - A, artère; *int.*, intima; *m. él. int.*, membrane élastique interne A; *med.*, media très pauvre en fibres élastiques; *m. él. ext.*, membrane élastique externe; *ext.*, externa; *v.*, vasa vasorum; V., veine; *m. él. int.*, membrane élastique interne; *l. él.*, lames élastiques. — Color. du tissu élastique par la méth. de Weigert.  $\times 150$ .

tiques. La comparaison des figures 91 et 92 montre bien les proportions relatives de tissu musculaire et élastique dans la media.

L'abondance du tissu musculaire et la grande épaisseur relative de la tunique moyenne, qui en est la conséquence sont caractéristiques des artères de moyen calibre; aussi ces artères sont également appelées *artères du type musculaire*.

C. *Tunique externe* ou *adventice*. — La tunique externe (*ext.*) n'est qu'une condensation du tissu conjonctif banal. Les fibres conjonctives y sont volumineuses et entrecroisées. Le réseau élastique est mince à mailles longitudinales et transversales. On

y rencontre aussi, mais de façon inconstante des fibres musculaires lisses longitudinales. A la limite de l'adventice et la séparant de la media se trouve une lame élastique épaisse, la *lame élastique externe*, presque aussi développée que la membrane limitante interne.

Enfin c'est dans l'adventice que l'on trouve les vaisseaux des vaisseaux (*vasa vasorum*). Ceux-ci n'existent guère que pour les vaisseaux dont le diamètre est supérieur à 1 millimètre. Leurs capillaires se distribuent exclusivement à l'adventice. Quelques gros vaisseaux seulement possèdent un réseau capillaire dans la tunique moyenne. La tunique interne ne présente jamais de capillaires, les échanges étant suffisamment assurés par le cours du sang circulant.

**Artères de gros calibre ou à type élastique.** *Aorte de chien* (fig. 93).

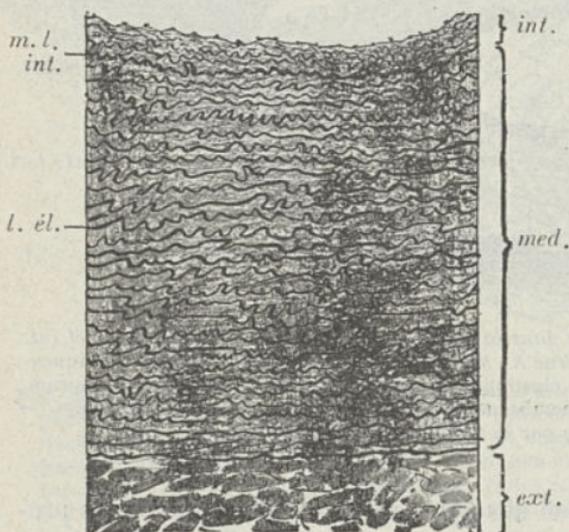


Fig. 93. — *Aorte de chien*. — Coupe transversale. Coloration des lames élastiques. — *int.*, intima; *med.*, media; *ext.*, externa; *m. él. int.*, membrane élastique interne; *l. él.*, lames élastiques. — Fix. Bte. formol. Col. Weigert.  $\times 90$ .

— Sur une coupe d'aorte, nous retrouvons la même disposition fondamentale en trois tuniques que sur une coupe d'artère de moyen calibre. La tunique interne s'épaissit et possède une structure assez compliquée. Les cellules de l'endothélium sont moins allongées et presque polyédriques. Au-dessous se trouve une couche de cellules con-

jonctives indifférenciées, étoilées, rappelant le tissu muqueux de l'embryon, c'est la couche de Langhans. Plus en dehors se trouve la couche *striée*.

La tunique moyenne prend ici des caractères spéciaux par la

présence d'un grand nombre de lames élastiques à disposition parallèle et concentriques, souvent aussi épaisses que la lame élastique interne. Ces lames s'envoient des anastomoses les unes aux autres et paraissent fenêtrées sur des dissociations. Entre ces lames et appliquées contre elles se trouvent des fibres musculaires lisses, d'aspect particulier. Ce sont des fibres courtes, trapues et ramifiées (*fibres rameuses*), pouvant s'unir en réseaux par leurs extrémités.

L'adventice n'offre pas de particularités dignes de remarque.

**Artères de petit calibre.**— Nous rencontrerons fréquemment des artères de petit calibre sur les coupes d'organes (poumon, foie, rein, etc.). On peut dire d'une manière générale que plus le calibre de l'artère diminue, plus la proportion du tissu musculaire augmente. Aussi les artères de petit calibre sont caractérisées par la disparition du tissu élastique et la prédominance du tissu musculaire, qui existe seul dans la tunique moyenne. La lame élastique interne diminue et disparaît, à mesure qu'on s'approche des capillaires.

Les *artérioles* très petites ne possèdent pas une paroi musculaire continue, mais des groupes de fibres lisses, disposées, semble-t-il, en hélice, autour de l'artère (fig. 94 C).

**Veines** (fig. 77 et 78). — La structure des veines ne diffère par aucun caractère essentiel de celle des artères. La paroi veineuse est cependant bien plus mince, ce qui fait que, sur les coupes, les veines sont généralement aplaties. D'autre part, elles sont presque toujours gorgées de globules sanguins.

La structure des veines est en rapport avec le rôle physiologique qu'elles ont à remplir. A ce point de vue, on peut avec Renaut distinguer dans les veines de fort calibre, deux catégories : des veines *propulsives* (v. iliaque, fémorale), riches en fibres musculaires lisses, et des veines *réceptives*, simples réceptacles pour le sang veineux (sinus de la dure-mère, jugulaire). Dans les veines réceptives, les fibres musculaires lisses sont peu nombreuses ou font même complètement défaut.

La *tunique interne* présente un endothélium analogue à celui de tout le système vasculaire, doublé d'une couche conjonctive peu riche en tissu élastique. La lame élastique interne est peu développée, quelquefois dédoublée.

La *tunique moyenne* comprend, séparées par des fibres con-

jonctives, des fibres musculaires et élastiques, les unes et les autres bien moins développées que dans les artères.

La *tunique externe* est conjonctive avec quelques fibres élastiques. La membrane élastique externe fait habituellement défaut ; aussi les deux tuniques moyenne et externe n'ont pas de limite nette, comme dans les artères.

La tunique interne des veines présente des replis les *valvules*, bien connues des anatomistes.

*Valvules veineuses.* — Les valvules veineuses sont des replis de l'endoveine, autour d'une lame centrale de soutien, conjonctivo-élastique. Les deux faces de la valvule présentent des différences de structure surtout marquées pour l'endothélium. Celui-ci allongé dans le sens du vaisseau pour la face interne de la valvule, est au contraire allongé transversalement pour sa face externe. La raison doit en être recherchée dans la diversité des influences auxquelles sont soumises les deux faces de la valvule : l'une, l'interne exposée au sang circulant, l'autre, l'externe, en rapport avec une couche de liquide immobilisé par la valvule elle-même.

**Capillaires** (fig. 94). — On étudiera de préférence les capillaires en les examinant à plat sur une membrane mince (le mésentère par exemple), après injection dans les vaisseaux d'une solution de nitrate d'argent qui, réduit à la lumière, montrera les limites des cellules de l'*endothélium*. Ces cellules ont une forme allongée dans le sens du courant sanguin avec un contour irrégulier et un noyau également allongé. L'endothélium constitue à lui seul la paroi des vaisseaux capillaires.

Cependant, dans le tissu conjonctif ambiant, se trouvent des cellules qui doivent être rattachées aux capillaires, ce sont les cellules périthéliales auxquelles nous avons déjà fait allusion. Ce sont des éléments étoilés, munis de longs prolongements anastomosés en forme de réseau et dont la contraction provoquerait le resserrement des capillaires.

Les injections colorées montrent que les capillaires sont disposés en un *réseau* à mailles plus ou moins serrées suivant les organes. Ce réseau se raccorde aux artérioles et aux veinules par des capillaires un peu plus volumineux, auxquels on a donné le nom de capillaires artériels et veineux.

*Réseaux admirables et systèmes portes.* — Les anciens anatomistes ont désigné sous le nom de réseau admirable, la ramification brusque d'un vaisseau en un réseau capillaire. Ces réseaux admirables, au lieu d'être interposés entre une artère et une veine sont souvent placés sur le trajet d'un seul vaisseau, artère ou veine. Le peloton glomérulaire du rein est un réseau admirable artériel. La circulation veineuse du foie est un exemple de réseau admirable veineux. Ces derniers réseaux sont habituellement désignés sous le nom de *systèmes portes*.

On a considéré, comme dépendant aussi des vaisseaux divers éléments du tissu conjonctif qu'on rencontre avec une abondance particu-

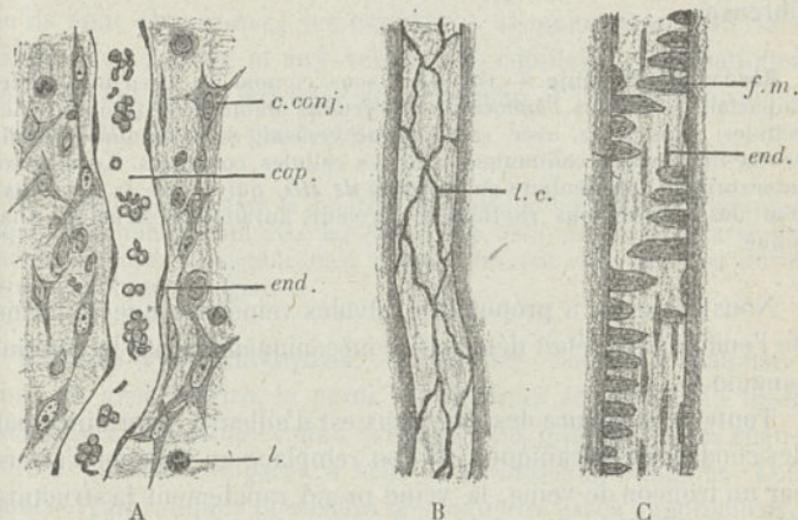


Fig. 94. — A, capillaire du mésentère, vu à plat. Fix. Flemming. Color. éosine bleu de toluidine; *cap.*, capillaire rempli de globules rouges; *end.*, endothélium dont les noyaux sont seuls bien visibles; *c. conj.*, cellules conjonctives étoilées; *l.*, leucocyte; — B, capillaire du Mésentère traité par le nitrate d'argent; *l. c.*, limites des cellules endothéliales; — C, artériole du mésentère, vue à plat; *end.*, noyau des cellules endothéliales; *f. m.*, fibres musculaires lisses circulaires. —  $\times 450$ .

lière autour des vaisseaux: les *cellules pigmentaires, adipeuses, les mastzellen*.

Tous les capillaires n'ont pas la structure indiquée ci-dessus. On désigne sous le nom de *capillaires embryonnaires*, ceux dont les cellules restent unies en syncytium; par suite dont l'*endothélium n'est pas nitratable*. Certains de ces capillaires embryonnaires, ceux du foie par exemple ont une large lumière et un trajet irrégulier. On a proposé pour eux le terme de *sinusoïdes*.

**Cœur.** — La structure du muscle cardiaque ou myocarde a été étudié page 117. Il existe entre les fibres un tissu conjonctif

peu abondant, *riche en fibres élastiques*, dans lequel cheminent les vaisseaux.

L'*endocardie* possède un endothélium analogue à celui des vaisseaux, mais à cellules peu allongées. Il est doublé d'une couche fibreuse.

Le *péricarde* présente la structure des membranes séreuses (voir endothélium péritonéal, page 50). Les cellules endothéliales y sont presque cubiques et reposent sur une couche fibreuse.

**Réseau de Purkinje.** — On décrit sous ce nom un tissu musculaire imparfait, situé sous l'endocardie de certains Mammifères (mouton). Les cellules, binucléées, avec sarcoplasme central, sont entourées d'une écorce de fibrilles communes pour les cellules contiguës. Le faisceau interauriculo-ventriculaire ou *faisceau de His*, qui assure la coordination des contractions rythmées du cœur, aurait une structure analogue.

Nous avons vu à propos des valvules veineuses que la forme de l'endothélium était déterminée mécaniquement par le courant sanguin.

Toute la structure des vaisseaux est d'ailleurs déterminée par des conditions mécaniques. Si l'on remplace un tronçon d'artère par un tronçon de veine, la veine prend rapidement la structure d'une artère. Dans l'expérience inverse, l'inverse se produit. La structure de l'artère diffère donc de celle de la veine parce que la pression sanguine y est plus élevée. Ce sont aussi des conditions mécaniques qui paraissent déterminer la structure particulière des grosses artères, qui doivent lutter, par leur élasticité, contre les chocs du sang déterminés par les pulsations cardiaques.

**Tissu érectile.** — Le tissu érectile, dans lequel les capillaires veineux subissent une dilatation considérable sera étudié dans la douzième leçon.

**Vaisseaux lymphatiques.** — Les *capillaires lymphatiques* se diffèrent des capillaires sanguins par l'aspect de leur endothélium dont les cellules ont un contour généralement plus irrégulier et plus compliqué. Ce caractère ne saurait d'ailleurs être un critérium.

En général, les capillaires lymphatiques ont une forme plus irrégulière, plus anfractueuse que les capillaires sanguins. Ils

sont aussi beaucoup plus larges (5 à 10 fois) et peuvent même avoir un calibre supérieur à celui des troncs qui leur font suite.

Chez les Batraciens, ils forment, autour des vaisseaux, une gaine péri-vasculaire et sous la peau de larges espaces : les sacs lymphatiques sous-cutanés.

Ce qui les différencie surtout des capillaires sanguins, c'est qu'ils sont *terminaux*, les capillaires sanguins étant intermédiaires aux artères et aux veines. Les capillaires lymphatiques sont en effet le lieu d'origine de la lymphe et ils semblent jouer un rôle actif dans sa production.

On a beaucoup discuté la question de savoir si les vaisseaux lymphatiques communiquaient avec les espaces du tissu conjonctif et avec les cavités séreuses. Il semble bien aujourd'hui que cette question doive être résolue par la négative.

**Troncs lymphatiques.** — Dans les vaisseaux lymphatiques de gros calibre, la paroi endothéliale se double de tissu musculaire et élastique, dont la disposition, quoique moins régulière a pu être comparée à celle des vaisseaux sanguins. Les troncs lymphatiques possèdent des *valvules* assez rapprochées. Au-dessus de chaque valvule se trouve un anneau musculaire important, dont la contraction fait progresser la lymphe.

## II. — ORGANES VASCULAIRES

Les organes vasculaires sont des organes situés et développés sur le trajet des vaisseaux sanguins et lymphatiques. Les liquides nourriciers y ont une circulation extrêmement ralentie ; aussi ils modifient, pendant leur passage, leur composition et s'enrichissent en éléments figurés.

Selon que ces organes sont traversés par le sang ou la lymphe, on a des *organes vasculaires sanguins* (rate, moelle osseuse) ou des *organes vasculaires lymphatiques* (follicule clos, ganglion lymphatique).

## ORGANES VASCULAIRES LYMPHATIQUES

L'organe vasculaire lymphatique le plus simple est représenté par un petit nodule arrondi, dans lequel on distingue un *réseau conjonctif* formant charpente, et dans les mailles de cette charpente, des *éléments inclus* qui sont des leucocytes. C'est là l'organe lymphatique élémentaire, les organes plus complexes sont une agglomération de follicules.

Le réseau et les éléments inclus du nodule lymphoïde se constituent le plus simplement aux dépens du tissu conjonctif embryonnaire. Le réseau se forme aux dépens de cellules conjonctives anastomosées qui élaborent des fibres collagènes; les éléments inclus peuvent dériver sur place des cellules mésenchymateuses; mais ils tirent plutôt leur origine de leucocytes émigrés. Le nodule lymphoïde est très abondamment vascularisé et ressemble à une goutte de cire rouge.

Pour les organes lymphoïdes du tube digestif, il y a toujours au début de la formation du nodule lymphoïde, un diverticule de l'épithélium. Le rôle exact de ce diverticule n'est pas encore complètement précisé. Les uns pensent que le diverticule n'intervient pas dans la formation du nodule lymphoïde; les autres pensent au contraire que les leucocytes du nodule dérivent des cellules épithéliales.

Ces diverticules épithéliaux persistent encore à l'état adulte au niveau des amygdales (cryptes amygdaliennes) et on les voit prendre une part active à la formation du thymus (v. thymus).

Quoi qu'il en soit, la structure des nodules lymphoïdes du tube digestif complètement développé, est celle du nodule lymphoïde typique, et c'est le follicule clos de l'intestin que nous prendrons comme type de description.

**Follicules clos** (fig. 95). — Les follicules clos de l'intestin<sup>1</sup> représentent l'organe lymphoïde simple et élémentaire.

Sur une coupe d'intestin grêle passant par un follicule clos, on voit, dans le conjonctif, un nodule ovoïde ou piriforme, fortement coloré, grâce à la présence de nombreux noyaux. Par sa partie superficielle, le nodule lymphoïde soulève l'épithélium et fait une saillie conique dans l'espace compris entre deux villosités (fig. 95). Sa structure est la suivante: il y a, formant la charpente du

1. On rencontre des formations lymphoïdes: follicules clos, isolés ou agminés sur toute la longueur du tube digestif, mais le tissu lymphoïde est particulièrement abondant en certains points: amygdales; portion terminale de l'iléon, appendice.

nodule, une fine trame conjonctive de tissu réticulé à mailles serrées. Ce réseau peut se condenser en une capsule à la périphérie du nodule, mais fréquemment le nodule lymphoïde se continue sans limites bien nettes avec le tissu conjonctif environnant.

Dans les mailles du réseau se trouvent en grande abondance

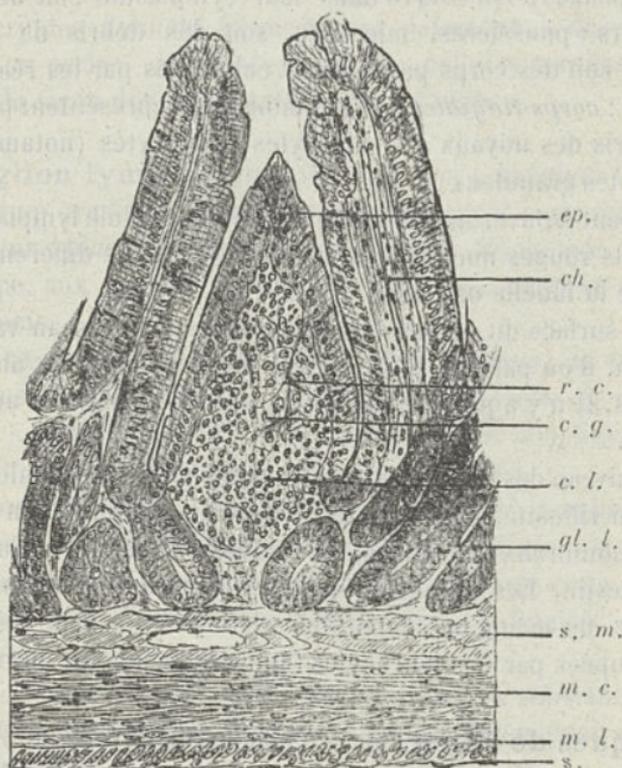


Fig. 95. — Coupe de l'intestin grêle d'un lapin au niveau d'un follicule clos. — *ep.*, épithélium intestinal; *ch.*, chorion; *r. c.*, réticulum conjonctif du follicule; *c. g.*, centre germinatif; *c. l.*, cellules lymphatiques; *gl. l.*, glande de Lieberkühn; *s. m.*, sous-muqueuse; *m. c. l.*, muscleuse circulaire et longitudinale; *s.*, séreuse. Fix. liq. de Bouin. Triple color. de Prenant.  $\times 250$ .

des *lymphocytes*. Par leurs nombreux noyaux, très colorables, ils donnent au nodule lymphoïde examiné à un faible grossissement un aspect piqueté caractéristique.

Le centre des nodules lymphoïdes est souvent moins riche en cellules lymphatiques que la périphérie, d'où son aspect plus clair. Dans ce centre clair, se trouvent des cellules de grande taille présentant fréquemment des figures de division; ce qui a

fait donner par Flemming le nom de *centre germinatif* au centre clair du nodule lymphoïde.

Accessoirement et de façon inconstante, on rencontre dans le nodule lymphoïde des leucocytes granuleux et des grandes cellules à noyau arrondi doués d'un pouvoir phagocytaire actif (macrophages). On trouve dans leur cytoplasme soit des corps étrangers : poussières, microbes, soit des débris de globules rouges, soit des corps particuliers, colorables par les réactifs des noyaux : *corps tingibles* de Flemming, qui représentent peut-être les débris des noyaux de leucocytes phagocytés (notamment de leucocytes granuleux).

On peut trouver aussi à la périphérie du nodule lymphoïde des éléments rouges nucléés (normoblastes), qui ne diffèrent pas de ceux de la moelle osseuse.

A la surface du nodule lymphoïde, existe un réseau vasculaire sanguin, d'où partent, convergeant vers le centre, des anses vasculaires. Il n'y a pas d'ordinaire de sinus lymphatique autour du nodule.

Au niveau des follicules clos, la muqueuse intestinale ne présente ni villosité, ni glande de Lieberkühn. L'épithélium est infiltré de nombreux leucocytes, qui semblent émigrer vers la lumière de l'intestin. Les cellules intestinales s'écartent pour leur livrer passage, ou même présentent dans leur protoplasme des vacuoles occupées par des leucocytes (épithélium fenêtré ou réticulé).

**Plaques de Peyer.** — Les plaques de Peyer, que l'on rencontre particulièrement dans la portion terminale de l'intestin grêle, sont constituées par une agglomération de follicules clos. Le grand développement des follicules clos donne à ces plaques un aspect mamelonné et gaufré.

Les villosités et les glandes de Lieberkühn sont très réduites, atrophiées et n'existent que dans les portions de muqueuse intermédiaires à deux follicules clos.

Quand les follicules clos, isolés ou conglomérés, sont très développés, ils dépassent les limites de la muqueuse et s'étendent dans la sous-muqueuse.

Les formations lymphoïdes de l'appendice (fig. 123), peuvent être comparées à une volumineuse plaque de Peyer.

**Amygdales.** — Sur une coupe d'amygdale palatine, les prolongements infundibuliformes signalés plus haut dans le développement des follicules clos de l'intestin persistent. Ce sont les *cryptes* ou *fossettes amygdaliennes*. Autour de ces cryptes sont disposés des nodules lymphoïdes. Ainsi l'amygdale est un organe *lymphoïde composé*, par l'assemblage de follicules élémentaires.

Les cryptes donnent fréquemment naissance à des sphères cornées ou perles, constituées par des cellules cornées imbriquées à la façon des écailles d'un bulbe d'oignon.

**Ganglion lymphatique** (fig. 96). — Le ganglion lymphatique est un organe lymphoïde composé, car il comprend dans sa structure, plusieurs nodules lymphoïdes. Rappelons qu'il se développe, aux dépens du mésenchyme, sans rapport avec les épithéliums.

Sur une coupe médiane de ganglion lymphatique, on distingue deux zones d'aspect différent : une zone périphérique ou *corticale* (*z. cort.*), occupée par une couronne de nodules lymphoïdes, une zone *médullaire*, réticulée et lacunaire (*z. méd.*).

Une *capsule* (*caps.*) conjonctive entoure le ganglion. Elle envoie entre les nodules lymphoïdes corticaux des prolongements ou *cloisons capsulaires* (*cl. caps.*). En dedans de cette capsule existe un sinus lymphatique périphérique, à lumière souvent effacée (*sin. pér.*).

Les *follicules lymphatiques* (*fol. lym.*), de la substance corticale ont la structure du nodule lymphoïde élémentaire précédemment décrit.

Par leur face externe, les follicules lymphatiques confinent au sinus cortical ; leur face interne se continue avec la substance médullaire ou caverneuse par des prolongements ou *cordons folliculaires*, dont la structure ne diffère pas de celle des follicules.

La substance médullaire ou caverneuse présente autour de nombreuses lacunes, qui sont les sections des *sinus lymphatiques caverneux* (*s. cav.*), des travées de tissu lymphoïde.

Ces travées qui ne sont autres que les cordons folliculaires ramifiés et anastomosés, ont essentiellement la même structure que la périphérie d'un nodule lymphoïde, avec une disposition un peu moins dense. On y distinguera un réticulum de nature

conjonctive dans les mailles duquel on trouve de *grandes cellules* analogues à celles des centres germinatifs et des cellules plus petites comme celles de la périphérie des nodules lymphoïdes.

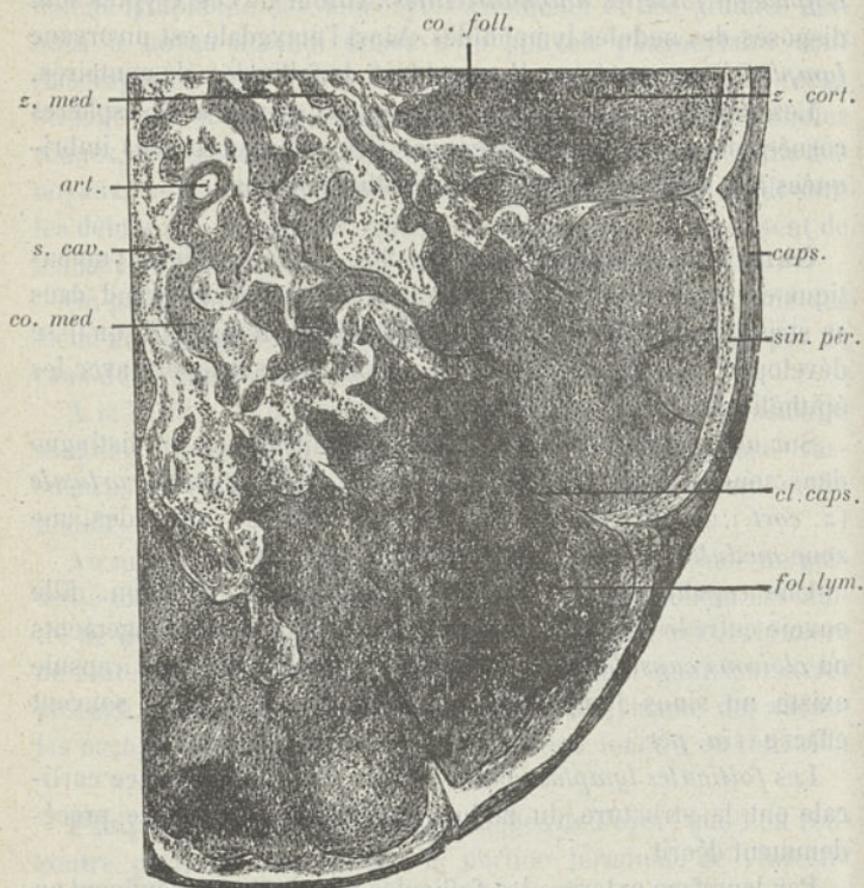


Fig. 96. — *Ganglion lymphat. de chien* (un seul segment a été représenté). — *s. cort.*, substance corticale; *fol. lym.*, follicules lymphatiques; *sin. pér.*, sinus périphérique; *caps.*, capsule conjonctive; *cl caps.*, cloisons capsulaires; *co. foll.*, cordons folliculaires; *s. méd.*, substance médullaire; *s. c.*, sinus caverneux; *co. méd.*, cordons médullaires; *art.*, artériole dans une cloison conjonctive. Fix. liq. de Dominici. Col. hémat. R. Congo  $\times 120$ .

On trouve, appliquées contre le réseau, des cellules aplaties, qu'on peut considérer comme *endothéliales*.

Enfin, dans tout le ganglion, on rencontre des cellules à cytoplasme abondant, qui ont incorporé des globules rouges, des corps tingibles ou des corps étrangers divers. On observe, dans

ces éléments, divers stades de la régression des globules rouges, marquée notamment par la production de pigment.

**RÉSEAU.** — Le réseau est peu visible sur les préparations ordinaires; mais on peut le mettre en évidence en le débarrassant mécaniquement, par pinceautage, des éléments inclus dans ses mailles. On peut aussi utiliser la propriété de ce tissu conjonctif spécial de résister à l'attaque des sucs digestifs en soumettant un ganglion à la digestion tryptique, les éléments cellulaires sont dissous, alors que seules les fibres du réticulum persistent.

On notera aussi que le réseau existe dans toute l'étendue du gan-

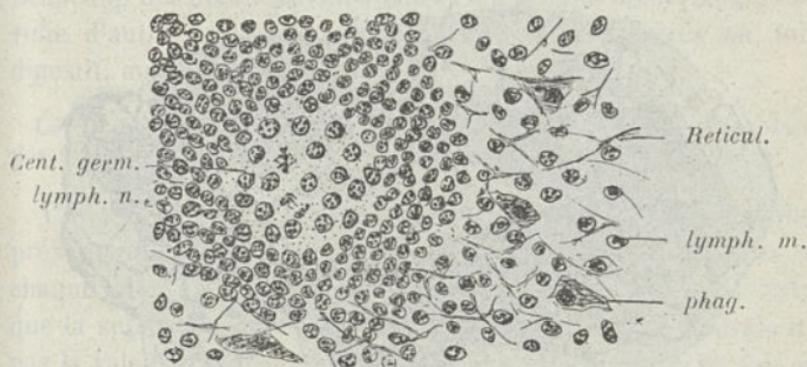


Fig. 97. — Fragment de ganglion lymphatique comprenant un peu de substance médullaire et un nodule lymphoïde. — *Cent. germ.*, grandes cellules du centre germinatif (avec mitoses); *lymph. n.*, lymphocytes de la périphérie du nodule; *lymph. m.*, lymphocytes de la substance médullaire; *phag.*, phagocytes; *réticul.*, réticulum.  $\times 500$ .

glion, aussi bien dans les voies lymphatiques que dans le tissu lymphoïde. Les sinus sont donc des formations cloisonnées; seulement à leur niveau les mailles du réseau sont lâches et permettent la circulation de la lymphe, tandis qu'elles sont serrées dans la substance folliculaire (follicules et cordons folliculaires).

Dans l'explication que nous avons adoptée de la signification des éléments du ganglion lymphatique, il faut ajouter que toutes ces sortes de cellules, cellules endothéliales, cellules des centres germinatifs, petits lymphocytes, macrophages ne sont que les diverses modalités, les transformations d'une seule espèce de cellule: la cellule lymphoïde, élément jeune susceptible de toutes sortes d'évolutions.

Dans certaines conditions, le ganglion lymphatique peut aussi produire des globules rouges, on en trouve alors dans les différents sinus (caverneux et cortical).

Dans l'intérieur des travées fibreuses, on notera la section de vaisseaux sanguins. Les vaisseaux abordent le ganglion au niveau

du hile, et à ce niveau la capsule conjonctive s'enfonce comme un coin dans la substance médullaire.

**Ganglion lymphatique injecté. Voies lymphatiques** (fig. 98). — Une injection des voies lymphatiques montre que celles-ci sont particulièrement bien développées au niveau de la substance médullaire.

Les lymphatiques afférents abordent le ganglion par sa face

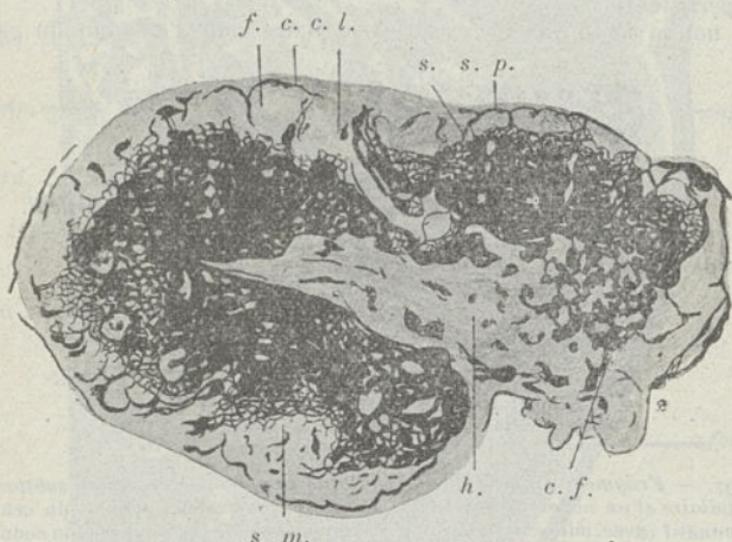


Fig. 98. — Coupe sagittale d'un ganglion lymphatique du Chien dont les voies lymphatiques ont été injectées. — *f.*, follicules composant ensemble la substance corticale; *s. r.*, substance médullaire ou caverneuse, renfermant les cordons folliculaires; *c. f.*, qui continuent la substance corticale; *s.*, sinus lymphatiques ou chemins de la lymphe; *s. p.*, sinus lymphatique périphérique; *c.*, capsule fibreuse du ganglion; *c. l.*, cloisons qui en partent; *h.*, région fibreuse et vasculaire du hile.  $\times 15$ . — (in Prenant, Bouin et Maillard).

convexe, traversent la capsule et se jettent dans le *sinus cortical*. De ce sinus partent les *sinus intermédiaires*, qui cheminent entre les follicules, autour des cloisons capsulaires, et se jettent dans le *sinus caverneux* ou *médullaire*. Dans ce dernier sinus prennent naissance les lymphatiques efférents, qui sont moins nombreux et plus gros que les afférents, et qui sortent du ganglion au niveau du hile.

Les sinus intermédiaires donnent, dans la substance corticale, des branches plus fines, destinées aux follicules lymphatiques.

Tout ce système de sinus oblige la lymphe à parcourir un che-

min tortueux et compliqué entre les éléments du ganglion. Pendant ce trajet, la lymphe peut se charger de cellules nouvelles et en même temps se défaire des cellules vieilles ou des corps étrangers qu'elle renferme. Le ganglion lymphatique est un organe régénérateur des éléments de la lymphe, en même temps qu'un filtre où elle abandonne les éléments inutiles ou nuisibles qu'elle renferme.

**Thymus** (fig. 150). — La structure du thymus le rapproche beaucoup des organes lymphoïdes. Son origine embryologique le relie d'autre part aux organes lymphoïdes annexés au tube digestif, aux amygdales.

Le thymus, qui se forme aux dépens ou autour de bourgeons issus des fentes branchiales, est, par conséquent, d'origine épithéliale.

Une coupe de thymus de jeune animal montre une série de lobes présentant l'aspect de lobes de tissu lymphoïde. Au centre de chaque lobe, on remarque une substance médullaire plus claire que la substance corticale. Mais la substance claire centrale n'a pas la valeur d'un centre germinatif. La régénération se fait au contraire à partir de la périphérie du lobule. Certains auteurs rapprochent malgré cela le thymus des organes lymphoïdes. Ce serait en tous cas un organe lymphoïde très particulier. Nous l'étudierons avec les glandes à sécrétion interne.

## ORGANES VASCULAIRES SANGUINS

### 1. — *Rate*

Dans l'étude des organes lymphoïdes, nous avons vu que les éléments inclus étaient des lymphocytes des différentes variétés, tous éléments de la série blanche du sang. Dans la rate, les vaisseaux sanguins s'étant ouverts dans la pulpe de l'organe, il y a, à côté d'îlots lymphoïdes, des travées hématiques, où se rencontrent tous les éléments du sang, leucocytes et hématies.

La rate se développe d'abord comme un ganglion lymphatique, il y a un réticulum conjonctif et des cellules lymphoïdes. La pulpe blanche

apparaît donc la première. Plus tard, les vaisseaux sanguins s'ouvrent dans les mailles du réticulum, entraînant avec eux une partie des éléments inclus. Il ne reste plus que des îlots de tissu lymphoïde (*pulpe blanche*), au milieu d'un tissu vasculaire sanguin (*pulpe rouge*).

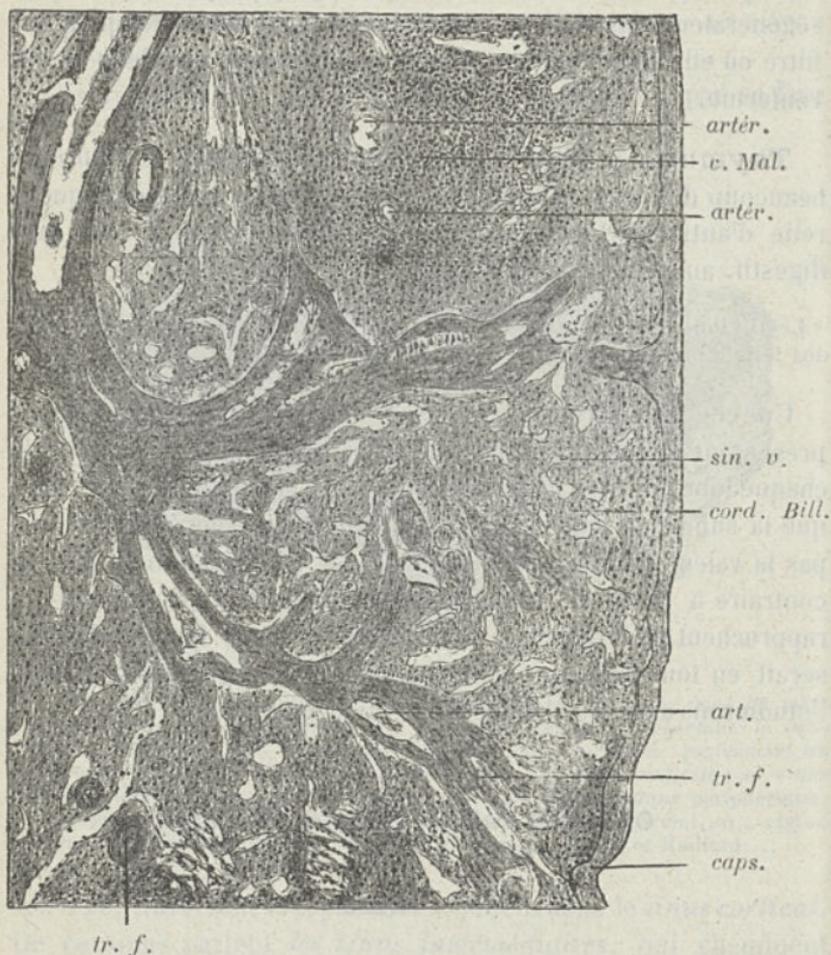


Fig. 99. — Rate de chien. — caps., capsule fibreuse; tr., travées fibreuses; art., artère dans l'épaisseur d'une travée fibreuse; cord. Bill., cordons de Billroth; sin. v., sinus veineux; c. Mal., corpuscules de Malpighi; artér., artérioles au centre du corpuscule. — Fix. liq. de Dominici. Col. hémat. éosine-orangés.  $\times 120$ .

**Coupe de Rate** (fig. 99).— Sur une coupe de rate (de chien), on voit au milieu d'un tissu présentant l'aspect général du tissu lymphoïde des îlots plus sombres, mal limités : les *corpuscules de Malpighi*. Entre ces corpuscules existe un tissu, disposé sous

forme de cordons plus ou moins nets : les *cordons de Billroth*. Les cordons de Billroth sont séparés par des espaces clairs à contenu sanguin : les *sinus veineux* de la rate. L'ensemble des corpuscules de Malpighi constitue la *pulpe blanche* : les cordons de Billroth et les sinus veineux forment la *pulpe rouge*.

Une *capsule* conjonctive entoure l'organe. Elle envoie dans l'intérieur de la rate des prolongements ou travées capsulaires, qui renferment fréquemment dans leur intérieur des fibres musculaires lisses. Ces travées délimitent un certain nombre de loges, incomplètement closes, qu'on désigne sous le nom d'*aréoles* de la rate. C'est également dans l'intérieur de ces travées que cheminent côte à côte dans la première partie de leur trajet les vaisseaux de la rate : artères et veines, accompagnés de quelques troncs lymphatiques peu développés.

Il nous faut maintenant étudier plus en détail la pulpe blanche et la pulpe rouge.

**Pulpe blanche.** — Les corpuscules de Malpighi, dont nous avons reconnu la section, sont des amas de tissu lymphoïde, disposés autour des vaisseaux artériels de petit calibre (notamment des artères pénicillées). Sur les coupes transverses, on trouvera au centre ou au voisinage du centre du corpuscule, la section d'une artériole, et cette disposition péri-artérielle du tissu lymphoïde est caractéristique de la rate.

Les corpuscules de Malpighi constituent chez l'adulte la presque totalité de la pulpe blanche. On peut cependant trouver du tissu lymphoïde en traînées le long des artérioles, et chez le cobaye la pulpe blanche forme une gaine péri-artérielle continue.

La structure des corpuscules est la même que celle des nodules lymphoïdes. Il y a un réticulum serré avec, dans les mailles, des leucocytes, surtout des lymphocytes. Le centre germinatif est souvent peu apparent. On y rencontre cependant des figures de division et des cellules qui ont incorporé des fragments de noyaux leucocytaires, ou *corps tingibles*.

A sa périphérie, le corpuscule se continue sans ligne de démarcation bien nette avec la pulpe splénique.

**Pulpe rouge.** — Les cordons de Billroth de la pulpe rouge sont comparables aux cordons folliculaires des ganglions lymphatiques. Le centre du cordon est occupé par un capillaire artériel,

entouré par une gaine réticulée à mailles étroites. Dans les mailles de ce réseau sont inclus les éléments très divers ; qu'on étudiera plus commodément sur frottis, comme pour la moelle osseuse.

*Sinus veineux.* — Autour des cordons de Billroth, on trouve des sinus veineux remplis de sang semblable à celui des vaisseaux, sauf cependant que les leucocytes y sont bien plus abondants.

La paroi des sinus veineux a une constitution particulière. Les cellules endothéliales y forment une couche discontinue. Elles sont allongées, en forme de bâtonnet (cellules en bâtonnet) et douées de propriétés contractiles. Elles présentent au niveau du noyau arrondi, un renflement saillant dans la lumière du sinus.

En dehors de ces cellules existe un plexus de fibres, surtout circulaires, en continuité avec le réticulum splénique. Ces fibres seraient pour certains auteurs, de nature élastique.

**RÉSEAU.** — Le réticulum de la rate est de nature conjonctive, comme celui des ganglions lymphatiques. On se rend mal compte de sa structure sur les préparations ordinaires, il faut, comme pour le ganglion, recourir à des préparations électivement colorées ou débarrassées des éléments peu adhérents à l'aide du pinceau. Le réticulum est renforcé au niveau du pourtour des sinus veineux par un anneau perforé qui entoure la lumière du sinus. Sur le réticulum sont appliquées des cellules aplaties, endothélioformes, semblables à celles que nous avons décrites sur le réticulum du ganglion. Ce réticulum est primitivement (chez le jeune embryon) formé de cellules étoilées anastomosées. Il s'y développe ultérieurement des fibres collagènes et élastiques.

**Rate injectée.** — Si on injecte la rate par les vaisseaux, l'injection se répand aisément dans les sinus veineux et, si on la pousse un peu fort, pénètre entre les éléments des cordons de Billroth.

Il semble donc qu'il y ait dans la rate une *circulation lacunaire*. On a observé, en effet, qu'après un certain nombre de ramifications, les artères s'ouvrent dans les mailles du tissu réticulé. Cette circulation lacunaire n'est cependant pas admise par tous ; et on a décrit des communications directes entre les vaisseaux artériels et les sinus veineux. Il faut retenir cependant que le sang suit dans la rate un trajet généralement compliqué et qu'il entre en contact intime avec les éléments cellulaires, comme fait la lymphe dans le ganglion lymphatique.

**Vaisseaux de la rate.** — Nous avons vu la marche commune, dans les travées capsulaires, des artères et des veines. Au bout d'un certain trajet, les deux vaisseaux se séparent. Après avoir donné un certain nombre de collatérales, les artères se résolvent en un certain nombre de branches dites artères pénicillées. Enfin les dernières ramifications artérielles portent le nom d'artères à coque, ainsi nommées à cause d'un renflement conjonctif de leur paroi.

**Frottis de rate** (fig. 100). — Le tissu splénique étant mou, souvent même demi-fluide, pourra se laisser aisément préparer par frottis. Sur un tel frottis on distinguera :

1° Les *éléments du sang* : globules rouges, leucocytes hyalins et granuleux ;

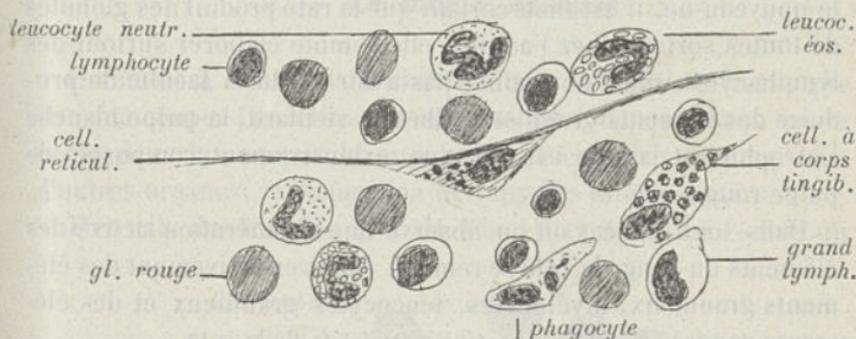


Fig. 100. — Frottis de rate.

2° Les *éléments des nodules lymphoïdes*, lymphocytes petits et grands qu'on distinguera difficilement de ceux du sang. Leur noyau présente cependant une structure granuleuse plus évidente ;

3° Des *éléments aplatis à noyau arrondi ou irrégulier* renfermant souvent des granulations, rappelant un peu les leucocytes, dits formes de passage du sang. Ce sont les cellules endothéliiformes appliquées contre le réseau ;

4° Des *phagocytes* (macrophages), chargés de pigment, de débris de globules rouges, de débris de globules blancs (corps tingibles). Ces phagocytes ont la même valeur que ceux du ganglion lymphatique ;

5° Des *éléments myéloïdes*, analogues à ceux que nous allons trouver dans la moelle osseuse, notamment des normoblastes,

des myélocytes. On peut y trouver aussi des mégacaryocytes et des polycaryocytes. Ces éléments sont communs dans la rate des animaux nouveau-nés.

**Fonctions de la rate.** — La rate apparaît par tout l'ensemble de caractères que nous venons d'étudier comme un organe hématique, comme un organe dont l'activité s'exerce vis-à-vis du sang tout entier. Il s'y produit des globules blancs d'une façon active, et ces globules sont mis en liberté dans le sang, comme en témoigne le nombre considérable de leucocytes du sang de la veine splénique. On discute encore sur le point de savoir si la rate ne produit que des lymphocytes ou si elle produit aussi des leucocytes granuleux et des éléments sanguins chez l'adulte. Chez le nouveau-né, il est bien certain que la rate produit des globules de toutes sortes. Chez l'adulte, elle semble élaborer surtout des lymphocytes, mais ne semble pas avoir perdu la faculté de produire des éléments granuleux. Chez le vieillard, la pulpe blanche s'atrophie, et la rate est presque exclusivement composée de pulpe rouge.

Dans tous les cas où on observe une régénération active des éléments du sang, la rate se remet à élaborer activement des éléments granuleux, myélocytes, leucocytes granuleux et des éléments rouges. C'est la *réaction myéloïde* de la rate.

La présence dans la rate de nombreux phagocytes macrophages avec des inclusions de fragment de globules rouges, de débris divers, notamment de pigment provenant de la destruction de ces globules rouges, indique qu'il s'y fait une destruction active de globules rouges, probablement de globules vieillissants et inutilisables. L'expérimentation montre d'ailleurs que si on tue des globules rouges, par un toxique par exemple, l'hématolyse augmente considérablement dans la rate. La présence de corps tingibles montre que, comme les ganglions, la rate peut aussi détruire les globules blancs inutilisables.

Vis-à-vis des leucocytes comme des hématies, la rate a donc un rôle *hématolytique*.

En somme, la rate exerce vis-à-vis du sang la même fonction qu'exerce le ganglion lymphatique vis-à-vis de la lymphe, elle lui sert de filtre, retenant les éléments inutiles et usés et les remplaçant par des éléments nouveaux.

**Glandes hémolymphatiques.** — Ces glandes très petites, se rencontrent dans le tissu cellulaire en avant de la colonne vertébrale. Leur structure est essentiellement celle d'une rate qui serait privée de corpuscules de Malpighi. Ce sont donc des glandes surtout hématisques et avec la lymphe, du sang circule dans leurs sinus. Il en est d'autres où cependant l'élément lymphoïde prédomine et qui se rapprochent beaucoup des ganglions. Nous avons vu qu'on trouve quelquefois des ganglions dont la substance médullaire abonde en éléments sanguins, notamment en hématis ; d'ailleurs à la suite d'une hémorragie intense, les ganglions lymphatiques prennent tous cet aspect hématisque et se mettent probablement à élaborer des hématis.

**Glandes hémales.** — Spéciales aux Primates, ce sont des glandes hémolymphatiques, qui ont perdu toute connexion avec les vaisseaux lymphatiques, et dans leurs sinus circule exclusivement du sang.

## 2. — La moelle osseuse

On étudiera avec plus d'avantage la moelle sur un frottis que sur une coupe. Les éléments sont en effet disposés sans aucun ordre dans les coupes et on n'a pas à craindre, comme dans d'autres organes, la disparition de rapports intéressants.

**Frottis de moelle** (Pl. III. Fig. III et fig. 101). — Sur un

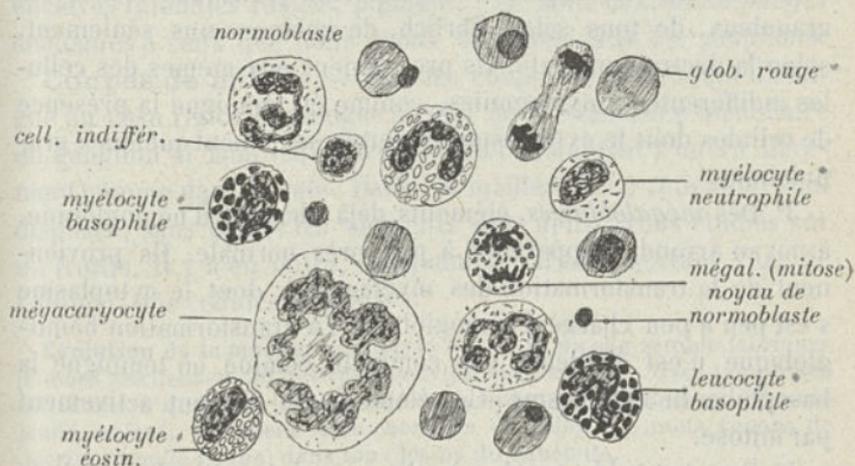


Fig. 101. — Frottis de moelle osseuse.

frottis de moelle d'un jeune animal, on rencontrera d'abord tous les éléments blancs et rouges du sang ; on rencontrera d'autre part :

1° De grandes cellules à noyau rond à cytoplasme hyalin res-

semblant aux grands lymphocytes (*l.*). Ce sont les *myélogonies*, éléments souches de tous les éléments que nous allons étudier ci-après :

Pour les unicistes (voir sang), les myélogonies sont identiques aux grands lymphocytes du sang et aux cellules des centres germinatifs des nodules lymphoïdes et n'en diffèrent que par leur évolution qui, d'ailleurs, aboutit au même résultat : leucocytes granuleux, mais en évoluant un peu différemment ; les éléments de la moelle passant par le stade myélocyte, par lequel ne passent pas les éléments du sang. Pour les dualistes, la moelle seule produit des leucocytes granuleux et les myélogonies sont entièrement différentes des lymphocytes. Il faut avouer que la morphologie ne justifie pas cette distinction.

2° Des *myélocytes*, éléments à noyau arrondi et à cytoplasme granuleux (*g. h. i.*). Les granulations, comme celles des leucocytes granuleux, sont, dans les uns, neutrophiles (myélocytes *neutrophiles*), dans d'autres, basophiles (myélocytes *basophiles*), dans d'autres enfin, éosinophiles (myélocytes *éosinophiles*). On trouve tous les intermédiaires entre les myélocytes et les leucocytes granuleux : cellules granuleuses à noyau plus ou moins lobé.

Les myélocytes représentent la forme jeune des leucocytes granuleux, de tous selon Ehrlich, de quelques-uns seulement, selon la doctrine uniciste. Ils proviennent eux-mêmes des cellules indifférentes : myélogonies, comme en témoigne la présence de cellules dont le cytoplasme renferme seulement quelques granulations.

3° Des *mégalo blastes*, éléments déjà chargés d'hémoglobine, à noyau arrondi d'apparence à peu près normale. Ils proviennent de la transformation des myélogonies dont le cytoplasme s'est peu à peu chargé d'hémoglobine. La transformation hémoglobique n'est d'ailleurs pas complète comme en témoigne la basophilie du cytoplasme. Ces éléments se divisent activement par mitose.

4° Des *normoblastes* (*b. c.*), éléments de la taille d'un globule rouge à noyau d'apparence homogène très colorable et dont le cytoplasme se teinte en général nettement par les réactifs qui colorent les hématies. Ils dérivent des précédents par division. Les normoblastes sont encore susceptibles de se diviser. Leur noyau est souvent excentrique ; on trouve des noyaux semblables

en dehors des cellules et enfin on observe les divers stades de l'expulsion du noyau, toutes observations qui doivent nous faire penser que le normoblaste se transforme en hématie en expulsant son noyau.

5° Des *cellules géantes* ; on en observe de deux sortes : les unes ont plusieurs noyaux, on les nomme myéloplaxes ou mieux *polycaryocytes (k.)* et elles sont identiques aux ostéoclastes dont nous avons parlé à propos de l'ossification, les autres ont un seul noyau multilobé, bourgeonnant : on les nomme *mégacaryocytes (m.)*, elles sont caractéristiques de la substance myéloïde (on les rencontre dans la rate, le foie, lorsque ces organes ont une structure myéloïde (chez l'embryon).

Elles ont probablement un rôle phagocytaire (phagocytose des débris divers de l'élaboration des hématies, notamment des noyaux). On leur a d'ailleurs attribué les fonctions les plus diverses et notamment la formation des plaquettes sanguines.

6° Des *cellules endothéliiformes*, analogues à celles qu'on trouve sur le réticulum des ganglions et qui proviennent du réticulum de la moelle ; et enfin des cellules renfermant diverses enclaves (globules rouges, pigment) : ce sont des *macrophages* analogues à ceux que nous avons observés dans les ganglions.

**Coupes de moelle.** — Sur les coupes de moelle, on distingue un tissu réticulé analogue à celui de la substance médullaire du ganglion et dans lequel les vaisseaux semblent s'ouvrir librement comme dans la rate. Dans les mailles de ce réticulum sont disposés, sans ordre, les éléments que nous avons étudiés sur un frottis. Il y a en outre, en quantité variable suivant l'âge de l'animal, des cellules adipeuses.

**Evolution de la moelle.** — Chez le fœtus, la moelle semble fabriquer d'abord exclusivement des lymphocytes : peu à peu le tissu lymphoïde est réduit à quelques points : *points lymphoïdes de Renaut*. Chez le jeune enfant, la moelle a le caractère de celle que nous venons de décrire (*moelle rouge*) dans tous les os du squelette.

Chez l'adulte, on ne trouve plus de moelle rouge que dans les os plats : côtes, crâne, etc... la moelle des os longs subit la transformation adipeuse (*moelle jaune*) : les cellules conjonctives ou indifférentes se chargent de graisse. Chez le vieillard, la moelle prend une couleur grise : il s'y forme du tissu fibreux (*moelle grise*).

Dans les actives régénérations sanguines, dans les leucémies, la moelle jaune redevient rouge et recommence à fabriquer des globules sanguins.

La moelle osseuse est chez l'adulte le seul organe qui fabrique encore activement des globules rouges. Outre son rôle hémato-poïétique, elle a aussi un rôle hémolytique, comme en témoigne la présence de macrophages.

**Origine des éléments du sang ou Hématopoïèse.** — L'étude des organes hémato-poïétiques nous a donné une idée sommaire de la façon dont prennent naissance les globules sanguins. Cependant à cause de l'importance de la question d'une part et d'autre part, à cause de la dispersion de ses divers éléments en plusieurs chapitres, nous croyons devoir en résumer les éléments principaux.

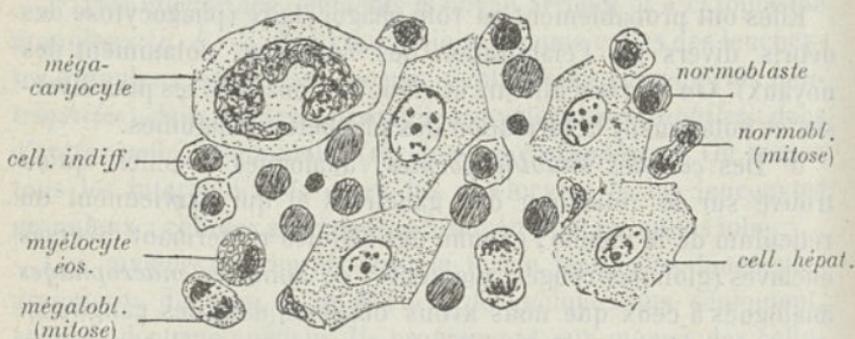


Fig. 103. — Foie hématopoïétique

Chez l'embryon, les premiers globules sanguins se forment aux dépens du mésenchyme : ce sont, d'une part, des globules rouges nucléés, d'autre part, des leucocytes à cytoplasme hyalin, analogues aux gros lymphocytes

La production de ces éléments semble se faire pendant quelque temps, dans toutes les parties de l'embryon, à mesure que les vaisseaux se développent

Peu à peu, elle se localise à certains organes qui deviennent ainsi spécialement hémato-poïétiques : le foie, la rate sont les plus importants de ces organes.

En même temps, apparaissent les leucocytes granuleux dont l'apparition est donc postérieure à celle des lymphocytes. Ici deux manières de voir se partagent les histologistes. Pour les uns (dualistes) la production des leucocytes granuleux n'a lieu alors que dans le foie et la rate, aux dépens d'éléments différents de ceux qui produisent les lymphocytes. Pour les unicistes, les leucocytes granuleux peuvent provenir des lymphocytes partout où on rencontre ces derniers. Tous ces éléments dérivent en dernière analyse d'éléments conjonctifs.

En même temps, les globules rouges qui, jusque-là étaient munis d'un noyau se transforment en hématies sans noyaux, par fragmentation et dissolution du noyau selon les uns, par expulsion du noyau selon les autres.

Chez l'adulte, le foie a perdu sa fonction hémato-poïétique et a été remplacé par la moelle osseuse qui fonctionne à peu près exactement comme il le faisait (on trouve dans le foie embryonnaire, tous les éléments de la moelle osseuse y compris les mégacaryocytes). Elle produit des leucocytes granuleux et des hématies exclusivement, pour les dualistes. Pour les unicistes, elle produit aussi des lymphocytes. La rate a perdu pour les premiers son pouvoir de fabriquer des éléments myéloïdes (leucocytes granuleux et hématies) et n'élabore plus que des lymphocytes. Pour les autres, la production de lymphocytes est seulement devenue prépondérante.

Les nodules lymphoïdes sont, pour les dualistes, la seule source de lymphocytes et la source des seuls lymphocytes.

Pour les unicistes, ils produisent seulement des éléments mésenchymateux jeunes susceptibles de toutes sortes d'évolution, soit dans l'organe lymphoïde, soit dans le sang circulant.

En résumé, les dualistes considèrent que les leucocytes granuleux dérivent toujours des myélocytes qu'on trouve dans la moelle, accompagnant toujours les érythroblastes. Les unicistes au contraire pensent que les leucocytes granuleux peuvent bien provenir pour une part de la transformation des myélocytes, mais que pour une autre part, ils proviennent de la transformation des lymphocytes, qui se sont chargés de granulations.

En dehors de cette discussion, quelques points capitaux méritent de fixer l'attention : le fait que les globules rouges de l'embryon sont nucléés comme ceux des Vertébrés inférieurs, le fait que l'apparition des leucocytes hyalins précède celle des leucocytes granuleux, le fait enfin que toutes sortes d'organes peuvent élaborer du sang à un moment donné. Le sang n'est pas le produit d'élaboration de quelques organes hémato-poïétiques définis, toutes les parties de l'organisme peuvent contribuer à le former.

### 3. — *Technique.*

1° **Vaisseaux.** — Les vaisseaux (artères et veines) seront le plus aisément étudiés sur des coupes colorées par les méthodes ordinaires. Des colorations spéciales à l'orcéine ou avec le réactif de Weigert montreront la répartition du tissu élastique. Les artérioles et les capillaires seront examinés à plat sur des préparations de mésentère étalé. Les limites des cellules endothéliales seront mises en évidence par des injections dans les capillaires du mésentère d'une solution de nitrate d'argent à 1 p. 100 et réduction consécutive du nitrate à la lumière.

2° **Ganglion lymphatique. Rate. Moelle osseuse.** — L'architecture générale de ces organes sera étudiée par la méthode des coupes et les colorations avec les couleurs d'aniline seront surtout employées : éosine-orange-bleu de méthylène, bleu de toluidine, etc... ; mais les différents éléments de ces organes seront surtout examinés sur des frottis. Les meilleures fixations sont les fixations osmiques. Les couleurs d'aniline seules permettent de mettre en évidence les différentes catégories d'éléments granuleux.

OUVRAGES À CONSULTER : C. Champy, Adaptation de l'atlas de Schleip, *Traité d'histologie pratique* de J. Renaut, *Traité d'histologie* de Prent et Bouin, t. II.

## DOUZIÈME LEÇON

### L'APPAREIL EXCRÉTEUR DE L'URINE

#### REINS ET ANNEXES

Dans toute la série animale, la glande excrétrice présente une structure sensiblement différente des autres glandes, de même que sa fonction est un peu spéciale<sup>1</sup>.

**Néphridie** (fig. 103). — Le rein des Mammifères étant relativement très compliqué, il est bon pour comprendre sa structure, de s'adresser tout d'abord à des types plus simples. Un dispositif élémentaire de l'appareil excréteur se rencontre dans la néphridie des Annélides. On peut étu-

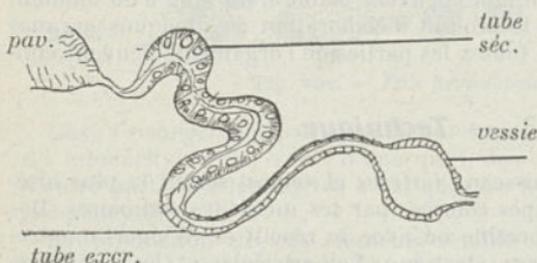


Fig. 103 — Schema de la néphridie d'un annélide.

dier cet organe à la loupe sur une simple dissection. Il est constitué par un long tube, très replié sur lui-même, qui s'ouvre d'une part à l'extérieur, d'autre part dans la cavité générale de l'animal.

L'extrémité qui s'ouvre dans la cavité générale est munie d'un pavillon cilié. Le fonctionnement de cet appareil est facile à sai-

1. Il faut distinguer en effet entre l'excrétion et la sécrétion, phénomènes physiologiquement différents et auxquels correspondent très vraisemblablement des phénomènes cytologiques très différents. Une glande telle que le pancréas élabore des produits (ferments), qui n'existent pas dans le sang. Une glande excrétrice : le rein rejette au dehors des produits nuisibles qui préexistent dans le sang, mais elle n'élabore pas forcément une substance nouvelle.

sir : l'entonnoir cilié recueille le liquide qui circule dans la cavité générale et le chasse vers l'orifice extérieur. Les cellules qui tapissent le tube (nous ne pouvons les décrire ici, disons seulement que la structure de ce tube ne diffère pas essentiellement de celle du tube urinaire des Vertébrés) rejettent dans le liquide qui passe un certain nombre de produits d'excrétion.

**Le corps de Wolf des Vertébrés inférieurs.** — Nous choisirons comme objet d'étude le corps de Wolf des Batraciens qui présente l'avantage d'être favorable pour l'étude cytologique du tube urinaire.

Le corps de Wolf se rattache à la néphridie que nous venons d'étudier par toute une série d'intermédiaires qu'il est important de connaître : il existe chez les Poissons osseux et chez les embryons de Batraciens, une glande excrétrice qui occupe une situation très antérieure, par rapport au corps de Wolf (qui lui succède chez les Batraciens adultes). C'est le *pronéphros* ou *rein céphalique*. Il est constitué par deux ou trois tubes semblables à la néphridie des vers et qui, comme elle, s'ouvrent dans la cavité générale par un pavillon, le *néphrostome*. Mais chez ces animaux, il n'y a plus ou presque plus de liquide coelomique. Le liquide qui véhiculera les produits excrétés est alors fourni par transsudation à travers un peloton de capillaires qui se forme aux dépens de l'aorte, c'est le *glomérule*. Il peut rester indépendant du tube rénal, n'étant en communication avec lui, que par l'intermédiaire de la cavité générale (type de certains Poissons) ou bien venir s'appliquer étroitement contre lui. Alors le liquide transsudara directement du glomérule dans le tube urinaire et le néphrostome devenu inutile persistera un certain temps (certains Batraciens) puis s'oblitérera (grenouille). C'est ce qui s'est réalisé dans le *corps de Wolf* ou *mésonephros*, qui fonctionne toute la vie chez les Vertébrés inférieurs et une partie de la vie embryonnaire chez les Mammifères.

Sur une coupe de corps de Wolf de grenouille l'on aperçoit la section d'un grand nombre de tubes parmi lesquels on distingue aisément la coupe de pelotons vasculaires, qui ne sont autre chose que les *glomérules de Malpighi*. On distingue, parmi les tubes, la coupe de trois segments principaux : 1<sup>o</sup> un segment qui fait immédiatement suite à l'enveloppe du glomérule ; il est tapissé de cellules plates, munies chacune d'un pinceau de cils très longs, dirigés tous de même sens (sens opposé au glomérule). C'est le *segment post-glomérulaire*, dont les cils ont sans doute un rôle analogue à celui des cils qui tapissent le pavillon de la néphridie, ils contribuent à diriger le courant de liquide à travers le tube

urinaire en s'en imbibant comme ferait une mèche<sup>1</sup>. La plus grande partie de la préparation est occupée par les sections de la partie réellement *sécrétoire* du tube. Leur paroi très épaisse est constituée par quatre ou cinq cellules à grand protoplasma,

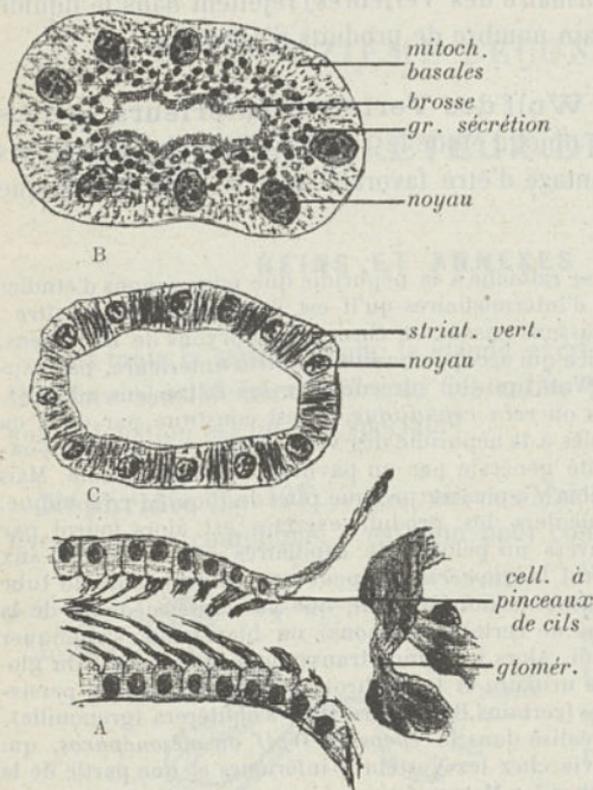


Fig. 104. — Coupe de trois segments du Corps de Wolff. — A, segment post-glomérulaire; — B, tube contourné; — C, segment vecteur.

munies sur leur face qui limite la cavité du tube, d'une bordure en brosse (fig. 104).

Le protoplasme de ces cellules renferme des mitochondries, facilement visibles, qui lui donnent un aspect granuleux, quelquefois vaguement strié, et des grains de sécrétion assez gros. Il ne diffère donc pas sensiblement du protoplasme d'une cellule glandulaire quelconque par sa structure;

ce qui est le plus caractéristique du tube rénal, c'est l'*orientation régulière de cette structure*; la bordure en brosse est aussi assez caractéristique de la glande rénale (Il existe cependant des bordures en brosses dans d'autres cellules glandulaires).

On rencontre enfin des sections de tubes plus larges à paroi plus mince, tapissées de cellules plus nombreuses, dont le cyto-

1. Chez certains Batraciens, les Discoglossides, le segment post-glomérulaire possède encore latéralement un pavillon ouvert dans la cavité péritonéale et muni de pareils cils: c'est le néphrostome.

plasme est très nettement strié. Cette striation, due surtout à la présence de mitochondries filamenteuses, a été vue bien avant qu'on connût les mitochondries, d'où le nom de *Bâtonnets de Heidenhain* qu'on donne souvent aux chondriocotes qui la constituent. Cette dernière partie du tube rénal a certainement un rôle sécrétoire moins marqué que le segment précédent, c'est surtout un *segment vecteur* qui conduit vers l'extérieur le liquide excrété. Sa structure peut être rapprochée de celle des canaux excréteurs de diverses glandes.

**Le rein des Mammifères.** — Le rein des Mammifères a une structure encore plus compliquée. Avant d'étudier en détail

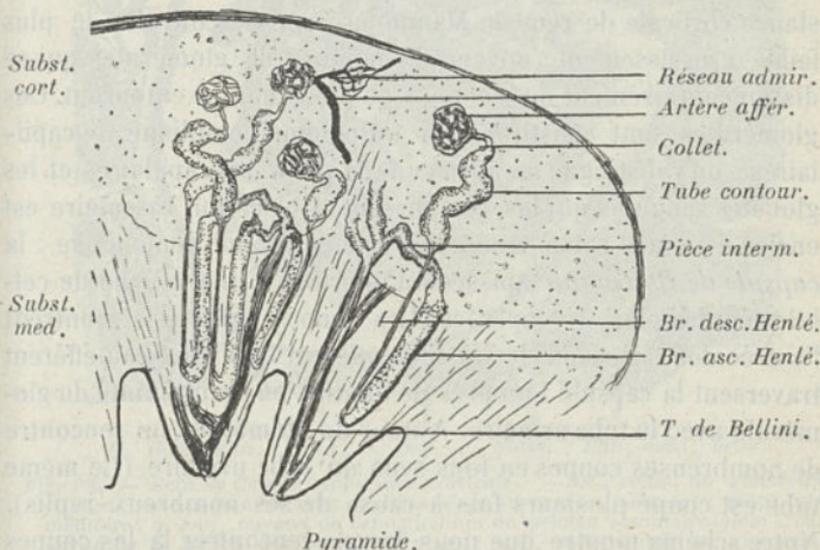


Fig. 105. — Schéma de la structure du rein.

les nombreux segments qui constituent le tube urinaire dans l'organe qui nous occupe, il importe d'abord d'en situer les diverses parties.

On sait que sur une coupe de rein, on distingue une *substance corticale*, granuleuse (parce qu'elle contient les glomérules) et une *substance médullaire*, striée (parce que les tubes urinaires y suivent une direction parallèle, voir un traité d'anatomie).

Le schéma ci-contre (fig. 105), nécessaire à l'intelligence des

préparations, nous montre le tube commençant au *glomérule* et par conséquent dans la substance corticale, par une portion étroite *le collet du glomérule*; vient ensuite une portion large et contournée sur elle-même, *le tube contourné*, toujours situé dans la substance corticale du rein. Le tube descend alors dans la substance médullaire où il forme une anse, *l'anse de Henle* dont la branche descendante est étroite et la branche ascendante plus large, cette dernière nous a ramenés dans la substance corticale où se trouve le segment suivant, dit *pièce intermédiaire*. Les pièces intermédiaires se réunissent l'une à l'autre en revenant dans la substance médullaire constituer le *tube droit* ou *de Bellini*, par lequel se terminent un certain nombre de tubes urinaires.

**Substance corticale** (fig. 406). — Sur une coupe de substance corticale de rein de Mammifère, on aperçoit, dès le plus faible grossissement, un certain nombre de glomérules qui se distinguent aisément des sections de tubes qui les entourent. Ces glomérules sont constitués par un peloton compliqué de capillaires : on y distingue les noyaux de la paroi des capillaires et les globules sanguins qui les remplissent. Ce peloton vasculaire est enclos dans une cavité entourée d'une enveloppe conjonctive : la *capsule de Bowmann* tapissée à l'intérieur d'une couche de cellules épithéliales très aplaties. Les coupes heureuses montrent l'entrée des vaisseaux (le vaisseau afférent et le vaisseau efférent traversent la capsule l'un près de l'autre) ou la continuité du glomérule avec le tube urinaire. Autour du glomérule, on rencontre de nombreuses coupes en tous sens du tube urinaire (Le même tube est coupé plusieurs fois à cause de ses nombreux replis). Notre schéma montre que nous devons rencontrer là les coupes de trois segments du tube excréteur : le *tube contourné*, le *collet du glomérule* et la *pièce intermédiaire*.

Les sections de tubes contournés sont les plus nombreuses ; on les reconnaît à leur structure assez semblable à celle de la portion sécrétrice du tube du corps de Wolf. Ces tubes sont tapissés de quelques cellules à grand cytoplasma munies d'une *bordure en brosse*, leur cytoplasma est nettement strié à la base à cause de la présence de mitochondries filamenteuses (*Bâtonnets de Heidenhain*). Ce segment qui occupe la plus large place dans la substance corticale du rein est le segment le plus

important du tube urinaire. C'est celui où la fonction sécrétoire est le plus accusée <sup>1</sup>.

Parmi les tubes contournés, on rencontre quelques coupes assez rares de *pièces intermédiaires*. On les reconnaît à l'épithé-

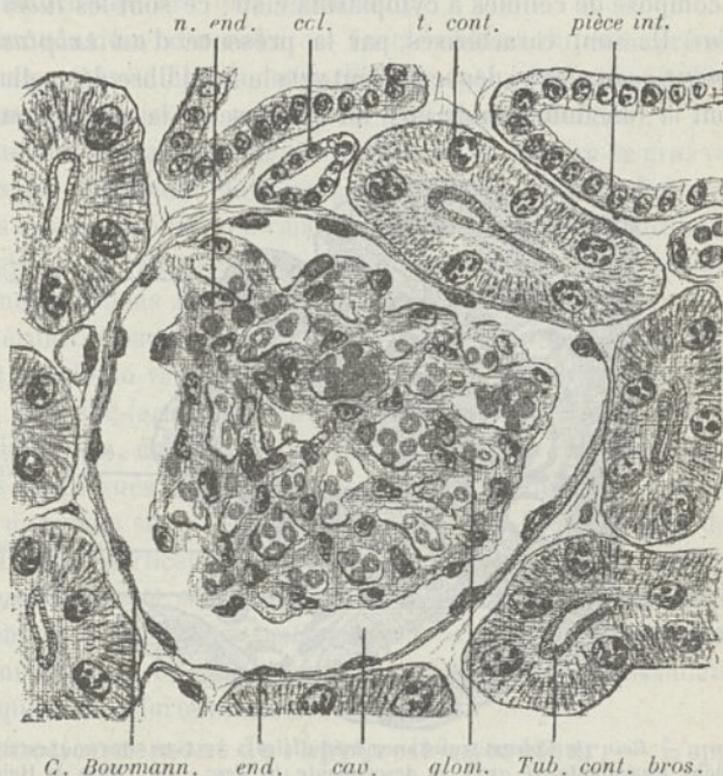


Fig. 106 — Rein de Cobaye (substance corticale) — col, collet du glomérule; *t. cont.*, tube contourné avec sa striation et sa brosse; *pièce int.*, pièce intermédiaire; *n. end.*, noyaux de l'endothélium du peloton vasculaire (*glom.*); *cav.*, cavité de la petite séreuse glomérulaire; *end.*, endothélium du glomérule; *C. Bowmann*, capsule de Bowmann.  $\times 1\ 000$ .

lium assez bas qui les tapisse, il est constitué de cellules plus nombreuses que celles qui tapissent le tube contourné, laissant entre elles une plus large lumière.

Le *collet du glomérule* est difficile à trouver, car il est très court. Il est tapissé d'un épithélium bas, presque pavimenteux.

1. C'est dans ce segment qu'on trouve les boules ou vacuoles de sécrétion les plus nombreuses. C'est dans les cellules qui le constituent qu'on a pu caractériser l'acide urique chez les animaux où cette substance existe en abondance dans la sécrétion urinaire (Serpents).

**Substance médullaire.** — Les coupes les plus instructives sont les coupes transversales de la pointe de la pyramide de Malpighi, l'on y distingue tout d'abord des coupes de tubes larges tapissés d'un épithélium cubique ou cylindrique bien régulier, composé de cellules à cytoplasma clair, ce sont les *tubes de Bellini*. Ils sont caractérisés par la présence d'un *exoplasme finement granuleux*, dense surtout vers le bord libre des cellules et dont la fonction semble être de s'opposer à la résorption de

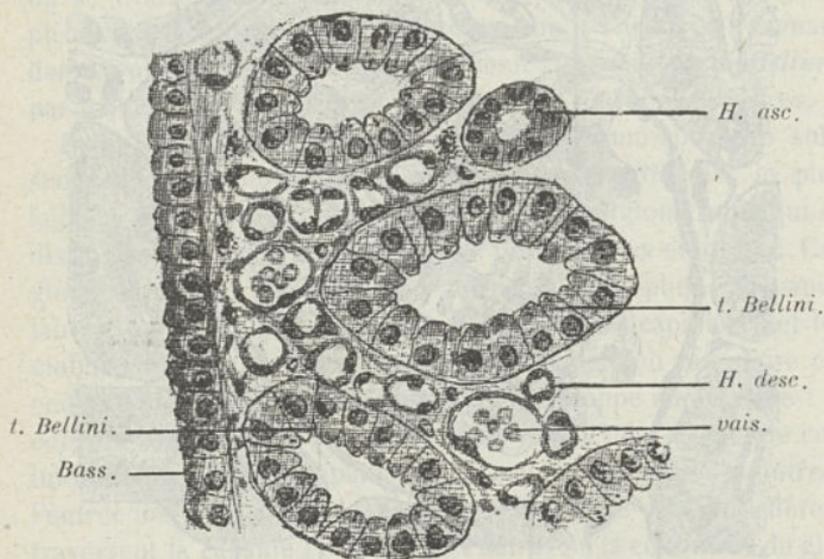


Fig. 107. — Rein de Cobaye (substance médullaire). — Avec des coupes de la branche ascendante (*H. asc.*), et descendante (*H. desc.*), de l'anse de Henle ; *t. Bellini*, tube de Bellini ; *Bass.*, épithélium du bassin (la coupe passe par le sommet d'une pyramide) ; *vais.*, vaisseau.

l'urine. Entre eux, on reconnaît, mêlées à de nombreuses coupes de vaisseaux. les deux portions de l'*anse de Henle* : la portion descendante, tapissée de deux ou trois cellules très aplaties, la portion ascendante beaucoup plus large, tapissée de cellules cubiques claires. Les coupes longitudinales (suivant l'axe de la pyramide) sont moins lisibles, les tubes y sont coupés longitudinalement, ou un peu obliquement ; car, contrairement à ce qu'on observe dans la substance corticale, ils ne sont pas repliés sur eux-mêmes, mais suivent une direction rectiligne et parallèle.

La figure 107, empruntée à une coupe passant par la pointe

d'une pyramide, montre l'épithélium qui tapisse la face rénale du calice. C'est un épithélium cubique, dont la zone cytoplasmique supérieure présente une différenciation analogue à celle du tube de Bellini mais plus marquée. Nous retrouverons ce dispositif dans toutes les voies urinaires <sup>1</sup>.

**Circulation du rein.** — La circulation du rein présente des caractères suffisamment particuliers pour que nous étudions ici une préparation de rein injecté (injection vasculaire),

Une telle préparation (figure A, planche V) montre de gros vaisseaux qui cheminent entre les pyramides, fournissant des capillaires aux pyramides et formant, entre la substance corticale et la médullaire un riche lacis. De ce lacis partent des troncs artériels qui montent dans la corticale, donnant des branches aux divers glomérules. Chaque branche se résout en capillaires qui constituent le peloton vasculaire du glomérule ; ils reforment une nouvelle artériole (artère efférente), et celle-ci se ramifie bientôt une deuxième fois, constituant un réseau capillaire qui entoure les tubes contournés. Ces capillaires constituent alors par leur réunion une veine située à la périphérie du rein. Il existe donc dans la substance corticale du rein une double ramification capillaire, un *système porte rénal* analogue au système porte hépatique, seulement c'est ici un *système porte artériel* et non veineux comme dans le foie. Sa fonction est d'assurer la transsudation du liquide sous forte pression.

**Fonctionnement de l'appareil excréteur.** — L'appareil excréteur de l'urine nous apparaît donc dans l'ensemble constitué de trois parties principales diversement disposées et compliquées. 1° Un organe destiné à fournir le liquide urinaire, à l'emprunter aux liquides de l'organisme ; c'est le pavillon de la néphridie chez les animaux où le liquide est pris dans la cavité générale. Il fait peu à peu place au glomérule chez les animaux dont le liquide urinaire est emprunté au sang circulant dans les vaisseaux.

2° Un organe de structure glandulaire représenté par des portions diverses du tube de la néphridie, par le tube contourné

1. Tous les tubes où on rencontre cette structure sont embryologiquement d'origine urétérale.

et la branche ascendante de Henle du tube urinaire de l'homme. La présence d'une bordure en brosse et d'une striation basale plus ou moins nette est un attribut presque constant de cette partie glandulaire du tube urinaire dans toute la série animale.

La structure des reins est extrêmement homogène et se retrouve dans tous les groupes zoologiques sans différences essentielles, au moins pour ce qui concerne la partie caractéristique, équivalente au tube contourné.

La figure 108 fera voir que très loin de nous, on retrouve la bordure en brosse et l'orientation régulière de la structure cytoplasmique. Elle rappellera aussi que le tube contourné est la partie essentielle de notre rein puisque c'est celle dont la structure se retrouve dans toutes sortes de reins.

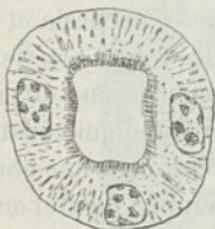


Fig. 108. — Tube de Malpighi, de Blatte, avec les bâtonnets basaux et la bordure en brosse.

3° Enfin, une portion qui semble avoir un rôle purement excréteur qui relie les autres portions entre elles et les relie aux voies excrétrices de gros calibre ou à l'extérieur.

La physiologie est d'ailleurs venue confirmer les prévisions que devait suggérer cette structure : il semble bien prouvé, par de nombreuses expériences, que la partie liquide de l'urine transsude au niveau du glomérule, tandis que la partie solide, véritablement excrémentielle, passe surtout au niveau des tubes contournés.

Le rein des rongeurs est constitué par un cône de substance médullaire (pyramide de Malpighi) coiffé à sa base par la substance corticale. c'est un rein unilobé. Le rein des grands animaux est constitué de plusieurs lobes semblables séparés par des cloisons conjonctives et dont l'extrémité : sommet des pyramides, plonge dans un bassin commun. Le rein de l'homme est ainsi lobé chez l'embryon; chez l'adulte, les lobes ne sont plus apparents extérieurement, mais la disposition essentielle n'en persiste pas moins.

Le rein n'existe pas chez les Reptiles et les Oiseaux en tant qu'organe anatomique distinct du corps de Wolf qui le précède embryologiquement.

Chez les Batraciens et les Poissons, il n'y a jamais qu'un corps de Wolf.

**Voies excrétrices de l'urine.** — Nous étudierons comme type une préparation de paroi de la vessie. Nous remarquons tout d'abord un épithélium à quatre ou cinq couches constitué de cellules toutes plus ou moins polyédriques, sauf la couche la plus superficielle formée de grandes cellules aplaties dites *cellules en raquette*. Leur cytoplasma a un aspect trouble dû à la présence de fines granulations. Cette constitution particulière est probablement en rapport avec leur fonction qui est de s'opposer à la résorption de l'urine.

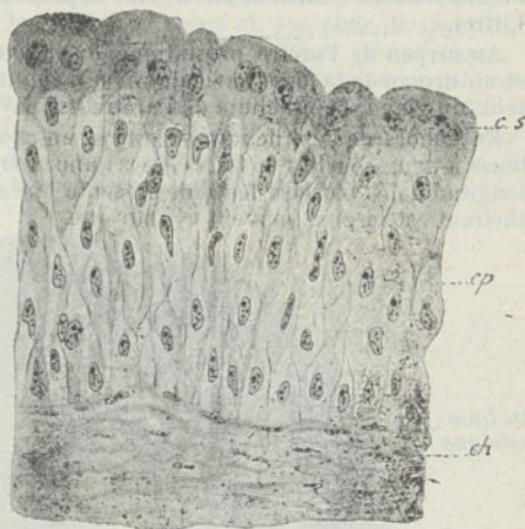


Fig. 109 — *Epithélium vésical ; enfant nouveau-né.* — c. s., grosses cellules superficielles; cp., cellules épithéliales cylindriques stratifiées; ch., chorion.  $\times 250$ . D'après Prenant (*loc. cit.*).

Au-dessous de l'épithélium, se trouve un conjonctif assez lâche, puis une série de couches musculaires obliques en tous sens, enfin une nouvelle couche conjonctive : l'adventice, tapissée d'un endothélium aux endroits de la vessie qui sont recouverts par le péritoine.

**Uretère.** — La structure de l'*uretère* est essentiellement semblable, les cellules superficielles sont moins différenciées et les assises de cellules moins nombreuses; les couches musculaires sont disposées plus régulièrement. On distingue une couche longitudinale interne et une couche circulaire externe.

Une structure analogue se retrouve aussi dans l'épithélium du *basinet*.

**Urètre.** — Sur une coupe d'urètre, nous rencontrons les mêmes assises cellulaires que dans les voies excrétrices supérieures : muqueuse et musculuse. L'épithélium seul présente des variations. Dans toute sa portion moyenne (urètre spongieux), il est composé de cellules cylindriques, très hautes, fusiformes, dont les noyaux sont situés à différentes hauteurs, ce qui lui donne l'aspect d'un épithélium prismatique stratifié (fig. 110).

Dans l'épaisseur même de l'épithélium, se trouvent de petits diverticules glandulaires, dont les cellules à protoplasma clair, muqueux, ne sont que des cellules épithéliales modifiées. Des glandes plus profondes tubulo-acineuses existent aussi dans l'épaisseur du chorion (glandes de Littre).

Au niveau de l'urètre prostatique, où il continue l'épithélium vésical et au niveau de la fosse naviculaire où il continue l'épithélium pavimenteux du gland, l'épithélium de l'urètre est pavimenteux stratifié.

En dehors de l'épithélium se trouve un chorion lâche et une musculuse à deux couches de fibres lisses : une interne circulaire, une externe longitudinale. L'urètre féminin présente une structure analogue ; l'épithélium est le plus souvent cylindrique.

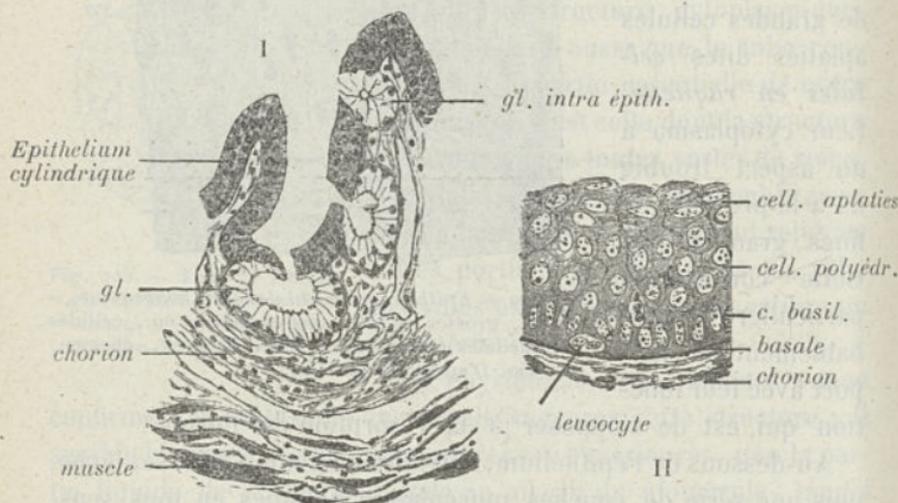


Fig. 110. — I. Urètre de jeune chat. Coupe transversale ; — II. Epithélium de l'urètre de chien (portion pavimenteuse).

**Organes érectiles.** — L'étude de la verge va nous fournir l'occasion d'étudier un type d'organes tout particulier : les organes érectiles.

**Corps caverneux.** — Les corps caverneux offrent le type le plus parfait des *organes dits érectiles*, c'est-à-dire capables de se gonfler et de devenir durs et rigides par l'afflux du sang dans leurs vaisseaux.

Tout organe érectile suppose des cavités sanguines ou aréoles argement développées et une charpente fibreuse ou fibro-musculaire susceptible de résister à la dilatation et l'expansion vasculaires.

**Histogénèse.** — Sur une coupe de corps caverneux de fœtus de veau (fig. 111) on assiste à la formation des aréoles sanguines. La charpente fibreuse est très développée. Il y a au centre de l'ébauche unique des corps caverneux, un noyau fibreux. De nombreuses ramifications en partent qui cloisonnent le corps caverneux en une série de logettes, et qui aboutissent enfin à une enveloppe conjonctive périphérique, la future albuginée. Dans ces logettes, se trouve un tissu conjonctif jeune, dense, composé de petites cellules très serrées. On y rencontre des capillaires dilatés par places en vastes aréoles (ar.). Au cours du développement, le nombre des aréoles augmente de plus en plus et elles viennent au contact des travées fibro-musculaires.

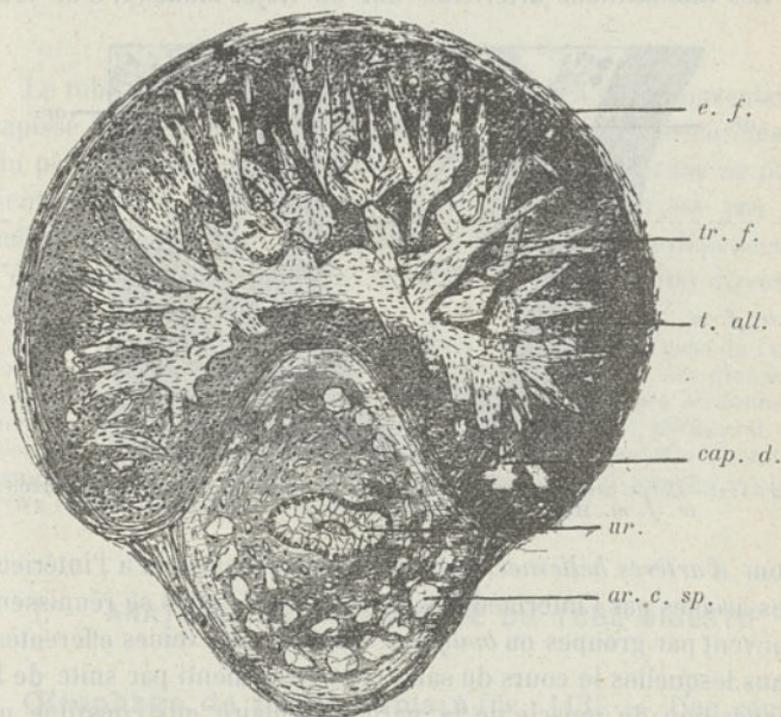


Fig. 111. — Coupe de verge d'un fœtus de veau de 0 m. 50. — En haut l'ébauche des corps caverneux, avec au-dessous l'urètre entouré du corps spongieux. *e. f.*, enveloppe fibreuse (future albuginée); *tr. f.*, travées fibreuses; *t. cell.*, tissu cellulaire embryonnaire; *cap. d.*, capillaires dilatés (futures aréoles); *ur.*, urètre; *ar. c. sp.*, aréoles du corps spongieux. — Fix. Bouin. Triple color. de Prenant.  $\times 80$ .

**Corps caverneux adulte** (fig. 112). — On y retrouve les caractéristiques que nous avons vues se développer chez l'embryon.

La gaine fibreuse périphérique est devenue une membrane épaisse, l'albuginée, composée de fibres conjonctives, élastiques et même musculaires.

Les *trabécules* cloisonnent l'organe de façon irrégulière et se continuent à la périphérie avec l'albuginée. Elles sont constituées de fibres conjonctives et de fibres musculaires, et de quelques fibres élastiques.

Les *aréoles* sont de larges cavités sanguines d'aspect irrégulier ou ampullaire, qui ont la valeur de capillaires très dilatés. Elles sont tapissées par un endothélium nitratable, renforcé par la présence de fibres musculaires.

Les ramifications artérielles ont un trajet sinueux, d'où leur



Fig. 112.— Corps caverneux d'un jeune veau (coupe transversale). — *ar.*, aréoles; *tr. f. m.*, travées fibro-musculaires; *art.*, artériole.  $\times 300$ .

nom d'*artères hélicines*. Les artérioles débouchent à l'intérieur des aréoles par l'intermédiaire de capillaires; elles se réunissent souvent par groupes ou *bouquets érectiles*. Des veines efférentes, dans lesquelles le cours du sang peut être ralenti par suite de la disposition du muscle de la paroi vasculaire qui constitue un véritable sphincter, recueillent le sang au sortir des aréoles.

**Corps spongieux.** — Le corps spongieux a la même structure fondamentale que le corps caverneux. Les trabécules sont plus minces et les aréoles en général beaucoup plus petites.

Les organes érectiles ne sont guère représentés chez les Mammifères que dans les organes génitaux externes. La crête des Gallinacés est de structure analogue.

OUVRAGE A CONSULTER : Policard, Le tube urinaire des Mammifères in *Revue d'histologie* de Renaut et Regaud.

## TREIZIÈME LEÇON

### APPAREIL DIGESTIF

Le tube digestif est constitué par un canal à paroi musculaire tapissé intérieurement d'un épithélium et revêtu extérieurement du péritoine au moins en partie. Si la paroi musculuse ne présente que des variations peu importantes, il n'en est pas de même de l'épithélium, qui est avec les glandes qui en dépendent, l'élément caractéristique des divers segments du tube digestif.

Le tube digestif se développe dans son ensemble aux dépens de l'entoderme qui donnera l'épithélium du tube digestif et de ses glandes. Autour du tube entodermique, le mésenchyme se groupera et donnera lieu au muscle et au tissu conjonctif. Le revêtement péritonéal est d'origine mésodermique comme ailleurs ; ce tube se raccorde secondai-  
rement avec une dépression d'origine ectodermique qui formera le pharynx et la bouche.

#### I. — ANATOMIE MICROSCOPIQUE DU TUBE DIGESTIF

**Œsophage de fœtus humain** (fig. 113). — Une coupe transversale de l'œsophage du fœtus humain <sup>1</sup> nous donnera une bonne idée de la disposition d'ensemble des diverses couches du tube intestinal : à un faible grossissement on y verra en allant du dedans en dehors : un épithélium formant quatre ou cinq gros replis au-dessous duquel se trouve du tissu conjonctif (chorion) renfermant une fine couche de fibres musculaires sectionnées pour la plupart transversalement (c'est-à-dire longitudinales par rapport à l'organe). Cette couche musculaire (*muscularis*

1. Coupe faite dans le tiers inférieur.

*mucosæ*) s'infléchit en suivant les replis de l'épithélium. Au-dessous d'elle le tissu conjonctif est très lâche.

Cette laxité du tissu conjonctif a donné lieu à la notion de muqueuse. La muqueuse est le complexe anatomique qu'on peut isoler par dissection grâce à ce tissu lâche. Nous étudierons le détail de la muqueuse œsophagienne à sa place.

Vient ensuite une paroi musculuse constituée de deux cou-

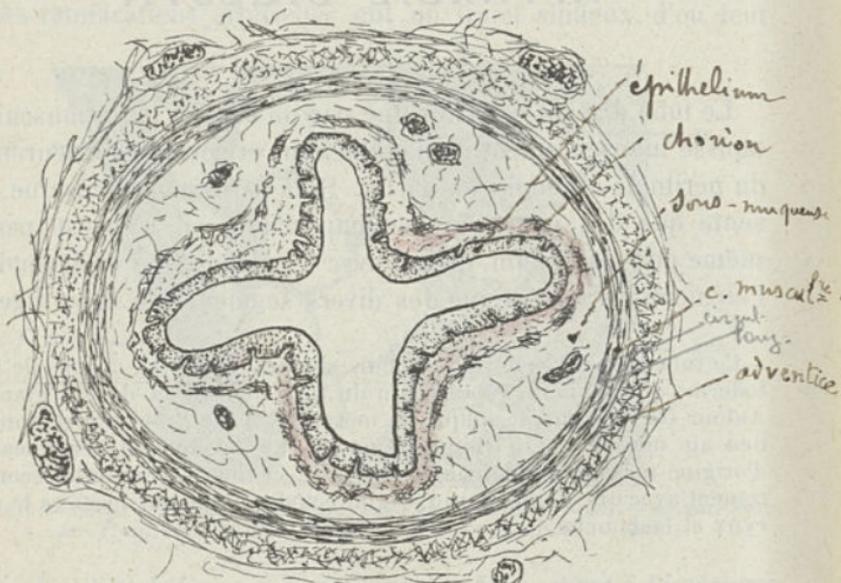


Fig. 113. — Œsophage de fœtus humain. Coupe transversale. Ensemble. De l'intérieur vers l'extérieur; on rencontre :

- 1° L'épithélium doublé d'un chorion et d'une musculaire muqueuse;
- 2° Une couche conjonctive lâche, sous-muqueuse;
- 3° Une couche musculaire, avec deux plans de fibres;
- 4° Une tunique conjonctive ou adventice.

ches : l'une interne est circulaire (fibres coupées longitudinalement sur une coupe transversale), l'autre externe est longitudinale.

Enfin, en dehors de ces deux couches, on rencontre une nouvelle zone conjonctive dite tunique adventice, renfermant les gros vaisseaux.

*Variation des couches externes.* — Dans les divers segments du tube digestif, les tuniques musculaires présentent quelques

variations. Dans le tiers supérieur de l'œsophage, le muscle est strié. Dans le reste du tube digestif, il est lisse.

Dans l'estomac, des couches obliques s'ajoutent aux deux couches principales. Dans le gros intestin, la tunique longitudinale n'est pas continue et forme trois bandelettes connues anatomiquement.

Dans les parties intrapéritonéales du tube digestif, la séreuse péritonéale recouvre l'adventice de son endothélium.

**Circulation.** — Les vaisseaux principaux circulent constamment dans l'adventice, la sous-muqueuse est peu vascularisée, la muqueuse est au contraire toujours richement vascularisée, surtout là où elle comprend des glandes.

## II. — TUBE DIGESTIF ANTÉRIEUR

Nous n'aurons plus maintenant qu'à étudier la muqueuse des divers segments du tube digestif.

**Bouche. Langue.** — L'épithélium buccal d'origine ectodermique est analogue à l'épithélium cutané (voir épithéliums), c'est-à-dire que c'est un épithélium stratifié avec papilles dermiques et épidermiques du type malpighien. Chez l'homme il n'y a pas d'évolution cornée; et à partir du stratum granulosum les couches externes manquent, les cellules desquament individuellement après s'être simplement aplaties.

Une disposition analogue se rencontre chez les Carnivores. Au contraire, chez les animaux qui ingèrent des corps durs (Rongeurs, Herbivores), l'épithélium buccal, ainsi que l'épithélium œsophagien, possède une couche cornée plus ou moins épaisse.

Le tissu conjonctif sous-jacent à l'épithélium renferme quelques glandes en grappe du type muqueux. Dans la bouche, il n'y a pas de musculaire muqueuse ni à proprement parler de muqueuse. Le derme est adhérent aux tissus sous-jacents, et dans la lèvre par exemple, les muscles viennent s'insérer sur lui.

**Langue.** — La langue est recouverte d'un épithélium du type buccal, mais au lieu que la surface externe soit unie, elle présente des papilles saillantes anatomiquement connues : *papil-*

les filiformes, fongiformes ; ce sont des expansions de la muqueuse comprenant l'épithélium général qui les recouvre extérieurement et un axe dermique richement vascularisé, constitué d'un tissu conjonctif assez dense. Ici, pas plus que dans le reste de la bou-

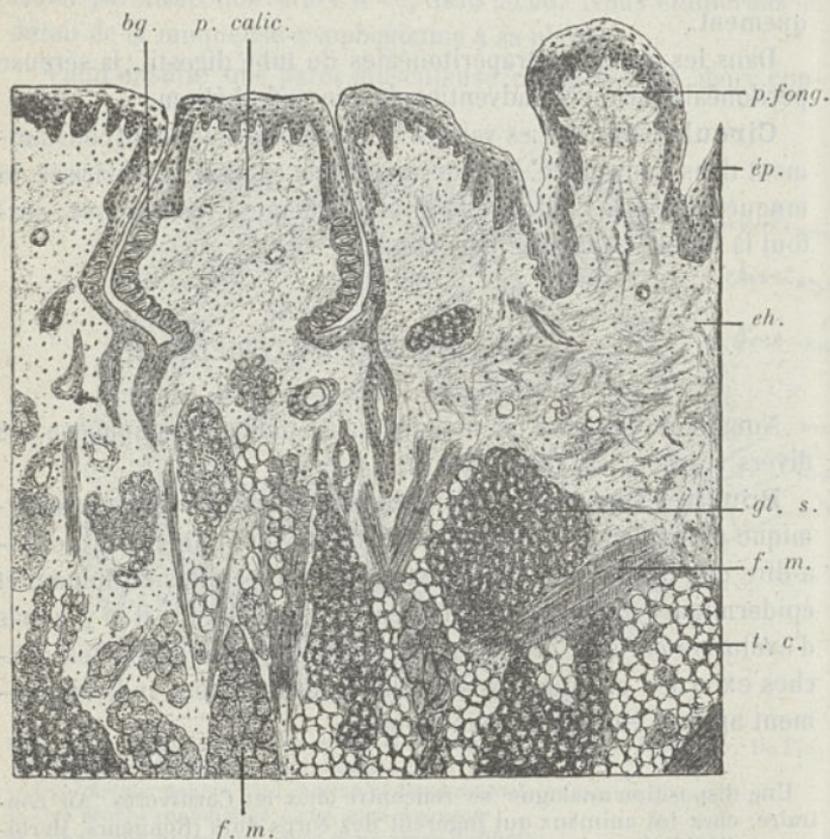


Fig. 114. — Langue de chien (coupe au niveau de la base). — ép., épithélium ; ch., chorion ; p. fong., papille fongiforme ; p. calic., papille caliciforme ; gl. s., glande séreuse ; f. m., fibres musculaires striées, coupes longitudinale et transversale ; t. c., tissu cellulo-adipeux ; b. g., bourgeons du goût. — Fix. formol picrique ; color. hémateïne-éosine.  $\times 90$ .

che, il n'y a de musculaire muqueuse et de sous-muqueuse lâche et les muscles de la langue viennent s'insérer sur le derme.

Chez les Herbivores et d'autres Mammifères, il existe des papilles cornées au niveau desquelles la couche cornée est extrêmement épaisse.

Dans la pointe de la langue et surtout à la base et en dessous, on rencontre quelques glandes salivaires du type muqueux.

A la base de la langue, constituant le V lingual, s'observent les *papilles* dites *caliciformes* constituées par une papille plus large qu'une papille fongiforme, enterrée en quelque sorte dans une fosse, de manière qu'elle ne dépasse pas le niveau général. Elle est entourée d'un fossé ou vallum sur le bord interne duquel se rencontrent les bourgeons du goût. Dans le fond de ce vallum débouchent des glandes séreuses spéciales : les glandes de von

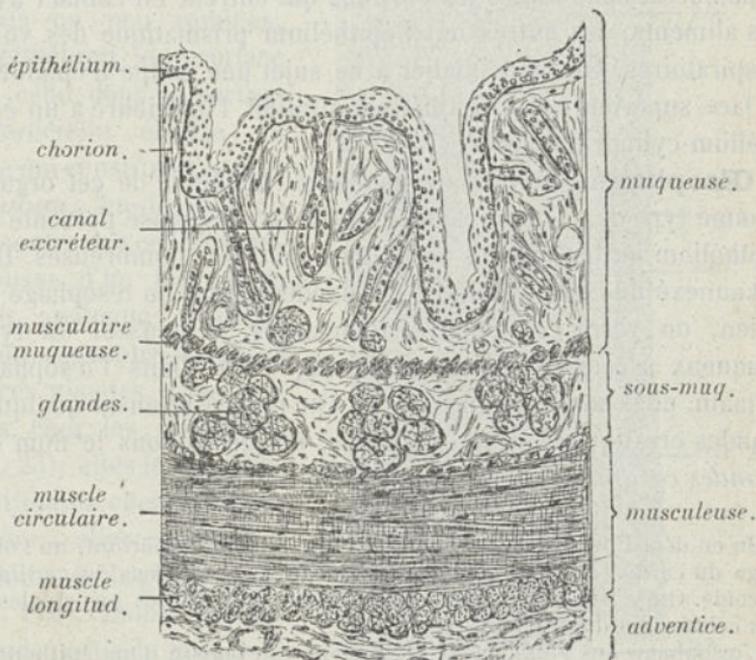


Fig. 115. — Œsophage de chien (1/3 supérieur).  $\times 80$ .

Ebner appelées plus exactement glandes du goût. Leurs acini sont situés profondément dans le muscle. Leur canal excréteur est particulièrement dilaté.

**Organe folié** (fig. 180). — Chez la plupart des Mammifères, il existe de chaque côté de la base de la langue un organe dit folié, constitué par des feuillets inclus dans un repli de l'épithélium comme le sont les papilles caliciformes. Le nombre des feuillets varie considérablement. L'organe folié est un organe gustatif et dans le fond des sillons débouchent des glandes séreuses. Chez l'homme, l'organe folié est atrophié et n'existe que chez le fœtus. A la base de la langue et seulement en arrière du V lingual, on rencontre des nodules lymphoïdes sous-épider-

miques comme on les retrouvera dans tout le reste du tube digestif. Ces nodules n'existent pas dans la portion antérieure de la cavité buccale.

Chez de nombreux animaux : (Reptiles, Batraciens) les deux portions de la langue, correspondant à ce qui chez nous est séparé par le V lingual, sont indépendantes. Elles sont toujours embryologiquement distinctes.

**Pharynx.** — Le pharynx est tapissé par un épithélium du type buccal dans toutes les portions qui entrent en contact avec les aliments, les autres ont l'épithélium prismatique des voies respiratoires. On peut étudier à ce sujet une coupe d'épiglotte, la face supérieure a un épithélium stratifié, l'inférieure a un épithélium cylindrique.

**Œsophage.** — Nous avons étudié l'anatomie de cet organe comme type de celle du canal digestif. La muqueuse présente un épithélium où les papilles dermiques sont peu nombreuses. Il y est annexé un certain nombre de glandes. Dans un œsophage de chien, on verra ces glandes abondantes, acineuses, du type muqueux à canal excréteur dilaté (fig. 115). Dans l'œsophage humain, elles sont bien plus rares. On rencontre aussi quelques glandes erratiques du type gastrique, désignées sous le nom de *glandes cardiales*.

On en décrit deux groupes, un inférieur, le plus important, au voisinage du cardia, et un supérieur, au niveau et au-dessous du cartilage cricoïde. On y trouve, comme dans le cardia, des cellules principales et des cellules bordantes.

L'œsophage des Poissons et Batraciens est tapissé d'un épithélium prismatique à cils vibratiles. Il a été pris comme type.

### III. — ESTOMAC

La muqueuse gastrique est caractérisée par l'abondance de ses glandes qui lui donnent un aspect tout particulier, et un épithélium prismatique muqueux que nous avons étudié déjà (Voir épithéliums).

Cependant la muqueuse œsophagienne ne s'arrête pas toujours au cardia anatomique, elle descend un peu plus bas (homme) ou occupe quelquefois le tiers supérieur de l'estomac ou plus (rat, cheval).

La muqueuse véritablement gastrique (tapissée partout du même épithélium) se divise elle-même en deux régions où les glandes sont nettement différentes : une partie supérieure ou *fundique* et une partie inférieure ou *pylorique*.

**Glandes du fond.** —

Les glandes fundiques sont des glandes en tubes droits ou peu ramifiés. L'épithélium de surface des cend dans la portion superficielle élargie du tube qui constitue l'*infundibulum*. Au-dessous on rencontre des cellules muqueuses d'un tout autre type, analogues à celles qu'on rencontre dans les autres glandes. Bien visibles chez les Batraciens (fig. 23), elles le sont souvent moins chez les Mammifères, elles constituent le collet de la glande (*col.* fig. 116). Enfin, la plus grande partie du tube glandulaire est tapissée de cellules granuleuses dont les contours sont difficilement visibles : ce sont les cellules glandulaires proprement dites ou *principales* qui sécrètent le suc gastrique.

Chez les Batraciens, elles existent seules. Chez les Mammifères, un autre élément s'ajoute aux précédents aussi bien au niveau du collet que du fond de la glande. Ce sont des cellules à contour bien net et occupant une situation latérale d'où les noms de *cellules bordantes* ou *délomorphes*.

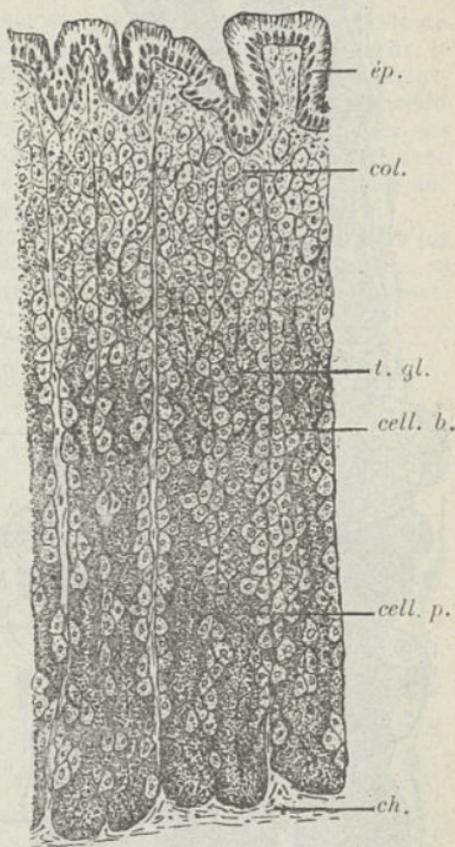


Fig. 116. — *Muqueuse stomacale* (chien) ensemble. — *ép.*, épithélium stomacal avec ses invaginations (cryptes) ; *col.*, collet ; *t. gl.*, tubes glandulaires, avec : *cell. p.*, cellules principales sombres et *cell. b.*, cellules bordantes claires ; *ch.*, chorion. — Fix. iodo-chlorure de mercure. Col. hémateïne. — R. Congo.  $\times 80$ .

*Cellules bordantes.* — Les cellules bordantes renferment de fins grains de sécrétion, ce sont évidemment des éléments glandulaires ; comment déversent-ils leur sécrétion dans le canal de la glande ? L'imprégnation par la méthode de Golgi répond à cette question en montrant que du canal glandulaire principal se détachent des rameaux intercellulaires passant entre les cellules principales qui vont se ramifier en canaux intracellulaires dans le cytoplasme même des cellules bordantes.

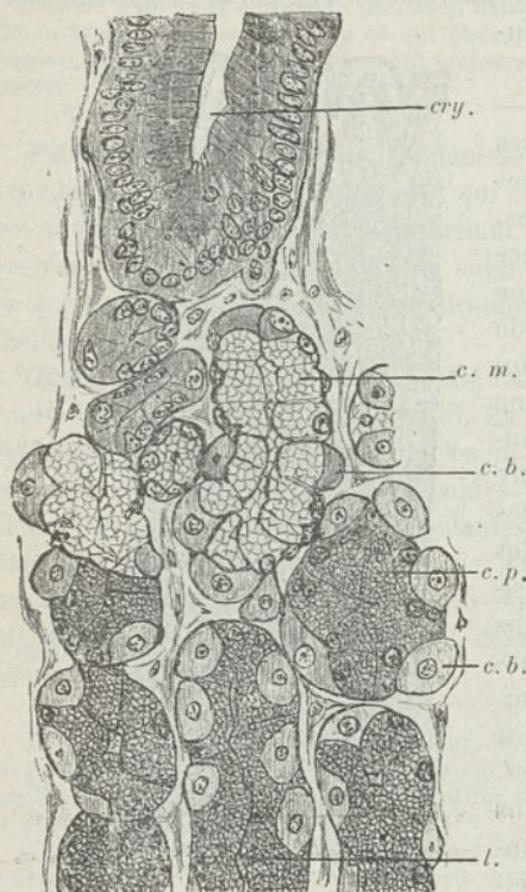


Fig. 117. — Coupe longitudinale d'une glande gastrique au niveau du collet, cardia (chien). — *cry.*, fond de la crypte ou infundibulum ; *c. m.*, cellules claires, d'aspect muqueux, caractéristiques du collet ; *c. p.*, cellules principales ; *c. b.*, cellules bordantes ; *l.*, lumière étroite du tube glandulaire. — Fix. Bouin. Color. hématoxyline au fer. — R. Congo.  $\times 700$ .

Les cellules principales et les ramifications fines intercellulaires du canal glandulaire sont revêtues d'une bordure en brosse difficile à conserver, et qui peut-être, n'existe que dans certaines conditions de fonctionnement.

*Les cellules principales* sont plus nom-

breuses que les cellules bordantes, elles ont une existence plus générale. Il semble bien qu'elles existent partout où il y a sécrétion de pepsine. On peut leur attribuer l'élaboration de ce ferment.

Les glandes gastriques sont tellement serrées les unes contre les autres qu'il faut une grande attention pour distinguer les cloisons con-

jonctives qui les séparent. Elles sont plus ou moins ramifiées selon les régions. Au-dessous d'elles le tissu conjonctif forme une lame relativement dense dite *chorion*. Le conjonctif situé entre les tubes glandulaires est richement vascularisé. Souvent il renferme des *nodules lymphoïdes*.

Le rôle des cellules bordantes est discuté ; on leur attribue le rôle de sécréter l'acide chlorhydrique gastrique et un rôle de sécrétion interne. Il est certain que l'élaboration de l'acide chlorhydrique est un phénomène plus général que l'existence des cellules bordantes. Il faudrait admettre que c'est un perfectionnement tardif par division du travail chez les Vertébrés supérieurs. Leur rôle de sécrétion interne s'accorde mal avec la disposition de leur appareil excréteur. Il est probable qu'elles ont une fonction particulière aux Mammifères.

**Glandes cardiaques.** — Ce sont des glandes intermédiaires entre les glandes œsophagiennes et les glandes gastriques situées au cardia, et formant entre les deux autres types une série de transitions continues.

**Glandes pyloriques** (fig. 118). — Dans la muqueuse pylorique, les infundibulums des glandes sont moins nombreux et plus profonds, c'est-à-dire que l'épithélium de surface pénètre bien plus bas dans le tube glandulaire.

Les tubes glandulaires au lieu d'être parallèles et droits sont tortillés et flexueux, plus ramifiés d'ailleurs qu'au cardia, si bien que sur les coupes, on a un aspect rappelant un peu celui d'une glande acineuse. Les tubes glandulaires ont une lumière large et sont tapissés d'une seule sorte de cellules cylindro-cubiques avec noyau rejeté à la base, et portion superficielle présentant les réactions du mucus. Le rôle des glandes pyloriques est mal connu, il est difficile à élucider parce que des plages de muqueuse à type fundique se trouvent çà et là dans le pylore.

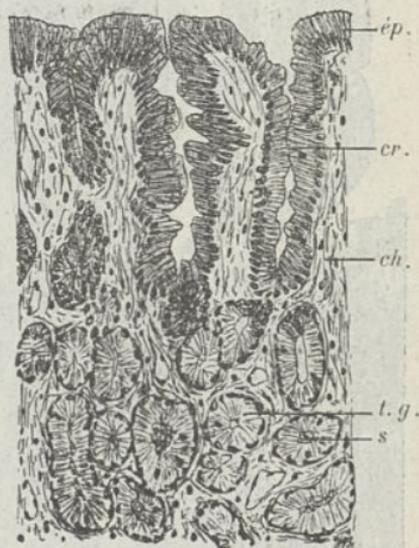


Fig. 118. — *Muqueuse pylorique* (chien). — *ép.*, épithélium ; *cr.*, crypte ; *ch.*, chorio ; *t. g.*, tubes glandulaires coupés dans (différents sens) ; *s.*, produit de sécrétion dans la lumière d'un tube. — Fix. liq. de Dominici. Col. hémateïne-éosine.  $\times 200$ .

## IV. — INTESTIN GRÊLE

Etude d'une villosité. — La muqueuse intestinale est

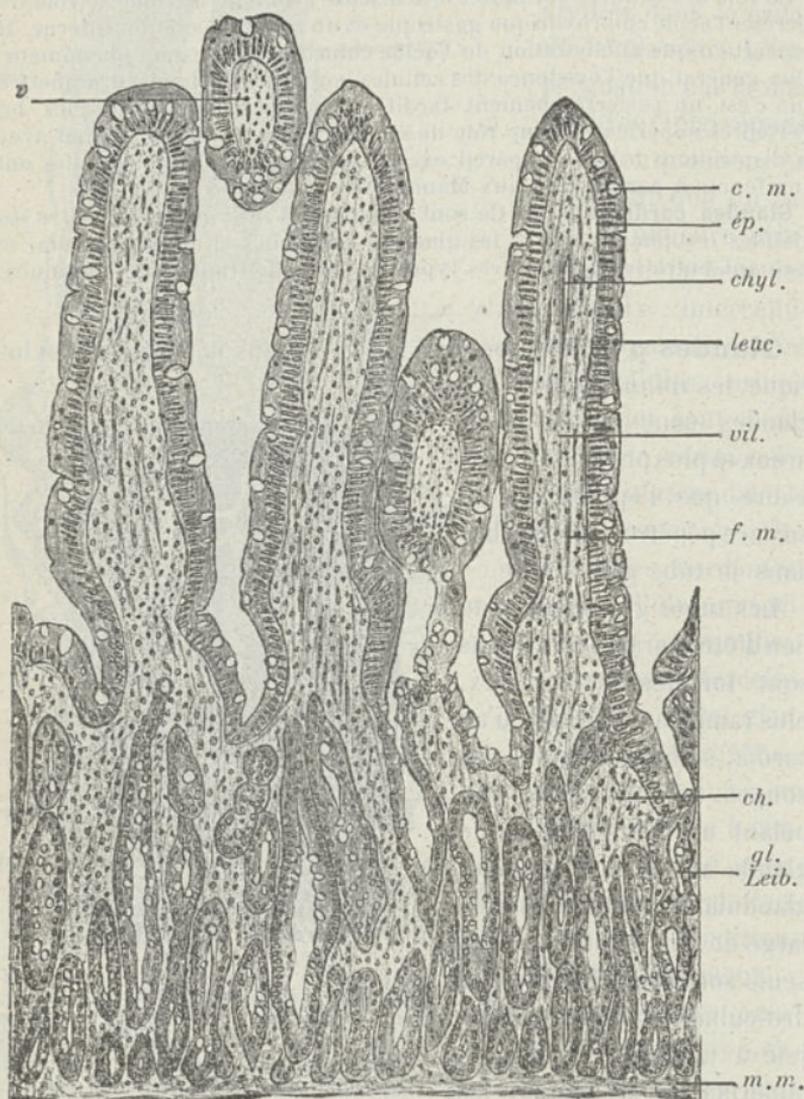


Fig. 119. — *Intestin grêle de chien* (coupe transversale de la muqueuse). — *vil.*, villosités, dont quelques-unes *v* coupées obliquement; *ép.*, épithélium avec *c. m.*, cellules muqueuses; *leuc.*, leucocytes; *ch.*, chylifère central de la villosité; *f. m.*, fibres musculaires lisses; *ch.*, chorion; *gl. Lieb.*, glandes de Lieberkühn; *m. m.*, muscularis mucosae. — Fix. bich. formol; color. hématoxyline ferrique eosine.  $\times 300$ .

caractérisée par des expansions nommées *villosités* qui lui donnent son aspect caractéristique. Ces villosités sont constituées par une expansion dermique richement vascularisée tapissée par un épithélium cylindrique d'un type tout particulier dont nous avons étudié déjà les caractéristiques principales (Voir épithéliums). C'est l'*épithélium à plateau strié*.

Il est caractérisé par la présence d'un plateau strié et par un chondriome abondant aux deux pôles de la cellule. Les cellules à mucus semées parmi les cellules épithéliales sont d'un type différent des cellules de l'épithélium gastrique.

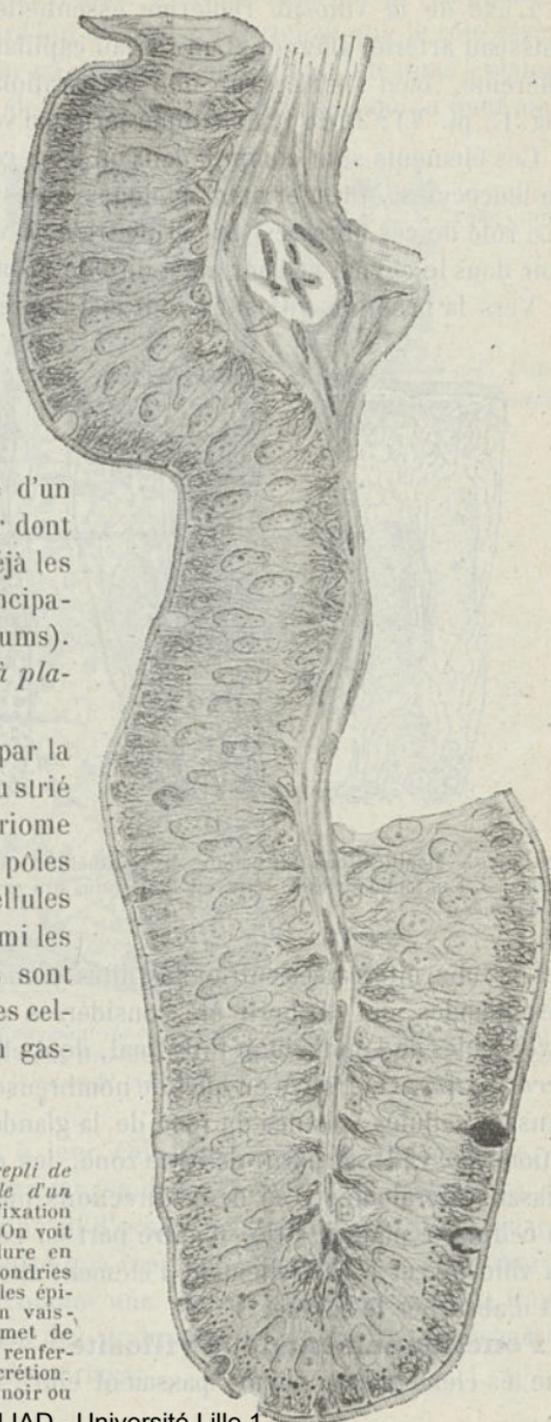


Fig. 120. — Coupe d'un repli de la muqueuse intestinale d'un BATRACIEN à jeun. — Fixation et coloration de Benda. On voit très nettement la bordure en brosse avec les mitochondries filamenteuses des cellules épithéliales; au centre, un vaisseau sanguin. Au sommet de la villosité, les cellules renferment des grains de sécrétion. Le mucus est coloré en noir ou reste clair (9112)

L'axe de la villosité renferme essentiellement : 1° un petit vaisseau artériel afférent et un réseau capillaire avec une veinule efférente, bien visibles sur une préparation d'intestin injectée (fig. C, pl. V) ; 2° un lymphatique terminal volumineux.

Ces éléments sont compris dans un tissu conjonctif lâche riche en leucocytes et renfermant quelques fibres musculaires lisses (Le rôle de ces fibres est de permettre à la villosité de se mouvoir dans le chyme et pour ainsi dire de le brasser).

Vers la base, les villosités sont mal limitées des petites glan-

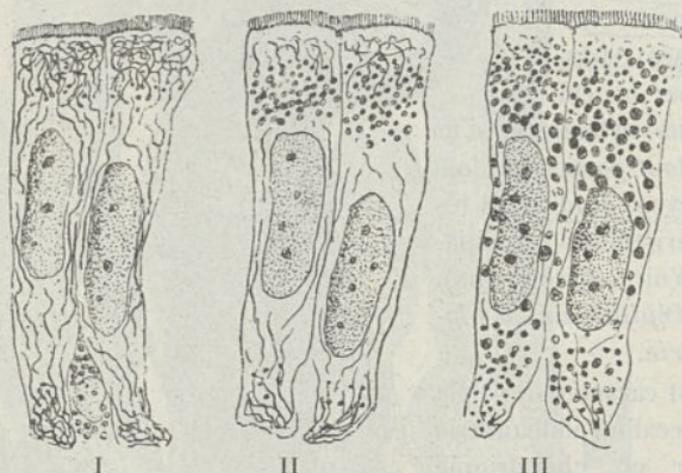


Fig. 121. — Modifications des cellules de l'épithélium intestinal pendant l'absorption : Les mitochondries se résolvent en grains qui grossissent et se couvrent de graisse.

des en tube intercalées entre elles dites *glandes de Lieberkühn*. Ces glandes ont d'abord été considérées comme de simples diverticules de l'épithélium intestinal, dont elles seraient la *zone germinative*. On trouve en effet de nombreuses figures de mitoses dans les cellules voisines du fond de la glande (zone de régénération, fig. 122). A partir de cette zone, les cellules évoluent en glissant latéralement, en deux directions opposées, d'une part en cellules à plateau strié, d'autre part en cellules glandulaires. La villosité est essentiellement l'élément absorbant, sa fonction est d'absorber le chyme.

**Fonctionnement de la villosité.** — Autrefois on croyait que les éléments du chyme passaient entre les cellules épithé-

liales pour aller tomber dans les vaisseaux ou le lymphatique axial. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien et que le rôle essentiel dans l'absorption est dévolu à l'épithélium intestinal à plateau strié. En effet, lors de l'absorption des graisses, qu'on peut aisé-

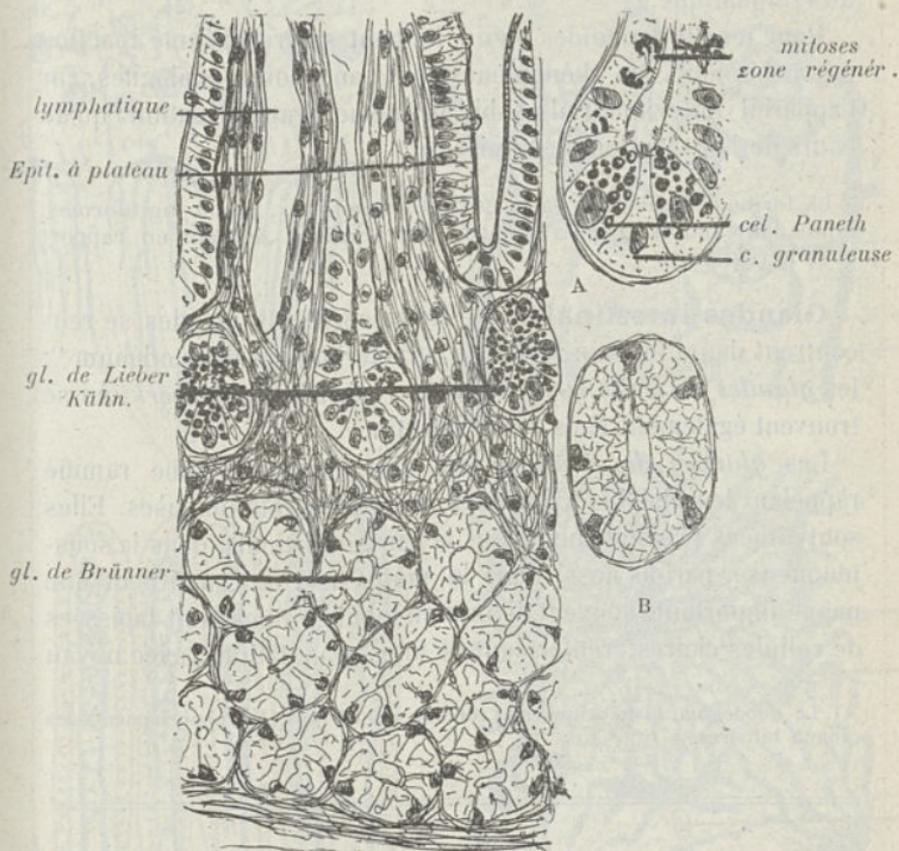


Fig. 122. — A gauche : Fragment de coupe du duodénum de l'homme montrant les glandes de Lieberkühn et de Brünner. — A droite. A. Coupe grossie de glande de Lieberkühn ; — B. Acinus de la glande de Brünner.

ment suivre grâce à leur colorabilité par l'acide osmique, on voit les boules de graisse se déposer dans le protoplasma des cellules épithéliales avant d'occuper une situation intercellulaire. L'un de nous a montré que ces boules de graisse sont élaborées par le cytoplasma, comme une enclave, par un véritable travail sécrétoire, au niveau des grains provenant de la transformation des filaments mitochondriaux.

L'appareil mitochondrial de la cellule intestinale subit une transformation considérable au cours de l'apparition des enclaves grassieuses, puis ces enclaves sont rejetées entre les cellules épithéliales, et de là, captées par les leucocytes qui les portent au lymphatique.

Pour les albuminoïdes qu'on ne peut suivre par une réaction microchimique, les phénomènes sont sans doute analogues, car l'appareil mitochondrial subit la même transformation qu'au cours de l'absorption des graisses.

La forme des villosités varie suivant les animaux, tantôt digitiformes, tantôt lamelleuses. D'après Bujard, ces variations seraient en rapport avec le régime.

**Glandes intestinales.** — Deux sortes de glandes se rencontrent dans l'intestin : les unes caractéristiques du duodénum<sup>1</sup> : les *glandes de Brünner*, les autres : *glandes de Lieberkühn* se trouvent également dans tout l'intestin.

Les *glandes de Brünner* sont des glandes en tube ramifié rappelant les glandes pyloriques, mais plus volumineuses. Elles sont situées profondément dans la paroi intestinale, dans la sous-muqueuse, parfois aussi dans la muqueuse, et constituent une nappe importante souvent divisée en lobules. Elles sont tapissées de cellules claires, renfermant de fines granulations, avec noyau

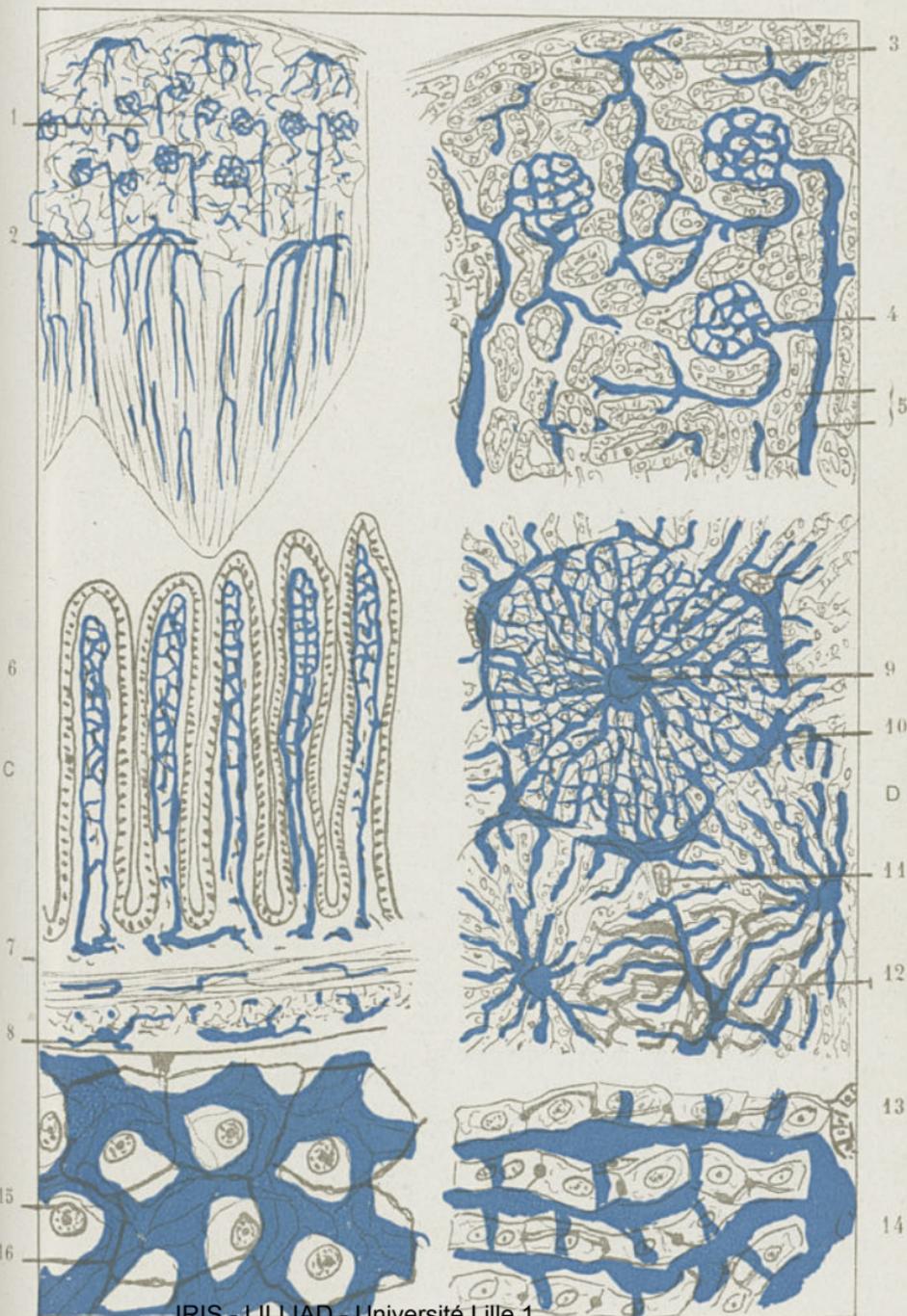
1. Le duodénum, histologiquement défini, s'étend jusqu'à l'abouchement des canaux biliaires.

## PLANCHE V.

- A. Rein de chat injecté au bleu de Prusse. 1. glomérule; 2. voûte artérielle.  
 B. Détail de la même préparation à un plus fort grossissement. 3. Etoile de Hering; 4. glomérule; 5. tube contourné.  
 C. Intestin de lapin injecté au bleu de Prusse. 6. villosités; 7. réseau sous-muqueux; 8. réseau sous-séreux.  
 D. Foie de lapin injecté au bleu de Prusse (Les canaux biliaires ont été figurés schématiquement en noir). 9. veine sus-hépatique; 10. veine porte; 11. canal biliaire interlobulaire; 12. canalicules biliaires intralobulaires.  
 E. Détail de la même préparation au voisinage d'un gros vaisseau porte. 13. canal biliaire; 14. rameau porte.  
 F. Poumon de grenouille injecté et nitraté. 15. noyau de l'endothélium; 16. endothélium respiratoire.

A

B



F

E



rejeté à la base. Ces tubes après s'être réunis les uns aux autres viennent déboucher dans le fond des espaces intervillositaires.

Les *glandes de Lieberkühn* sont de petits tubes courts constituant seulement le fond des espaces intervillositaires, ils sont tapissés de cellules cylindriques, ressemblant à celles de l'épithélium général, mais revêtues d'une brosse plutôt que d'un plateau strié. Ces cellules ont une différenciation glandulaire peu marquée. Parmi elles on distingue chez l'homme quelques éléments finement mais nettement granuleux. Chez quelques Mammifères, les cellules du fond des glandes sont nettement bourrées de grosses granulations sécrétoires (*cellules de Paneth*) (fig. 122).

Il est probable que les deux sortes de glandes participent à l'élaboration du suc entérique, on ne sait d'ailleurs exactement dans quelle mesure.

**Formations lymphoïdes de l'intestin.** — Les nodules lymphoïdes ou follicules clos situés tantôt sous la muqueuse, tantôt dans son épaisseur même (la villosité est alors dilatée) (V. fig. 95), deviennent de plus en plus nombreux à mesure qu'on approche de la valvule iléo-cæcale et dans l'iléon forment de vastes amas ou *plaques de Peyer* au niveau desquels les villosités sont atrophiées et l'épithélium infiltré de nombreux lymphocytes.

Partout, dans l'intestin, on rencontre fréquemment des leucocytes migrants entre les cellules épithéliales (*phénomène de Stæhr*). Il semble que ces leucocytes ont des fonctions multiples ; entre autres, ils servent certainement au transport des graisses et à l'excrétion de certains éléments minéraux qu'on sait être excrétés par l'intestin, notamment le fer.

## V. — GROS INTESTIN

Le **côlon** diffère de l'intestin grêle par l'absence de villosités. L'épithélium de revêtement encore prismatique n'a plus les caractères de l'épithélium absorbant, il renferme de très nombreuses cellules caliciformes.

Les glandes sont des glandes en tube droit tapissées surtout de cellules à mucus. On leur conserve le nom de glandes de Lie-

berkühn, bien qu'elles ne ressemblent guère aux glandes de l'intestin grêle (en particulier elles ne renferment pas de cellules de Paneth).

L'appendice iléo-cæcal est une véritable amygdale intestinale, il est entouré de nodules lymphoïdes serrés les uns contre

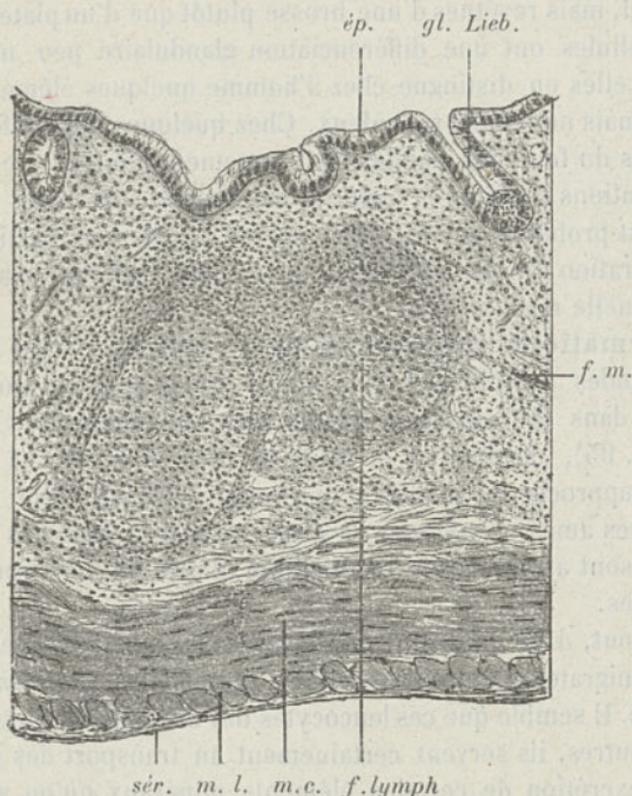


Fig. 123. — *Appendice* (Homme) [coupe transversale]. — *ép.*, épithélium; *gl.*, glandes de Lieberkühn; *f. m.*, fibres musculaires de la *muscularis mucosae*, refoulées par le développement des formations lymphoïdes; *f. lymph*, follicules lymphatiques; *m. c.*, muscle circulaire; *m. l.*, muscle longitudinal; *sér.*, couche séreuse. — Fix. formol. Color. hématoxyl. Van Gieson.  $\times 300$ .

les autres; les glandes et l'épithélium sont atrophiés et infiltrés de leucocytes (fig. 123).

**Rectum** (fig. 124). — Une coupe de rectum peut servir de type pour l'étude du gros intestin. Les particularités, signalées au niveau du côlon s'y retrouvent, fort nettes. On y constate en outre un développement considérable des glandes de Lieberkühn. Elles sont rectilignes et tapissées exclusivement par des cellules

muqueuses. Les follicules clos sont abondants et volumineux, s'étendant jusque dans la sous-muqueuse.

**Anus.** — Au niveau de l'anus, l'épithélium prismatique du rectum ne passe pas sans transition à l'épithélium cutané : une courte zone est tapissée d'un épithélium mince, du type pavimenteux stratifié, mais sans couche cornée, c'est l'épithélium hémorroïdaire.

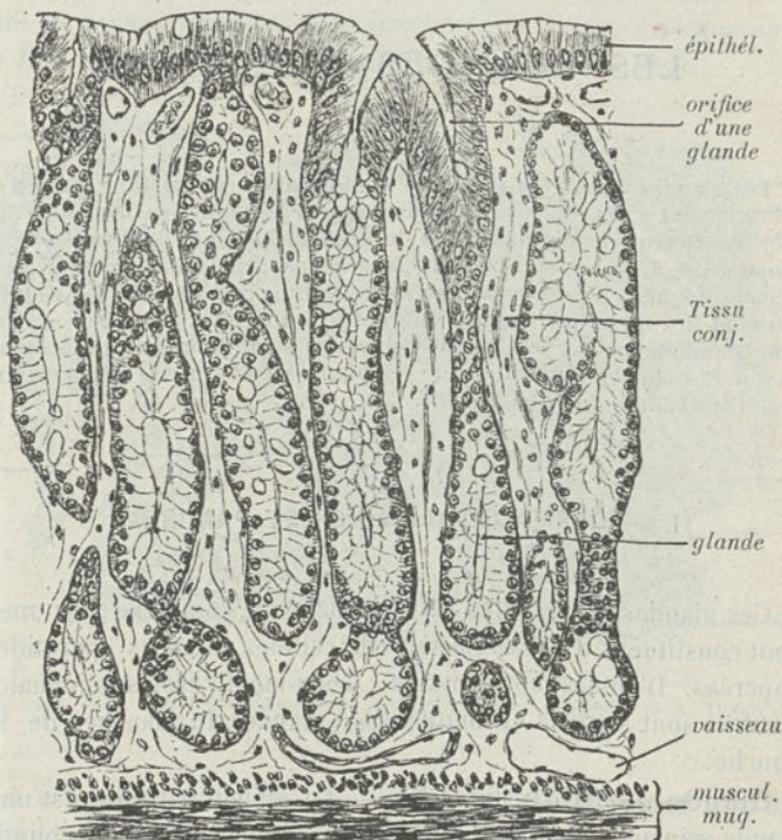


Fig. 124. — Muqueuse rectale de Cobaye.

**Technique.** — Pour fixer un fragment du tube digestif, il faut faire agir le fixateur sur la muqueuse. On ne peut fixer *in toto* que les intestins des petits animaux, ou bien il faut injecter le liquide dans la cavité intestinale.

Fixer les fragments que l'on découpera sur un liège, sans quoi les contractions agoniques du muscle lisse tordraient la pièce et changeraient les rapports. A part ces précautions, employer les méthodes ordinaires.

## QUATORZIÈME LEÇON

### LES GLANDES DIGESTIVES

Les glandes digestives annexées anatomiquement au tube digestif se développent à ses dépens. Le pancréas, par exemple, se développe aux dépens de trois bourgeons issus de l'entoderme dans la future région duodénale. L'un avorte, les deux bourgeons principaux se bifurquent dichotomiquement, donnant une sorte de tube ramifié, puis les cellules du fond des tubes deviennent différentes des autres: ainsi se constitue une glande acineuse. Les glandes salivaires se développent de la même façon. Les éléments essentiels de ces glandes sont donc de même origine que l'épithélium du tube digestif.

#### I. — GLANDES SALIVAIRES ET PANCRÉAS

Ces glandes sont toutes du type acineux complexe; les unes sont constituées d'une seule sorte de cellules séreuses: parotide, pancréas. D'autres sont mixtes: sous-maxillaire, sublinguale, d'autres sont simples et muqueuses: glandes du plancher de la bouche.

**Glande parotide** (fig. 125). — La glande parotide est une glande acineuse séreuse. Sur une préparation, on voit les coupes d'acini serrés les uns contre les autres, séparés çà et là, chez l'homme, par des lobules de tissu adipeux (cette disposition n'est pas constante ailleurs). Des travées conjonctives, issues de la capsule d'enveloppe de l'organe, le cloisonnent en un certain nombre de lobules visibles à l'œil nu. C'est dans ces travées que cheminent les canaux excréteurs principaux, caractérisés par un épithélium pavimenteux à deux couches. Ces canaux sont flanqués des vaisseaux qui irriguent la glande: artère et veine. C'est

une règle générale, dans les glandes acineuses, que ces vaisseaux accompagnent les canaux excréteurs.

Les canaux excréteurs de moyen calibre ont un épithélium cubique, légèrement strié verticalement. Les coupes de ces canaux sont relativement peu abondantes, ce qui indique que ce segment est court dans la parotide. Parmi les acini, on distingue des coupes de canaux plus petits à épithélium simple et bas : ce sont les canaux qui font suite directement à l'acinus ou *passage de Boll*. Par leur réunion ils constituent les canaux striés.

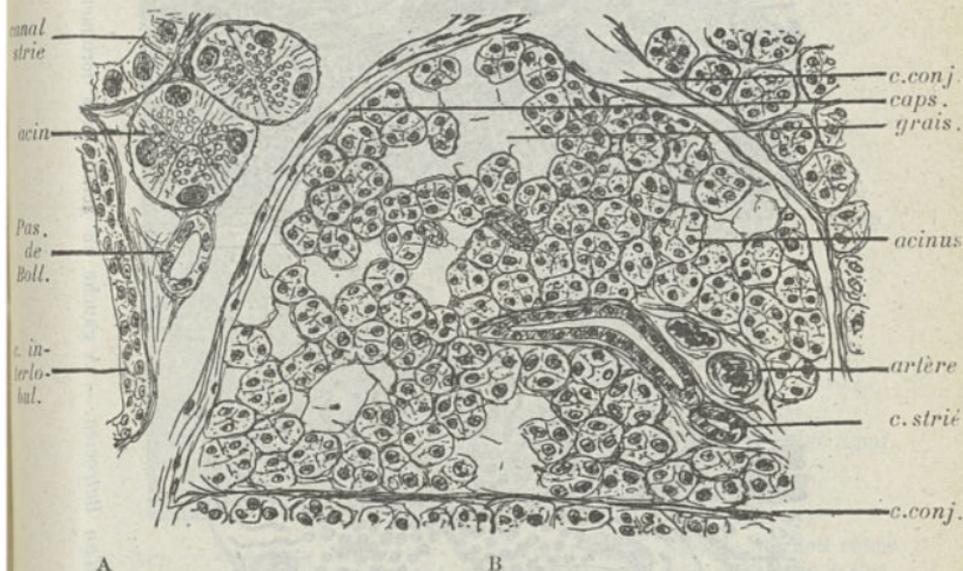


Fig. 125. — B. Ensemble d'un tubule de la parotide de l'homme. — A. Détail de quelques acini.

L'acinus est constitué par des cellules renfermant vers la lumière de nombreux grains de sécrétion, et à la base, des mitochondries filamenteuses (tout à fait comme dans le pancréas étudié à l'article cellule glandulaire). On peut aussi trouver dans la parotide des cellules centro-acineuses (voir pancréas). L'acinus est entouré par une membrane basale, et par une cellule aplatie contre lui dont on voit difficilement le noyau sur les coupes, et qui, sur une préparation par dissociation, ressemble à un panier fenêtré : c'est la *cellule en panier de Boll*. Son rôle est mal connu.

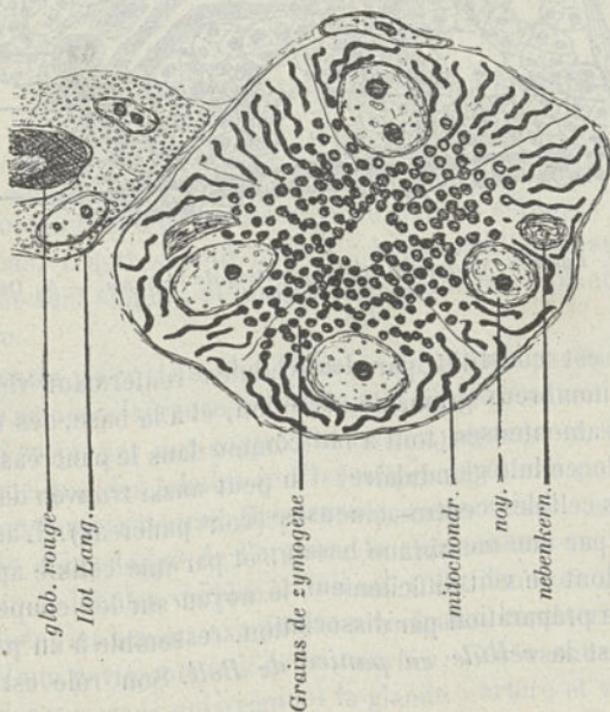
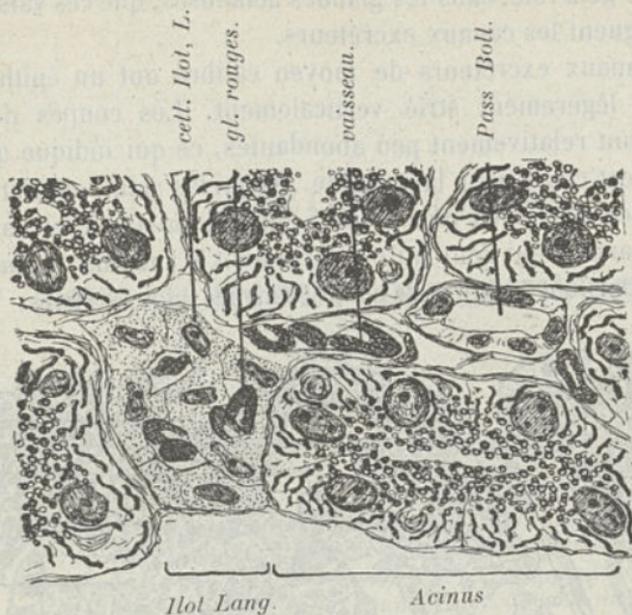


Fig 126 --- Pancréas d'un Batracien. — A gauche un acinus plus fortement grossi.

**Pancréas.** — Le pancréas ne diffère que très peu de la parotide en ce qui concerne la structure de la glande. Nous l'avons étudié comme type de cellules glandulaires. On trouve au centre des acini pancréatiques, des éléments de petite taille assez abondants, dits *cellules centro-acineuses*. On ne sait exactement ce

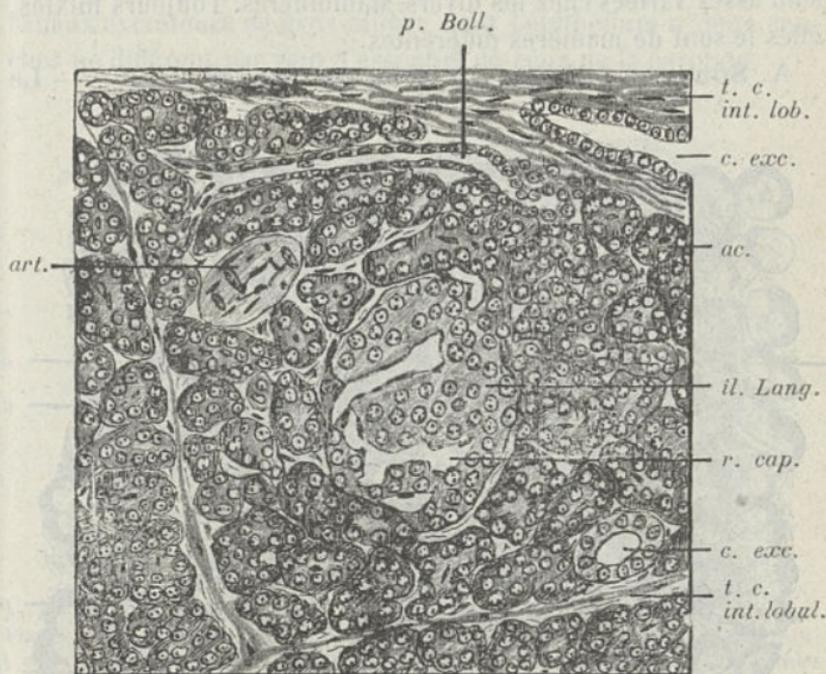


Fig. 127. — Pancréas (Homme). — *ac*, acini; *p. Boll.*, passage de Boll coupé longitudinalement et se continuant directement par un canal excréteur; *c. exc.*, canaux excréteurs; *t. c. int.lob.*, tissu conjonctif interlobaire; *t. c. int.lobul.*, tissu conjonctif interlobulaire; *r. cap.*, réseau capillaire de l'îlot; *art.*, artériole. — Fix. Bouin. Color. hématoxyline-éosine.  $\times 250$ .

que représentent ces éléments, il semble qu'ils continuent à l'intérieur de l'acinus le passage de Boll<sup>1</sup>.

**Îlots de Langerhans.** — Parmi les acini du pancréas on trouve de larges îlots de cellules non rangées en acini, mais disposées en travées. Ces éléments sont finement granuleux et plus petits que les cellules des acini. Ils constituent ce qu'on nomme les *îlots de Langerhans*. Nous les étudierons avec les glandes à

1. Dans les glandes salivaires, les cellules centro-acineuses peuvent s'intercaler entre les cellules de l'acinus et arriver jusqu'à la périphérie de l'acinus.

sécrétion interne. Bien que les éléments des ilots aient sans doute une toute autre fonction que les cellules des acini, ils ont d'après Laguesse, la même origine embryologique <sup>1</sup>. Leur présence suffit à distinguer le pancréas des autres glandes.

**Glande sous-maxillaire.** — Les glandes sous-maxillaires sont assez variées chez les divers Mammifères. Toujours mixtes, elles le sont de manières différentes.

A. **Sous-maxillaire du mouton** (fig. 128 et 129). — Le

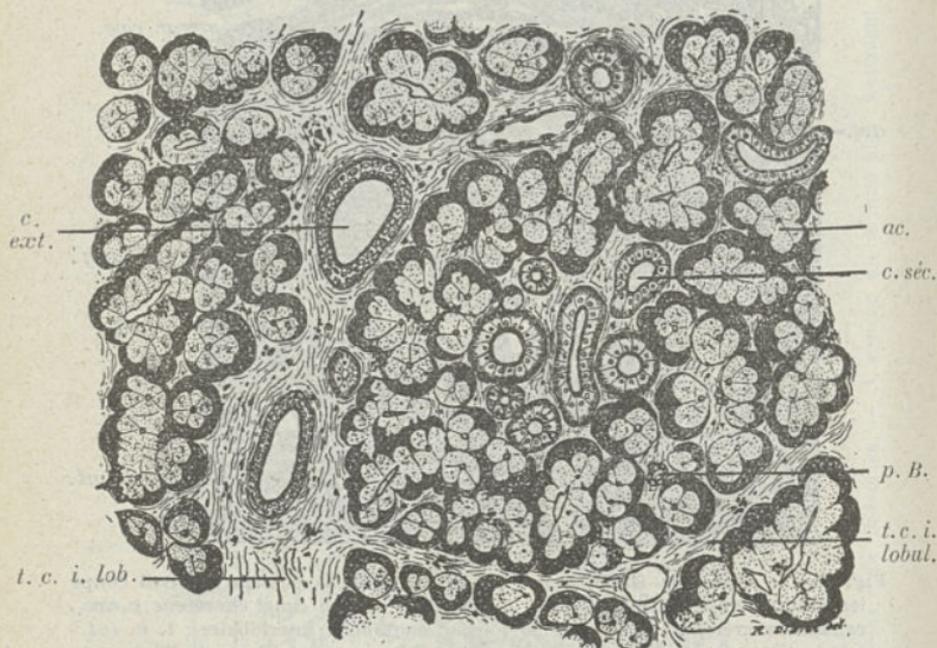


Fig. 128. — *Glande salivaire mixte* (sous-maxillaire de mouton). — *ac.*, acinus sécréteur (la partie claire centrale est muqueuse; la partie foncée périphérique est séreuse et disposée sous forme de croissants : croissants de Giannuzzi); *p. B.*, passage de Boll; *c. séc.*, canal sécréteur; *c. ext.*, canal excréteur; *t. c. i. lobul.*, tissu conjonctif interlobulaire; *t. c. i. lob.*, tissu conjonctif interlobulaire. Fix. formol bichromate. Triple color. de Prenant.  $\times 150$ .

type classique est offert par la glande sous-maxillaire du mouton (nous avons déjà étudié l'acinus : voir page 57) qui est un acinus muqueux flanqué d'un croissant de cellules séreuses : croissant de Giannuzzi. Sur une préparation d'ensemble de cette glande,

1. Claude montre cependant qu'ils sont d'origine mésenchymateuse.

ce qui frappe aussi, c'est l'abondance considérable des coupes de canaux sécréteurs à épithélium cubique du type strié : c'est que ce segment est beaucoup plus long dans la sous-maxillaire que dans la parotide. Il occupe la plus grande portion du tube excréteur. Les passages de Boll sont au contraire relativement courts et par conséquent difficiles à trouver sur les préparations. Les canaux excréteurs de gros calibre dont l'épithélium a deux couches ne diffèrent par rien d'essentiel de ceux de la parotide.

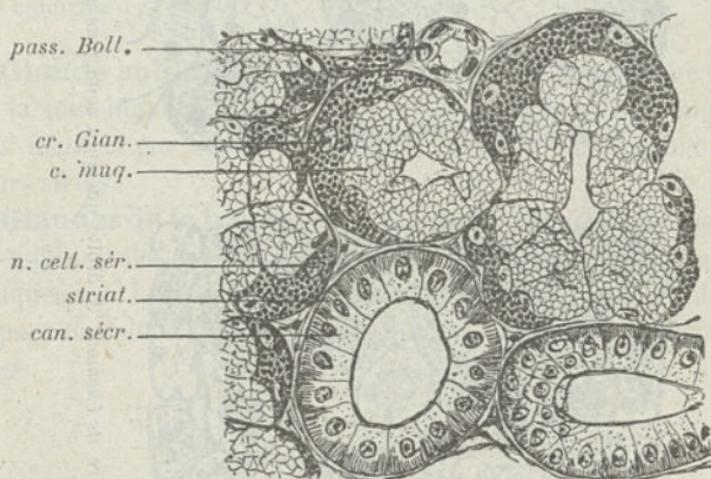


Fig. 129. — Glande sous-maxillaire de mouton — *c. muq.*, cellules muqueuses; *cr. Gian.*, croissant de Gianuzzi (cellules séreuses), les deux sortes de cellules formant un acinus mixte; *n. cell. sér.*, noyau d'une cellule séreuse; *pass. Boll.*, pièce intercalaire (passage de Boll); *can. séc.*, canal sécréteur avec sa striation (*striat.*). — Fix. Bichromate formol. Col. hématoxyline au fer-éosine.  $\times 800$ .

**B. La sous-maxillaire de l'homme** diffère notablement de ce type : les acini sont plus allongés, forment de véritables tubes, parfois ramifiés (glande acino-tubuleuse). Certains tubes sont entièrement séreux, comme ceux de la parotide. D'autres sont mixtes, constitués par un tube muqueux auquel est annexé une portion séreuse plus ou moins considérable variant d'un croissant de Gianuzzi à un acinus séreux plus ou moins complet, appendu à l'acinus muqueux. Les canaux excréteurs ont les mêmes caractéristiques que chez le mouton. L'élément séreux est proportionnellement bien plus important (fig. 130 et 131).



Fig. 130 et 131. — Sous-muillaire de l'homme. A droite quelques acini plus grossis.

Chez le cobaye, la sous-maxillaire est constituée de deux lobes, l'un entièrement séreux, l'autre entièrement muqueux. Chez le rat, les acini séreux et muqueux sont entremêlés. Dans tous les cas, le résultat est de fournir une salive mixte où l'élément fluide fourni par les acini est mêlé de mucus.

**Canaux striés.** — L'importance considérable des canaux excréteurs striés, leur aspect strié sur toute la hauteur de la cellule (dû à la disposition particulière des mitochondries analogue à celle qu'on observe dans les cellules glandulaires) a fait penser qu'ils n'avaient pas seulement un rôle de conduction, mais qu'ils sécrétaient aussi quelque chose qui s'ajoutait à la salive à son passage. On a pu mettre en évidence des grains de sécrétion calcaires dans la partie apicale de ces éléments, ce qui confirme cette idée.

**Glande sublinguale.** — La sublinguale de l'homme diffère de la sous-maxillaire par la prédominance de la partie muqueuse des acini et par un développement moindre des canaux sécrétteurs striés.

**Glandes de la bouche.** — Les glandes palatines de l'homme, la sublinguale des Rongeurs sont des glandes tout entières muqueuses. Les acini ont une large lumière, les cellules un aspect clair dû à l'abondance du mucus. Le noyau est rejeté à la base.

## II. — LE FOIE

Le foie des Mammifères a subi des complications telles qu'il ne ressemble plus en rien aux autres glandes digestives et qu'il ne semble s'y rattacher par rien.

Le foie des Vertébrés inférieurs est beaucoup plus simple. Chez la lamproie, le foie est une glande acineuse, ne différant au pancréas par rien d'essentiel. Chez les Poissons et les Batraciens, le foie garde encore une disposition acineuse ou acino-tubuleuse assez nette.

**Foie d'un Amphibien.** — Cet exemple sera utile à étudier d'abord pour saisir la transition entre une glande acineuse et une glande en travées. Il sera également favorable pour l'étude cytologique de la cellule hépatique à cause de la grande taille des éléments.

Malheureusement, dans le foie des Batraciens, notamment des Urodèles, il s'ajoute aux éléments hépatiques un véritable organe myéloïde diffus : il y a à la surface du foie une couche lympho-myéloïde constituée par des éléments de la série blanche du sang. Cette couche envoie des travées à l'intérieur du tissu hépatique. Aux éléments leucocytaires sont mêlés des éléments pigmentaires de même origine. Il faut faire abstraction de la couche et des travées myéloïdes pour étudier la glande hépatique.

Cette superposition d'un organe myéloïde n'a d'ailleurs rien de particulier au foie. Chez les mêmes animaux, cela peut se produire dans divers organes : rein, intestin.

Sur la coupe, on voit de grandes cellules glandulaires disposées assez nettement en rosette autour d'une lumière très petite qui est celle du canal excréteur (la réunion de ces canaux formera les voies biliaires). Souvent, ce canal est limité par la pointe de trois ou quatre cellules, souvent aussi, il chemine entre deux cellules seulement.

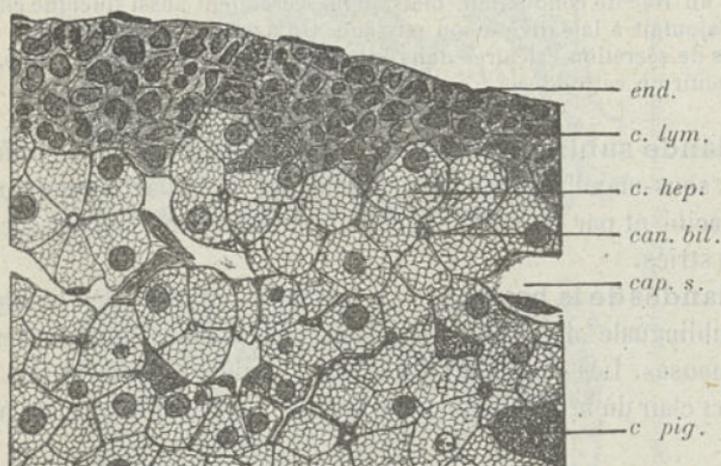
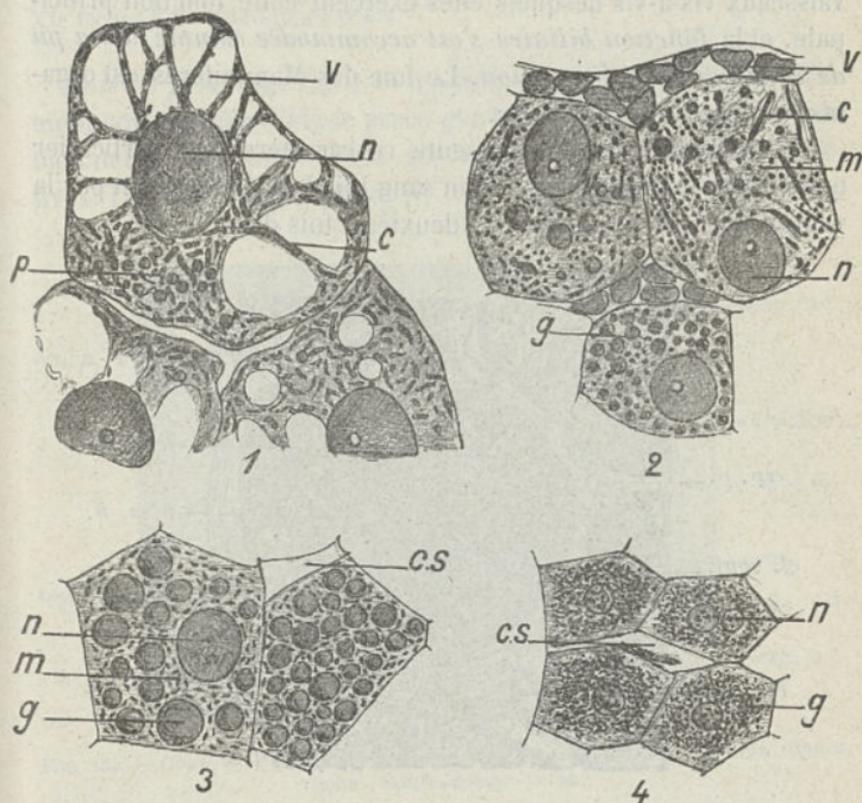


Fig. 132. — Foie d'Amphibien (Axolottl). — *end.*, endothélium péritonéal; *c. l.*, couche lymphoïde corticale; *c. hep.*, cellules hépatiques; *can. bil.*, canalicule biliaire; *cap. s.*, capillaire sanguin; *c. pig.*, cellule pigmentaire; *end.*, endothélium péritonéal. — Fix. biiodure de Hg. Col. hématox. ferr. Van Gieson.  $\times 300$ .

**Cellules hépatiques.** — Dans l'exemple précédent (foie d'Amphibien), l'acinus n'est pas limité à sa partie extérieure par une membrane basale nette. Il est entouré de larges capillaires qui baignent largement et irrégulièrement la portion extérieure des cellules. Ces éléments eux-mêmes n'ont pas la structure nettement orientée des éléments glandulaires ordinaires. On trouve bien autour du canalicule biliaire quelques grains de sécrétion représentant la présécrétion biliaire et au-dessous d'eux des mitochondries filamenteuses, mais cet appareil n'occupe qu'une faible portion du cytoplasma. Le reste du cytoplasme est occupé par de larges enclaves, graisse ou glycogène, séparées par un fin réseau de cytoplasme renfermant des mitochondries disposées sans ordre.

Cette graisse, ce glycogène, ne sont pas, ainsi que la physiologie nous l'enseigne, destinés à être versés dans la bile. Ils sont pris dans le sang par la cellule hépatique, pris en charge par



ASPECTS DIVERS DES CELLULES HÉPATIQUES :

Fig. 133. — 1. *Cellule hépatique de Salamandre*. — *n.*, noyau ; *v.*, larges vacuoles laissées par la graisse dissoute dans les réactifs ; *c.*, chondriotes ; *p.*, pôle biliaire avec chondriotes courts et grains de sécrétion. Fix. Hgl<sup>12</sup>. formol. Color. Mallory.  $\times 1\ 200$ .

2. *Foie de chien*. — *m.*, mitochondries granuleuses ; *c.*, cristalloïdes ; *g.*, grains de sécrétion ; *v.*, vaisseau capillaire. Fix. et color. de Benda.  $\times 1\ 200$ .

3. *Foie de Cobaye (Nouveau-Né)*. — Nombreuses sphérules de graisse (*g.*) ; *m.*, mitochondries un peu allongées en forme de bâtonnet (granula d'Altmann) ; *c.s.*, capillaire sanguin. Méthode d'Altmann.  $\times 1\ 200$ .

4. *Foie de lapin*. — *g.*, glycogène. — Méthode de Best.  $\times 600$ .

elle, et c'est au sang qu'elle les rendra. La cellule hépatique est donc déjà devenue pour la plus grande partie, par sa structure,

une cellule à sécrétion interne, bien que la glande ait gardé une disposition acineuse.

**Foie des Mammifères.** — Chez les Mammifères les cellules hépatiques se sont orientées tout à fait en travées autour des vaisseaux vis-à-vis desquels elles exercent cette fonction principale, et la *fonction biliaire s'est accommodée comme elle a pu de cette nouvelle disposition*. Le foie des Mammifères est organisé en *lobules périverneux*.

La circulation du foie présente ce caractère tout particulier que la plus grande partie de son sang lui vient de l'intestin par la veine porte qui se ramifie une deuxième fois dans le foie.

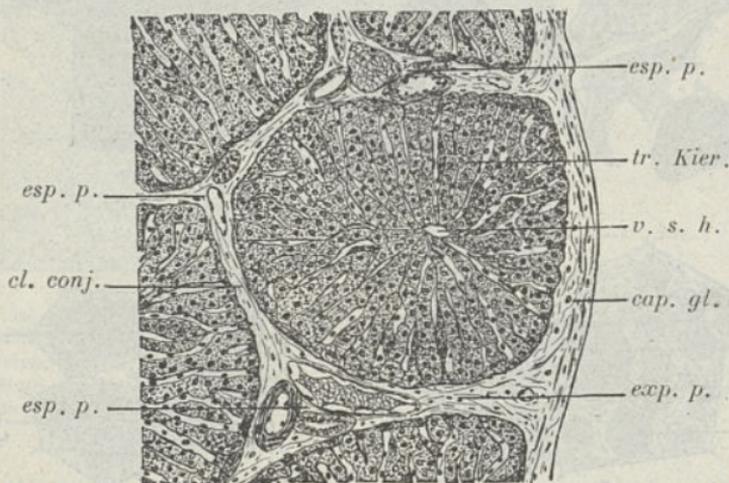


Fig. 134. — Foie de Porc. — Coupe passant par le sommet d'un lobule; *esp. p.*, espaces portes; *tr. Kier.*, travées de Kiernan; *v. s. h.*, veine sus-hépatique; *cap.*, capillaires radiés; *cap. Gl.*, caps. de Glisson; *cl. conj.*, cloisons conjonctives interlobulaires.  $\times 90$ .

**Développement.** — Le foie naît, par un processus analogue à celui des autres glandes digestives, d'une évagination de l'intestin duodénal, dans la région qui donne naissance au pancréas (zone hépato-pancréatique). Il s'en détache un bourgeon particulier pour la vésicule biliaire.

L'histogénèse du foie ne s'écarte de celle des autres glandes qu'à cause des conditions particulières de la circulation. Le foie reçoit en effet de très bonne heure un sang chargé de matériaux nutritifs à élaborer, qui lui arrive d'abord du vitellus ou du placenta (Voir embryologie), et plus tard de l'intestin par la veine porte. Dans l'ébauche hépatique se développent très vite des capillaires nombreux et à trajet irrégulier, avec lesquels les cellules se mettent en rapport étroit. La tex-

ture du foie, devient d'emblée *trabéculaire* et la disposition des cellules hépatiques en lobules sanguins est la conséquence de cette nouvelle orientation.

Ajoutons que pendant la période de vascularisation intense, le foie se trouve dans des conditions favorables pour jouer un rôle hématopoiétique (trajet sinueux des capillaires, circulation ralentie). Voir XI<sup>e</sup> leçon, Foie hématopoiétique.

*Foie de porc* (fig. 134). — Le foie de porc est pris généralement comme type d'étude parce que la lobulation circulatoire est bien nette, les lobules étant séparés par des cloisons conjonctives. Ces cloisons partagent le foie en petits polyèdres ou en

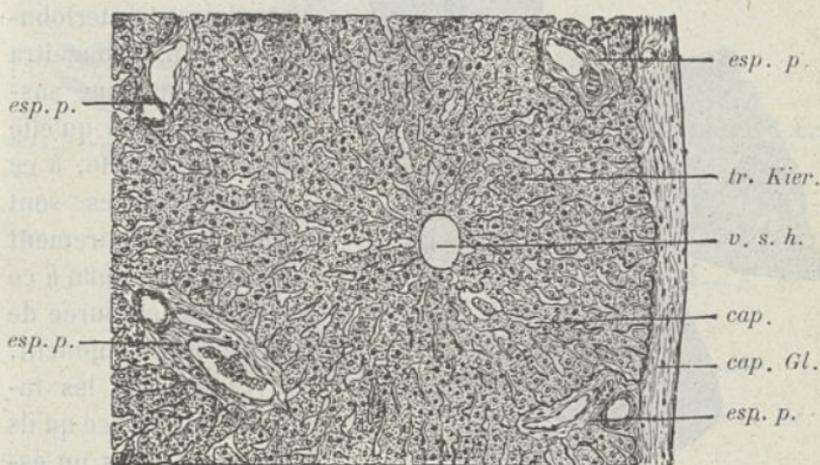


Fig. 135. — Coupe de foie humain. — Même légende que la fig. 99. Fix. Bouin. Color. hémat.-éosine.  $\times 90$ .

prismes, de section hexagonale. Au centre de chacun se trouve un gros vaisseau; c'est une ramification de la veine sus-hépatique. Dans les cloisons conjonctives, et notamment aux angles du lobule, on distingue : des veines (ramifications de la veine porte), des artères (ramification de l'artère hépatique) et des canaux pourvus d'un épithélium cubique : les canaux biliaires (ramifications du canal hépatique).

Les préparations injectées montrent que les capillaires circulent radiairement dans le lobule des veines portes aux veines sus-hépatiques (Fig. D, planche V).

L'artère hépatique n'irrigue que les cloisons conjonctives et les

vaisseaux biliaires interlobulaires. Les capillaires se réunissent ensuite au réseau général : c'est une artère biliaire.

Les préparations ordinaires montrent que les cellules sont rangées en travées parallèles aux capillaires (ce sont les *travées de Remak*) et formées d'une ou deux séries de cellules seulement.

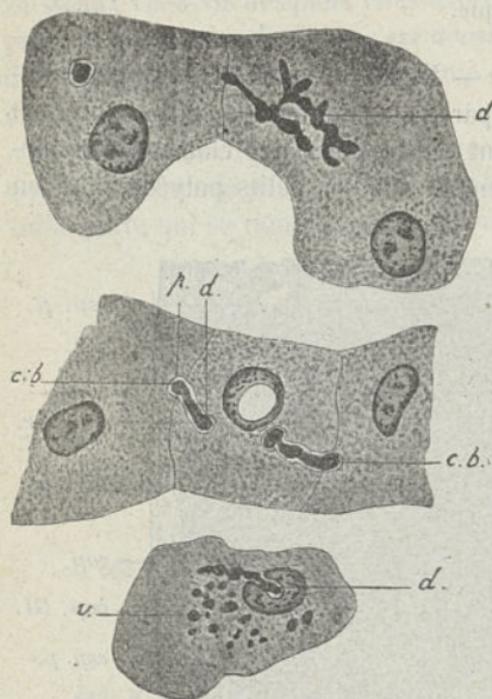


Fig. 136. — Cellules du foie de l'Homme, avec canalicules biliaires remplis par la bile. — *cb.*, canalicules biliaires ou capillaires biliaires intercellulaires (colorés naturellement par la bile en vert dans la préparation ; *d.*, diverticules intracellulaires simples ou ramifiés que ces canalicules envoient dans le cytoplasme des cellules hépatiques ; *d'*, diverticule pénétrant dans le noyau d'une cellule hépatique ; *v'*, semis de vacuoles biliaires ; *p.*, paroi fine des canalicules biliaires (colorée en rose dans la préparation). D'après une préparation de *Browicz*.  $\times 500$  (Prenant, Bouin et Maillard).

*Foie humain* (f.135).

— Dans le foie humain, la disposition est la même sauf disparition des cloisons interlobulaires : on reconnaît aisément la veine sus-hépatique à ce qu'elle est isolée, béante, à ce que les travées sont disposées radialement autour d'elle, enfin à ce qu'elle est entourée de peu de tissu conjonctif. On reconnaît les rameaux portes à ce qu'ils cheminent dans un espace conjonctif assez large (espace de Kiernan) à côté des branches de l'artère hépatique et des voies biliaires interlobulaires. La disposition des travées de cellules par rapport aux

capillaires est la même que chez le porc et, dans les deux cas, les cellules baignent largement dans le sang porte.

Les rapports des éléments glandulaires avec le sang sont d'autant plus intimes qu'on n'est pas sûr du tout que les capillaires intralobulaires aient une paroi continue. On ne peut en tout cas nitrater cette paroi.

Les caractères cytologiques de glande à sécrétion interne : désorientation de la structure cytoplasmique, présence d'enclaves qui seront déversées dans le sang, sont particulièrement nets dans le foie des Mammifères. Les enclaves varient d'ailleurs suivant le moment de la digestion, suivant les aliments ingérés : corps gras ou hydrates de carbone. La graisse ou le glycogène, plus ou moins abondants, ne manquent jamais totalement.

Les cellules hépatiques de l'homme sont fréquemment *binu-*

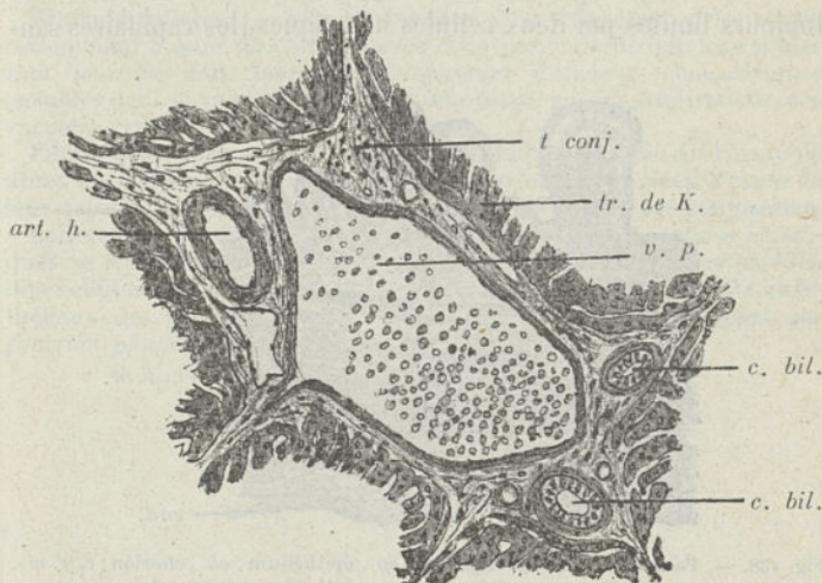


Fig. 137. — Foie de Porc. Volumineux espace porte. — *v. p.*, veine porte ; *c. bil.*, canaux biliaires ; *art. h.*, artère hépatique ; *t. conj.*, tissu conjonctif de l'espace porte ; *tr. de R.*, travées de Remak.  $\times 80$ .

*clées* : caractère fréquent des cellules glandulaires. Les cellules présentent souvent un aspect différent au centre et à la périphérie du lobule parce qu'elles ne sont pas aux deux mêmes stades de leur évolution, les aliments leur arrivant du côté porte, les enclaves s'excrétant du côté sus-hépatique.

**Voies biliaires.** — Voyons maintenant ce qui reste affecté à la sécrétion biliaire et comment elle s'accommode de cette disposition trabéculaire de la glande.

On saisit aisément comment chemine la bile entre les lobules : les voies biliaires tapissées d'un épithélium cubique se ramifient

dichotomiquement entre les lobules, suivies comme dans les autres glandes des ramifications vasculaires. Mais dans le lobule, ou si on préfère, une fois sorti de l'espace de Kiernan, le canal biliaire n'a plus de paroi propre. Il est difficile à voir sur des préparations ordinaires; il apparaît comme un petit espace étroit cheminant entre les faces planes, contiguës, de deux cellules hépatiques (fig. 136).

La méthode de Golgi permettra de suivre ces canaux dans le lobule et de voir qu'ils ont un trajet tortueux, de façon à être toujours limités par deux cellules hépatiques (les capillaires san-

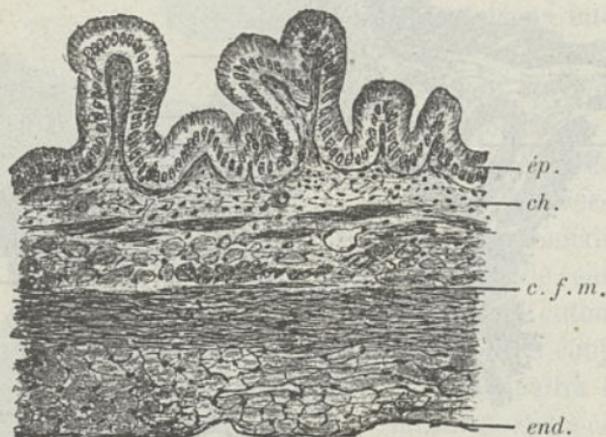


Fig. 138. — *Vésicule biliaire de lapin.* — *ép.*, épithélium; *ch.*, chorion; *c. f. m.*, couche fibro-musculaire; *end.*, endothélium péritonéal.

guins sont situés au niveau des angles). On les verra aussi nettement sur un foie qui a souffert de rétention biliaire. Ils seront naturellement injectés par la bile.

On peut voir soit par ce moyen, soit par la méthode de Golgi qu'ils se ramifient jusque dans l'intérieur de la cellule glandulaire.

Un canal interlobulaire d'un espace porte ne reçoit pas seulement les canaux biliaires d'un même lobule, il en reçoit de trois lobules voisins mais seulement de la partie de chaque lobule voisine de lui, de sorte qu'on peut, artificiellement d'ailleurs, découper le foie en lobules biliaires qui ne correspondent pas aux lobules veineux. La pathologie du foie démontre tantôt l'une, tantôt l'autre lobulation. Le foie cardiaque

(stase veineuse sus-hépatique) marquera les lobules veineux, les infections biliaires ascendantes les lobules biliaires, croisés pour ainsi dire avec les précédents.

**Canaux biliaires de gros calibre.** — Les canaux biliaires de gros calibre : premières ramifications du canal hépatique, canal hépatique et cholédoque, sont tapissés d'un épithélium prismatique, avec un chondriome bipolarisé, comme celui de l'intestin, dont ils dérivent.

**Vésicule biliaire.** — Elle est tapissée d'un épithélium prismatique ressemblant à celui de l'intestin avec cette particularité que les cellules sont bourrées dans leur partie supérieure d'enclaves cholestériques (solubles dans le xylol) et laissant à leur place, sur les préparations, des vacuoles claires (fig. 138).

**Fibres grillagées.** — Il existe dans le lobule hépatique un réseau de fibres de soutien, de nature indéterminée, qu'on a nommées, à cause de leur aspect, fibres grillagées. Elles ne sont pas de nature conjonctive.

**Cellules de Kupfer.** — Appliqués sur les travées de cellules hépatiques se trouvent des éléments ressemblant à des éléments conjonctifs, dits cellules de Kupfer. Peut-être représentent-elles les éléments endothéliaux des capillaires discontinus. En tous cas, elles exercent une *fonction phagocytaire active*, facile à mettre en évidence.

## QUINZIÈME LEÇON

### LES GLANDES A SÉCRÉTION INTERNE

Les glandes à sécrétion interne sont réunies par un caractère physiologique commun, mais différent beaucoup de structure. Nous croyons cependant bon de les réunir en un même chapitre, non seulement à cause de la difficulté de les classer séparément ailleurs, mais aussi parce qu'il existe entre leurs structures très variées, beaucoup de points communs et de transitions et que ces caractères communs sont les plus intéressants à faire ressortir.

#### GLANDES ENDOCRINES BIEN DÉFINIES

**Thyroïde** (fig. 139). — Une préparation de glande thyroïde nous montre une série de *vésicules* de taille très variable, dont la paroi est constituée par une couche de cellules cubiques, et dont la cavité est remplie par une substance homogène plus ou moins régulièrement coagulée, et dite *substance colloïde*. La périphérie de la substance colloïde présente souvent des bulles différemment colorables et qui représentent sans doute un produit plus récemment excrété par les cellules. Les cellules qui tapissent la vésicule sont quelquefois, les unes claires, les autres sombres : ces différences paraissent correspondre à divers états fonctionnels<sup>1</sup>.

Entre les vésicules que nous venons de décrire, on observe

1. On a pu penser aussi que les cellules sombres étaient destinées à se détruire pour permettre le passage de la substance colloïde dans les espaces lymphatiques qui entourent les vésicules.

des capillaires sanguins et lymphatiques nombreux, ces derniers renfermant quelquefois des plages colorées comme la substance colloïde.

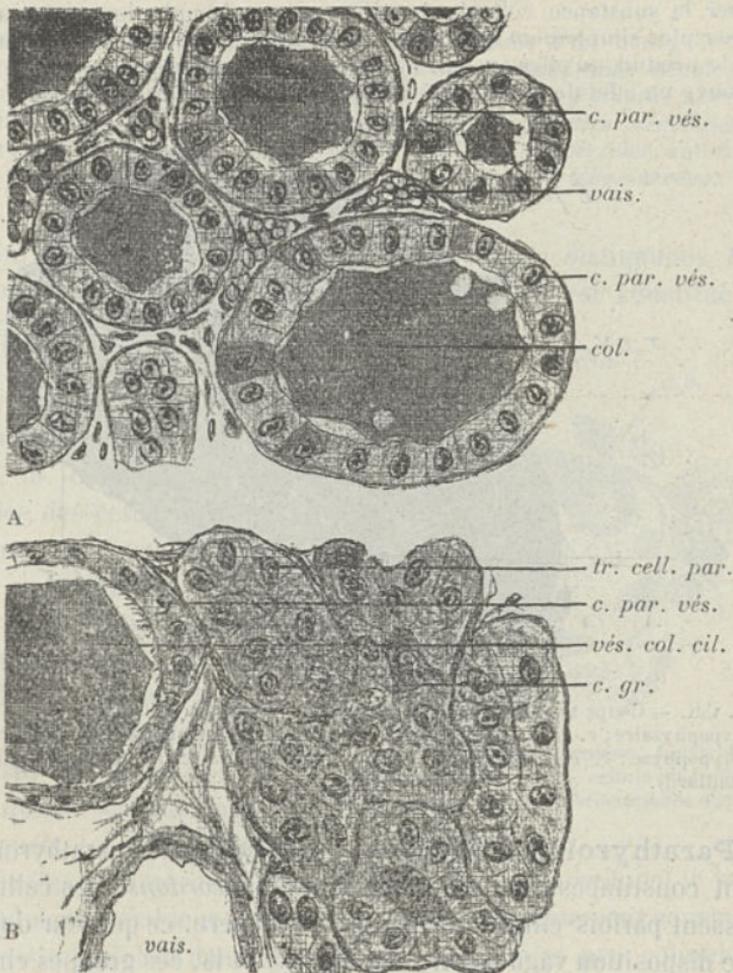


Fig. 139. — *Thyroïde* (A) et *parathyroïde* (B). — *c. par. vés.*, cellule de la paroi d'une vésicule ; *vais.*, vaisseau ; *col.*, substance colloïde ; *tr. cell. par.*, travées de cellules de la parathyroïde ; *vés. col. cil.*, vésicule colloïde ciliée ; *c. gr.*, cellule granuleuse.  $\times 500$ .

La thyroïde est, en somme, une glande du type acineux, dépourvue du canal excréteur et dont le produit de sécrétion aurait distendu les acini. Le développement de la thyroïde vient d'ailleurs montrer qu'il en est bien ainsi, elle se développe comme une glande salivaire aux dépens du plancher de la bouche et perd secondairement ses voies

excrétrices. Le canal laisse un résidu fibreux connu des anatomistes sous le nom de canal thyro-glosse.

Le produit de sécrétion est déversé dans l'intérieur des vésicules. *Comment rentre-t-il dans la circulation ?* On a supposé qu'une ou plusieurs cellules de la paroi se détruisent de temps en temps, laissant passer la substance colloïde dans les espaces lymphatiques. On a pu penser plus simplement que les cellules de la paroi laissent transsuder le produit qu'elles avaient élaboré et en réglaient ainsi le débit ; on retrouve en effet de la substance colloïde dans les lymphatiques.

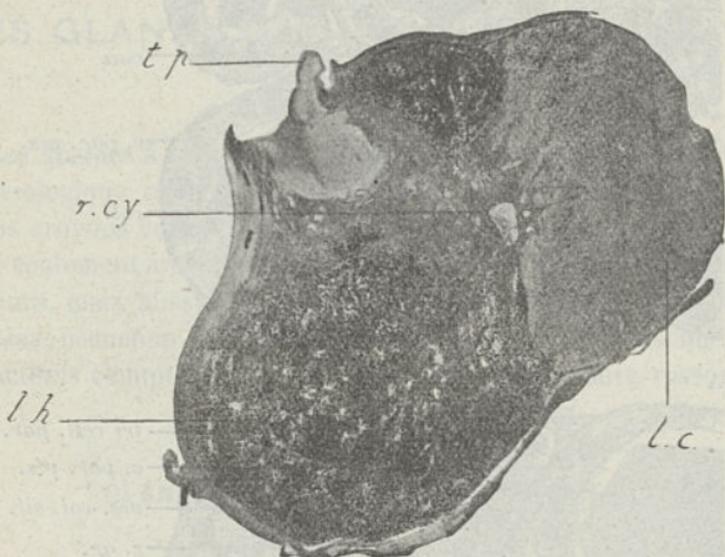


Fig. 140. — Coupe sagittale de l'hypophyse chez l'homme. — ( $\times 10$ ). l. h., lobe hypophysaire ; r. cy., région cystiforme de ce lobe (substance médullaire de l'hypophyse) ; l. c., lobe cérébral ; t. p., tige pituitaire (in Prenant, Bouin et Maillard).

**Parathyroïdes** (fig. 139 B). — Les glandules parathyroïdes sont constituées de cellules ordonnées en *cordons*. Ces cellules laissent parfois entre elles une petite lumière, ce qui leur donne une disposition vaguement acineuse. Ça et là, ces groupes circulaires ont sécrété de la *substance colloïde* comme dans la thyroïde, ce qui a pu faire penser que les parathyroïdes représentaient une glande analogue à la thyroïde restée à l'état latent.

Les parathyroïdes ont toutefois une autre origine embryologique que la thyroïde elle-même. Elles sont constituées de bourgeons issus des fentes branchiales, tandis que la thyroïde provient d'un bourgeon issu du pharynx. Leur fonction paraît aussi différente de celle de la thyroïde. Voir à ce sujet les traités de physiologie.

**Hypophyse** (fig. 140 et 141). — Tandis que les glandes que nous venons d'étudier ont une structure homogène, l'hypophyse nous offre une structure plus variée.

Embryologiquement, l'hypophyse est constituée d'un bourgeon issu du pharynx, qui vient à la rencontre d'une protubérance développée sous le plancher du tube nerveux. Il y a donc un *lobe d'origine pharyngienne* et un autre de *même origine que les cellules nerveuses et névrogliales*. Ces lobes restent toujours distincts. le premier, antérieur, sera le lobe *glandulaire*, le deuxième, postérieur, le *lobe nerveux*.

Sur une préparation d'hypophyse nous distinguons tout d'abord les deux lobes. Le *lobe glandulaire* est constitué de

cordons cellulaires rappelant assez ceux de la parathyroïde quant à leur disposition. Ils en diffèrent par la colorabilité très variée des cellules qui les constituent, et qui donnent aux préparations d'hypophyse un aspect bigarré. Comme dans la parathyroïde, il existe dans le lobe glandulaire de l'hypophyse, de petits îlots de *substance colloïde* autour desquels les cellules sont

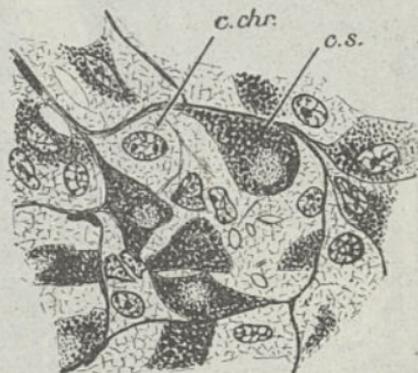


Fig 141 — Hypophyse humaine. Détail d'un cordon compliqué ; *c. s.*, cellule sidérophile (chromophile); *c. chr.*, chromophile d'après CH. SOYER.

disposées en espèces d'acini. Les travées qui constituent le lobe glandulaire semblent d'ailleurs en voie de remaniement constant. Il existe toujours dans l'hypophyse des cellules peu colorables réunies dans une même région : cellules chromophobes. Le lobe chromophile normalement petit s'hypertrophie pendant la grossesse, marquant ainsi une corrélation entre l'hypophyse et l'ovaire.

Au niveau de la limite des deux lobes, on rencontre parfois de grandes vésicules, souvent ciliées et remplies d'un coagulum. Ces grandes vésicules diffèrent sensiblement des vésicules thyroïdiennes.

*Le lobe nerveux* comprend du tissu névroglie et des éléments irréguliers, pigmentés, qui semblent être des cellules nerveuses dégénérées ou modifiées.

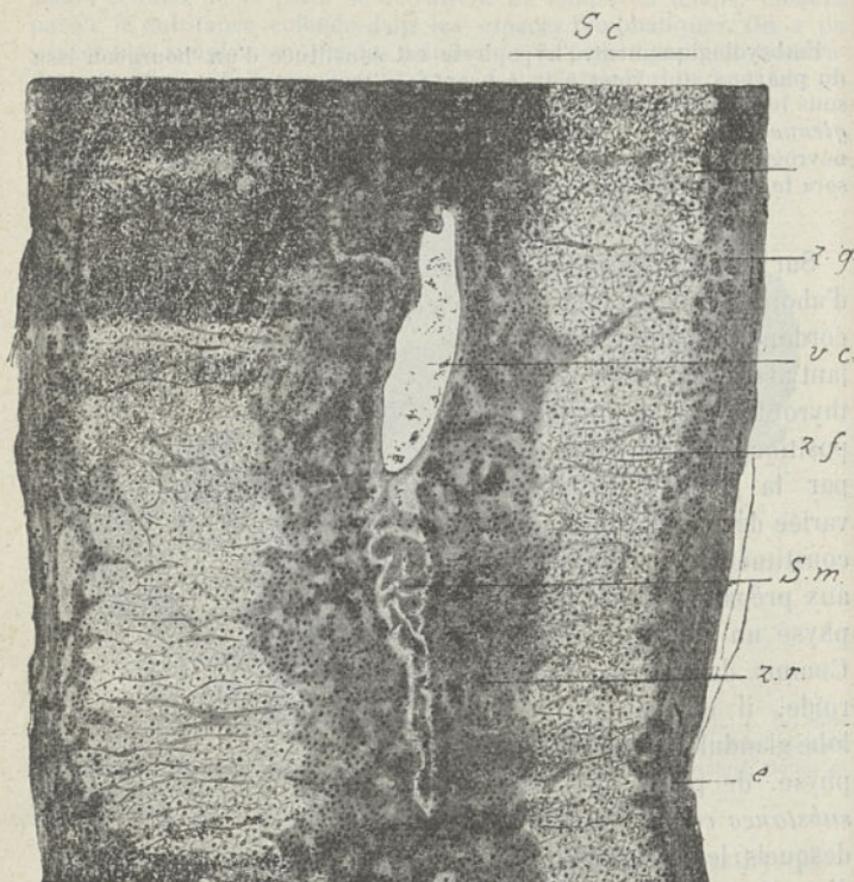


Fig. 142. — Coupe d'ensemble de la capsule surrénale de l'homme — S. c, substance corticale; r. g., zone glomérulaire; z. f., zone fasciculée; z. r., zone réticulée; S. m, substance médullaire; v. c., veine centrale; e., enveloppe conjonctive.  $\times 50$  (Prenant).

**Capsule surrénale** (fig. 142). — Une coupe totale de la capsule surrénale la montre constituée de deux substances différentes : l'une, centrale dite *médullaire*, l'autre périphérique : *corticale*.

Le développement de la surrénale montre que la substance médullaire provient d'ébauches issues du tube nerveux en même temps que celles qui fourniront les ganglions spinaux et surtout sympathiques. La substance corticale tire son origine de l'épithélium coelomique.

La substance corticale est divisée en plusieurs couches concentriques : à l'extérieur, une couche de cellules disposées vaguement en cordons : c'est la *couche glomérulaire*. Au-dessous, est une couche de cellules allongées, disposées radialement : c'est la couche *fasciculée*, au-dessous enfin, une couche à disposition *réticulée*. Les vaisseaux sont très abondants dans les deux dernières couches, surtout dans la couche réticulée.

Ces différentes couches de la substance corticale représentent les diverses phases de l'évolution d'une cellule issue de la zone



Fig. 143. — *Eléments d'une capsule surrénale (vache)*. — A, zone glomérulaire ; B, zone réticulée ; C, substance médullaire. Dans la zone glomérulaire enclaves abondantes en voie de formation. Dans la réticulée (B) vacuolisation des cellules (enclaves de Denis). Dans la substance médullaire, les cellules renferment de fines granulations chromaffines.  $\times 1\ 000$ .

glomérulaire où les éléments semblent se multiplier et qui vient finir dans la zone réticulée en déversant son produit de sécrétion dans les capillaires si abondants dans cette région (fig. 143 B). Les cellules de la substance corticale sont bourrées d'enclaves constituées surtout par des graisses et du pigment.

La substance médullaire est constituée de grandes cellules à cytoplasme finement granuleux. La structure est homogène, les vaisseaux y sont abondants. *L'adrénaline* est localisée dans les cellules de la substance médullaire. On y rencontre parfois des cellules nerveuses ganglionnaires, ce qu'explique bien l'origine embryologique.

La surrénale n'a cette disposition concentrique que chez les Mammifères. Chez les Reptiles et les Oiseaux, les deux substan-

ces constituant des travées irrégulières sont mêlées sans ordre et reconnaissables seulement à leurs caractères cytologiques propres. Chez les Batraciens les deux substances sont juxtaposées seulement. Chez les Sélaciens, elles sont séparées et constituent des organes différents.

**Paraganglions.** — La substance médullaire de la surrénale est, en effet, le type d'une série d'organes à fonction encore mal déterminée, et qu'on nomme *paraganglions*. Ils se développent comme la médullaire

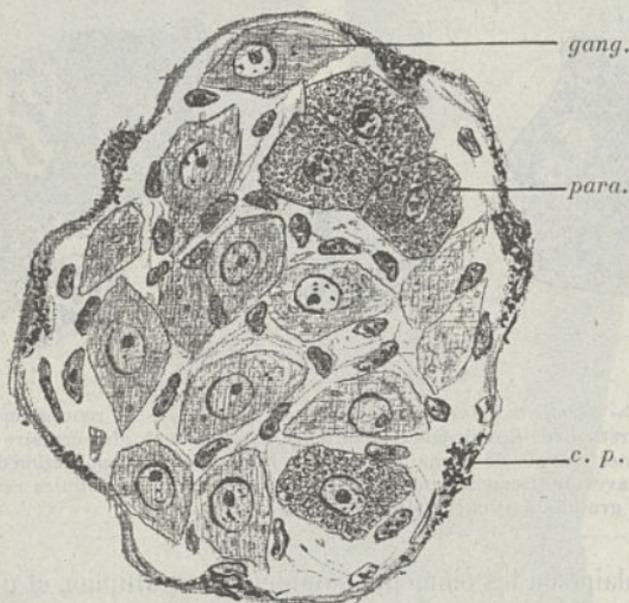


Fig. 144. — Ganglion sympathique lombaire de Grenouille avec cellules paraganglionnaires; — *gang.*, cellules ganglionnaires nerveuses; *para.*, cellules paraganglionnaires avec fines granulations chromaffines (comparer avec la figure précédente C.); *c. p.*, cellules pigmentaires.  $\times 800$ .

de la surrénale aux dépens des *mêmes ébauches que les ganglions sympathiques* et y restent souvent adhérents. Nous donnons ici une figure de cellules paraganglionnaires dans un ganglion sympathique (fig. 144). Certains paraganglions (paraganglion otique, carotidien) forment des organes bien limités.

Les paraganglions et la substance médullaire de la surrénale présentent un curieux caractère commun qui est leur affinité toute spéciale pour les sels de chrome qu'ils retiennent avec énergie en se colorant en jaune, d'où le nom d'*organes chromaffines* qu'on leur donne souvent.

ORGANES ET TISSUS DE STRUCTURE ANALOGUE A CELLE  
DES GLANDES ENDOCRINES

Il existe, dans un certain nombre d'organes, des tissus dont la structure rappelle tellement celle de la glande surrénale, que l'idée est venue de les considérer comme des glandes à sécrétion interne. La démonstration physiologique de leur sécrétion interne a déjà été faite en partie. Nous en étudierons deux : le corps jaune de l'ovaire et les îlots de Langerhans du pancréas.

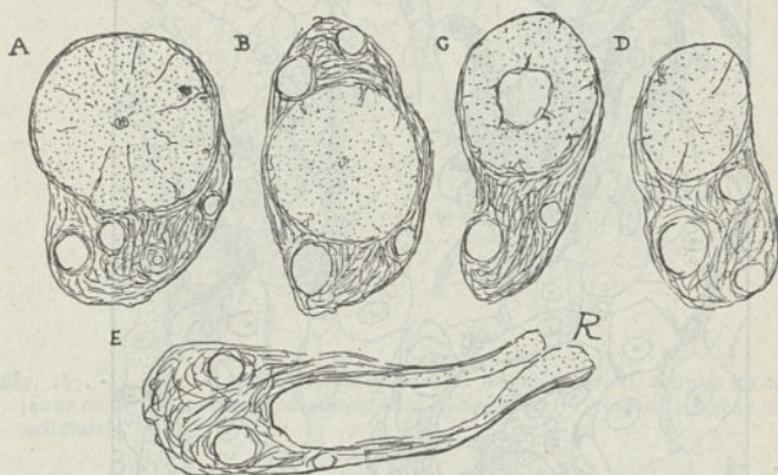


Fig. 145. — Corps jaunes de l'ovaire. — A et B, ovaires de vache avec corps jaunes périodiques pleins; C, D, E, ovaires de femme; C, corps jaune de grossesse avec cavité centrale; D, corps jaune de grossesse plein; E, ovaire avec un follicule qui vient de se rompre au point R et commence à ce point à se transformer en corps jaune (Toutes ces figures, grandeur naturelle).

**Corps jaune de l'ovaire** (fig. 145, 146 et 147). — Le corps jaune de l'ovaire est une production spéciale aux Mammifères qui naît de la paroi du follicule de Graaf, lorsque celui-ci vient de se rompre. Les cellules dérivent de celles de la thèque ou de celles du follicule, qui se gonflent et se chargent d'enclaves, notamment d'une graisse colorée en jaune : la *lutéine*. Une préparation de corps jaune nous montre des cellules polyédriques, ressemblant beaucoup à celles de la substance cor-

ticale de la surrénale, bourrées comme elle d'enclaves graisseuses et disposées radialement autour d'une cicatrice conjonctive centrale. Cette cicatrice centrale peut renfermer ou non une cavité,

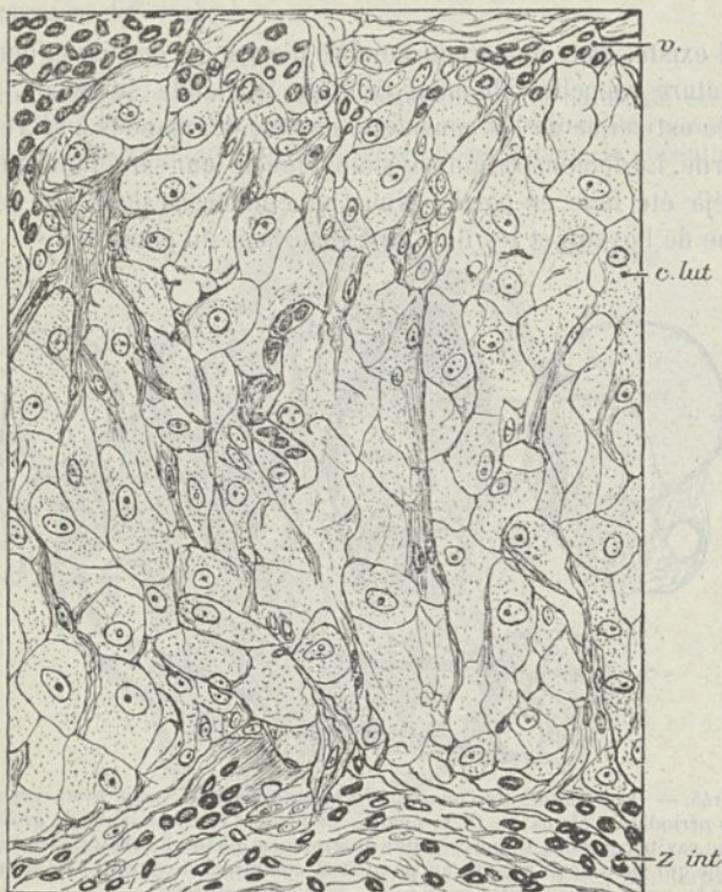


Fig. 146. — Paroi d'un corps jaune au début (femme) ; *v.*, vaisseau dans la zone-externe ; *c. lut.*, cellules à lutéine ; *z. int.*, zone interne avec caillot.  $\times 450$ .

vestige de la cavité folliculaire. On rencontre, entre les cellules qui constituent le corps jaune, des capillaires abondants.

Parmi les enclaves, outre la lutéine, on trouve de la cholestérine en abondance.

L'évolution du corps jaune mérite une mention particulière. Il commence à se former, chez la femme, dès la rupture du folli-

cule, il atteint son plein développement une quinzaine de jours après, puis il régresse lentement pour se transformer finalement en une cicatrice fibreuse. Mais si l'ovule issu du follicule de de Graaf rompu est fécondé, le corps jaune, au lieu de régresser en cinq ou six semaines, *persiste* pendant quatre ou cinq mois, augmente même de volume, et finit par régresser très lentement à partir du quatrième ou cinquième mois de la grossesse. Le *corps jaune de la grossesse* n'est donc qu'un corps jaune ordinaire (ou périodique) persistant. Il ne diffère pas par sa structure

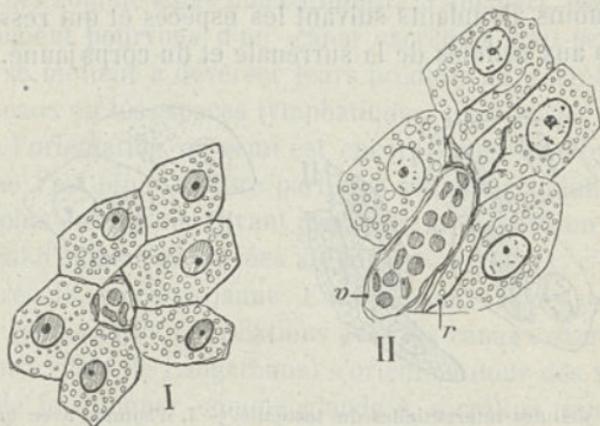


Fig. 147. — I, cellules interstitielles de l'ovaire de lapine. — II, cellules du corps jaune de la femme groupées autour d'un vaisseau V; r... réseau collagène intracellulaire.

du corps jaune périodique, par son action physiologique il semble cependant en différer beaucoup.

Le corps jaune de l'ovaire est très richement vascularisé, ce qui est un caractère de glande à sécrétion interne.

Dans les ovaires de la femme, il existe presque constamment un corps jaune en état de fonctionnement, puisque si les corps jaunes régressent, il s'en reforme un à chaque ponte, c'est-à-dire tous les vingt-huit jours environ.

Il est des animaux comme la Lapine, où le follicule de de Graaf ne se rompt pas spontanément, mais seulement au moment de l'accouplement. Chez ces animaux il existe, diffuses dans l'ovaire, des travées de cellules très analogues à celles qui constituent le corps jaune : ce sont les *cellules interstitielles de l'ovaire*.

Les cellules interstitielles de l'ovaire n'ont pas une existence générale. Il y en a chez quelques rongeurs (rat, lapin), il y en a d'un type diffé-

rent chez quelques carnassiers. Un type tout spécial existe dans l'ovaire embryonnaire chez le cheval.

On attribue parfois au corps jaune parfois aux cellules interstitielles la sécrétion interne ovarienne. Le corps jaune paraît assez constant pour qu'on puisse lui attribuer une sécrétion interne. Il joue un rôle dans les phénomènes menstruels et dans le phénomène de lactation. Ce rôle n'est d'ailleurs pas encore bien défini.

**Cellules interstitielles du testicule** (fig. 148). — Il existe dans le testicule, entre les tubes séminifères des éléments plus ou moins abondants suivant les espèces et qui ressemblent beaucoup aux cellules de la surrénale et du corps jaune. Ce sont

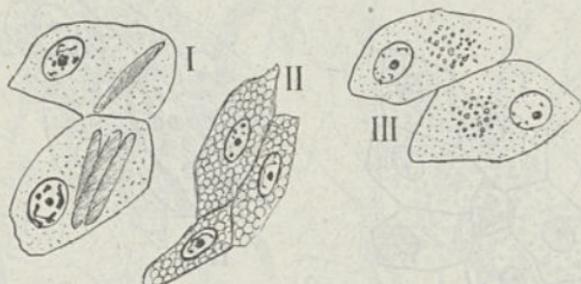


Fig. 148. — Cellules interstitielles du testicule. — I, d'homme avec cristalloïdes de Reinke. — II, de chien avec graisse. — III, de porc avec pigments.

des éléments polyédriques qui renferment des enclaves diverses et sont disposés autour des vaisseaux. A la suite d'une série d'expériences (voir glandes génitales) Bouin et Ancel ont attribué à ces éléments la fonction de sécrétion interne du testicule. Chez l'homme les cellules interstitielles élaborent des corps cristallins dits cristalloïdes de Reinke. Ailleurs, ce sont des graisses, du pigment. La quantité et l'aspect du tissu interstitiel varie considérablement suivant les espèces.

L'anatomie comparée montre qu'il y a de grandes difficultés à lui attribuer de façon générale la fonction de sécrétion interne du testicule.

**Les îlots de Langerhans du pancréas** sont constitués de cellules généralement plus claires que les cellules des acini pancréatiques, elles sont disposées en travées irrégulières séparées par des capillaires abondants. On leur a attribué le rôle de

sécrétion interne du pancréas<sup>1</sup>. Ces ilots se développent aux dépens des cellules des acini pancréatiques chez l'embryon, il semble même qu'ils se renouvellent constamment aux dépens de ces acini. La transformation inverse, c'est-à-dire des ilots en acini semble possible dans certains cas.

Ces transformations sont extrêmement gênantes pour l'expérimentation et n'ont pas permis d'apporter une précision absolue dans la localisation de la sécrétion interne du pancréas.

Cette étude très sommaire des glandes à sécrétion interne ou considérées comme telles nous a montré d'une part, des glandes primitivement pourvues d'un canal excréteur qui perdent ce canal et se mettent à déverser leurs produits de sécrétion dans les vaisseaux ou les espaces lymphatiques, c'est le cas de la thyroïde où l'orientation en acini est encore nette, de l'hypophyse où elle ne l'est plus ; d'autre part, des cellules glandulaires qui, n'ayant plus du tout ou n'ayant jamais eu la disposition acineuse s'orientent d'emblée en travées autour des vaisseaux, c'est le cas de la surrénale, du corps jaune. Enfin, le pancréas est une glande dont une partie garde ses relations avec les canaux excréteurs et dont l'autre (ilots de Langerhans) s'oriente autour des vaisseaux et semble fonctionner comme glande à sécrétion interne. Le caractère endocrine de tous ces tissus n'est pas toujours nettement établi par la physiologie.

**Le foie glande à sécrétion interne.** — Nous ne pouvons pas ne pas rappeler ici que le foie est aussi une glande à sécrétion interne. On peut considérer que dans le cas du foie, ce n'est pas comme dans le pancréas une partie de la glande, mais toute la glande qui s'est désorientée et, *bien que ne perdant pas complètement contact avec les canaux excréteurs, a subi une orientation nouvelle autour des vaisseaux sanguins.*

En effet, le foie que nous avons étudié avec les glandes digestives à cause de sa sécrétion externe : la bile, est surtout une glande à sécrétion interne. On connaît les fonctions *uropoïétique, glycogénique, antitoxique, anticoagulante*, etc., qui toutes s'exercent vis-à-vis des vaisseaux sanguins et non des canaux excréteurs ; cela explique que la disposition du foie rappelle bien plus la disposition d'une glande à sécrétion interne, d'une surrénale par exemple, que celle d'une glande à sécrétion externe, d'une glande salivaire. Primitivement cependant, le foie est une glande acineuse, donc à sécrétion externe prépondérante.

1. On sait que l'extirpation du pancréas est suivie non seulement de troubles digestifs, mais de troubles généraux (constituant le diabète pancréatique).

Il a cette disposition chez les Vertébrés les plus inférieurs, il l'a aussi chez l'embryon humain.

A côté des glandes à sécrétion interne constituées de cellules indifférentes devenues glandulaires et orientées d'emblée autour des vaisseaux (corticale de la surrénale, corps jaune) il faut donc placer celles qui se sont constituées phylogénétiquement et embryologiquement aux dépens de glandes primitivement à sécrétion externe. C'est le type de la thyroïde où la structure de la glande externe se retrouve peu modifiée, des îlots de Langerhans, du foie, du lobe glandulaire de l'hypophyse où la structure primitive a été profondément remaniée.

La glande hépatique s'est désorientée au cours de l'évolution et du développement, comme le fait en partie la glande pancréatique, mais tandis que dans le pancréas il s'est différencié deux sortes de cellules : les unes gardant exclusivement la sécrétion externe, les autres prenant le rôle endocrine, dans le foie, c'est la même cellule qui assume les sécrétions interne et externe. Comme le rôle de sécrétion interne prédomine de plus en plus, c'est la disposition de glande endocrine qui est nettement marquée.

Quant à l'origine embryologique, les glandes à sécrétion interne sont très différentes. A ce point de vue, un groupe tout particulier est constitué par la substance médullaire de la surrénale et les *paraganglions*. Les glandes du type de l'interstitielle du testicule et du corps jaune de l'ovaire semblent d'origine mésenchymateuse. Les cellules qui les constituent semblent aussi avoir été tout d'abord des cellules de réserve. Ce n'est sans doute que peu à peu que les enclaves élaborées par elles ont pris un rôle physiologique spécial.

### Circulation dans les glandes à sécrétion interne —

Nous avons déjà signalé, dans la surrénale, le corps jaune, les îlots de Langerhans, le développement particulier des vaisseaux. Ils présentent un autre caractère qui semble particulier aux glandes à sécrétion interne : au lieu d'être disposés sous forme de capillaires réguliers, ils ont la forme de lacs irréguliers, de sinus séparant les cellules glandulaires ; on dit qu'ils sont *sinusoïdes*. Il semble d'ailleurs que dans beaucoup de cas, ils n'aient pas une paroi endothéliale complète et que le sang entre en contact plus ou moins direct avec la cellule glandulaire, ce qui d'ailleurs paraît nécessaire pour expliquer le passage du produit de sécrétion dans le sang (Capillaires de ce type dans le foie).

### Thymus

Le thymus est peut-être une glande à sécrétion interne et à ce point de vue, son rôle est encore mal connu, cependant sa structure le rapproche des organes lymphoïdes.

Le thymus prend naissance aux dépens de bourgeons épithéliaux issus des fentes branchiales en face des ébauches parathyroïdiennes.

Une coupe de thymus montre que l'organe se décompose en une série de lobules dont chacun renferme une substance centrale plus claire et une écorce plus foncée. Ces deux parties ont respectivement la structure générale d'un nodule lymphoïde et de

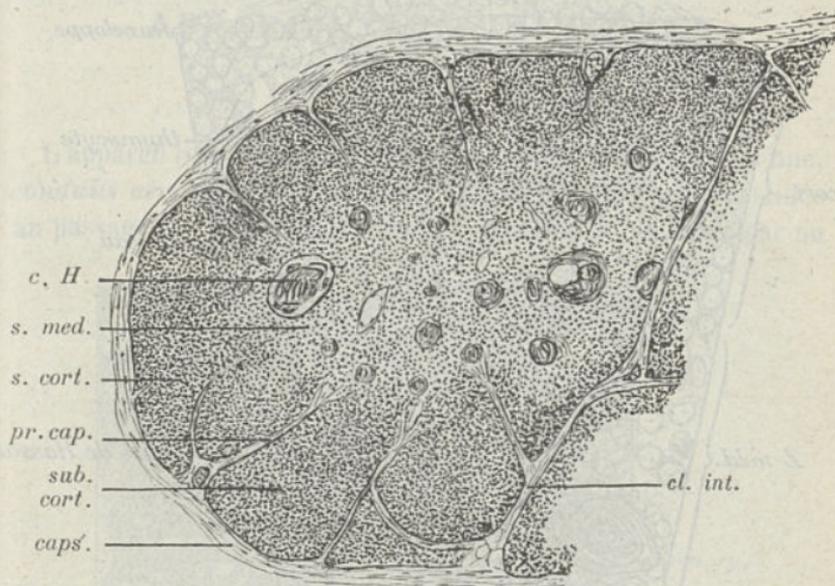


Fig. 149. — *Thymus de nouveau-né* (Coupe à travers un lobe). — *caps.*, capsule; *s. cort.*, substance corticale; *s. méd.*, substance médullaire; *c. H.*, corpuscule de Hassal; *pr.*, prolongements capsulaires; *cl. int.*, cloison interlobulaire. — Fix. liq. de Zenker. Color. hématox. fer. Van Gieson.  $\times 120$ .

son centre germinatif. Seulement les mitoses se produisent ici dans la *zone corticale* et non dans le centre clair.

Dans la substance médullaire, on rencontre des éléments particuliers : cellules plus ou moins grandes d'aspect épithélial (*cellules épithélioïdes*) ou dont le cytoplasme renferme des myofibrilles souvent striées et disposées sans ordre (*cellules myoïdes*), enfin des amas de cellules épithéliales groupées concentriquement comme les écailles d'un bulbe d'oignon : ce sont les *corpuscules de Hassal*. Ils sont très analogues aux globes épidermiques des cancers épithéliaux. Ces éléments semblent être le

résidu de l'ébauche épithéliale du thymus qui aurait été envahie par des cellules lymphoïdes. Le thymus serait ainsi une sorte d'amygdale profonde.

L'opinion inverse d'après laquelle les petites cellules thymiques représentent au contraire des éléments d'origine épithéliale qui n'ont

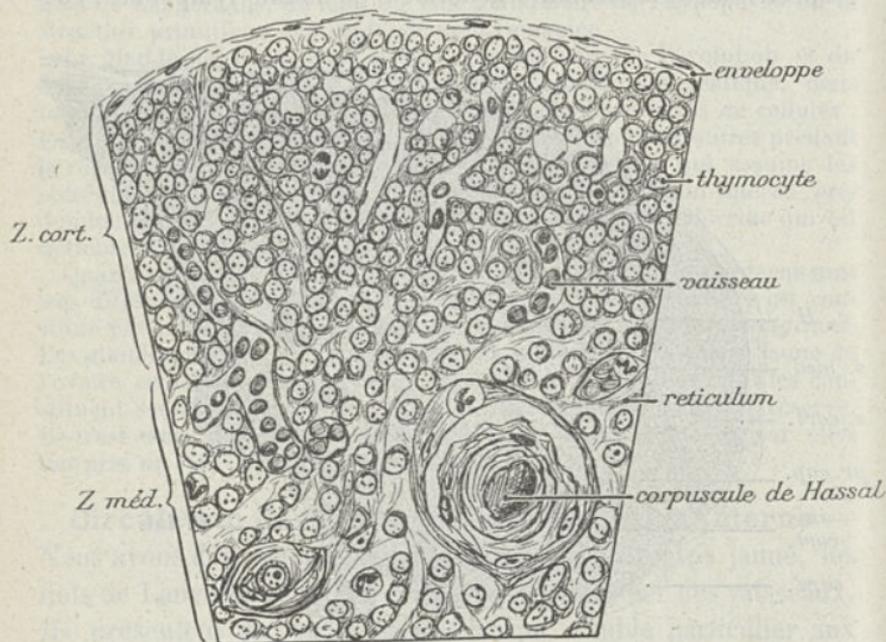


Fig. 150. — Thymus (détail). Coupe intéressant les deux substances.

avec les leucocytes qu'une ressemblance superficielle a cependant été soutenue par Dustin; les corpuscules de Hassal représenteraient alors des résidus vasculaires.

Si on ignore de façon précise le rôle physiologique du thymus, on sait qu'il régresse au moment de la puberté.

## SEIZIÈME LEÇON

### APPAREIL RESPIRATOIRE

L'appareil respiratoire comprend deux parties distinctes : l'une, *conduits aériens* : trachée-artère, larynx, bronches, est destinée au passage de l'air ; l'autre assure l'oxygénation du sang par un

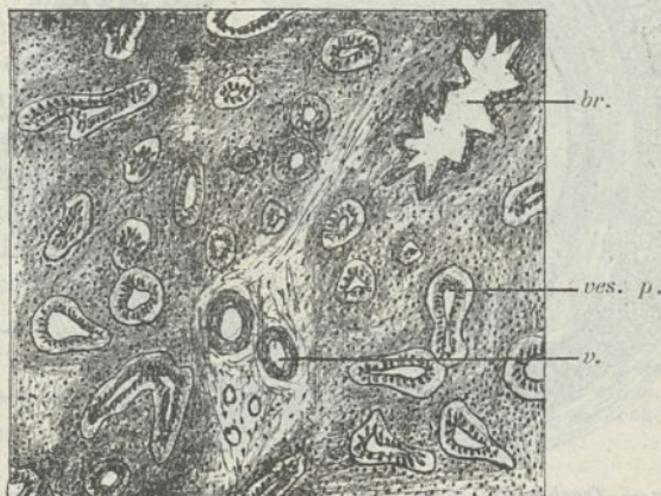


Fig. 151. — *Poumon de fœtus humain.* — *br.*, bronche ; *ves. p.*, vésicules pulmonaires (futurs alvéoles) ; *v.*, vaisseaux.  $\times 200$ .

voisinage aussi intime que possible avec l'air inspiré, c'est le parenchyme pulmonaire.

Le poumon se développe aux dépens d'un bourgeon issu du tube digestif, comme une glande en grappe, le pancréas par exemple. Chez le fœtus qui n'a pas respiré, l'épithélium qui tapisse les alvéoles pulmonaires est encore cylindro-cubique (fig. 151). C'est seulement lorsque l'enfant respire qu'il prend sa forme caractéristique.

## I. — CONDUITS AÉRIENS

**Conduits aériens.** — Leur structure est caractérisée par un certain nombre de traits généraux. Un épithélium cylindrique vibratile les tapisse; un squelette cartilagineux les maintient rigides et empêche leurs parois de s'affaisser. Nous en étudierons

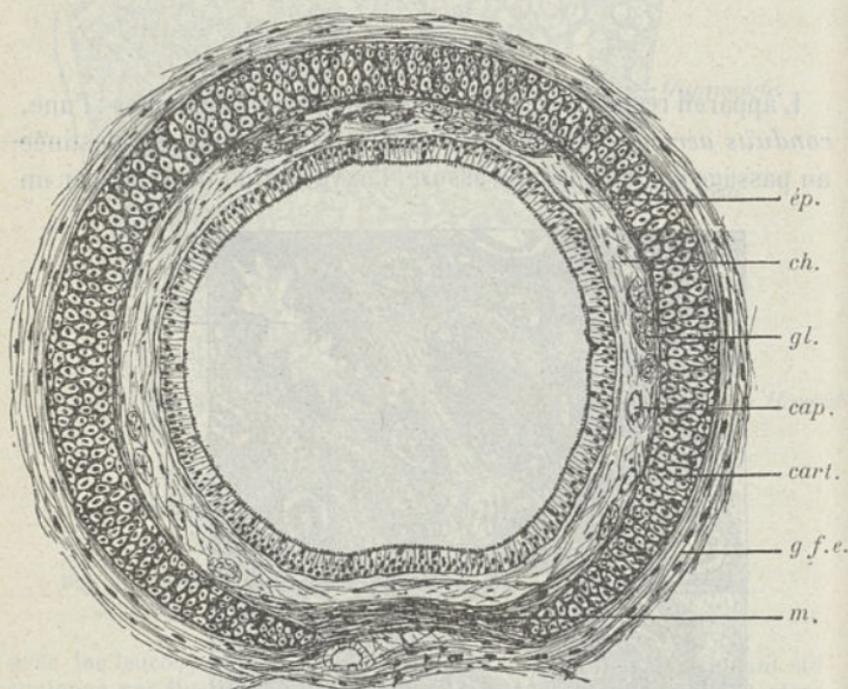


Fig. 152. — *Trachée de Cobaye.* — *ép.*, épithélium; *ch.*, chorion; *cart.*, cartilage; *g. f. e.*, gaine fibro-élastique; *gl.*, glandes; *cap.*, capillaire; *m.*, muscle trachéal.  $\times 80$ .

la structure sur une trachée de Chien ou de Cobaye (fig. 152) ou sur un fragment de trachée humaine (fig. 153).

**Trachée.** — De l'intérieur vers l'extérieur, on rencontre dans la trachée plusieurs assises cellulaires. Tout d'abord une couche *muqueuse* qui comprend un *épithélium* et un *chorion*.

L'*épithélium* est prismatique stratifié et cilié. Les cellules superficielles, vibratiles, sont parsemées de cellules muqueuses.

La couche moyenne est composée de cellules *cunéiformes* non différenciées intercalées entre la base des précédentes. La couche profonde comprend les *cellules basales*, considérées comme *génératrices*,

Le *chorion* est formé de tissu conjonctif riche en fibres élastiques. La partie du chorion sous-jacente à l'épithélium est fréquemment infiltrée de globules blancs.

La partie profonde du chorion renferme les glandes.

Les glandes sont surtout développées au niveau des espaces intercartilagineux et à la face postérieure de la trachée où elles dépassent parfois les limites de la muqueuse. Elles sont du type alvéolaire composé. Les acini sont les uns séreux, les autres mixtes; les acini mixtes comprennent trois sortes

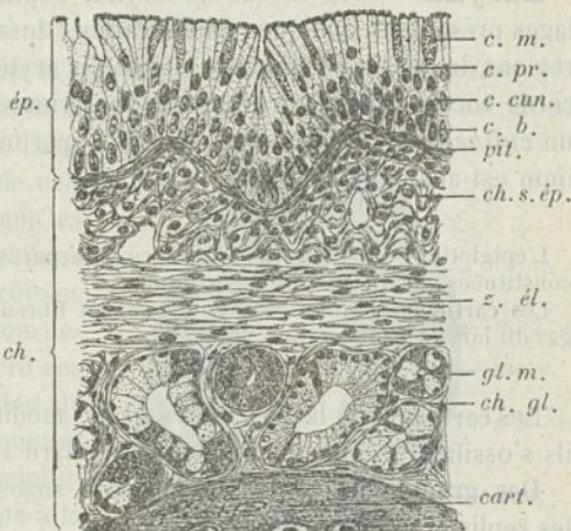


Fig. 153. — Muqueuse trachéale (Homme). — ép., épithélium avec; c. pr., cellules prismatiques; c. m., cellules muqueuses; c. cun., cellules cunéiformes; c. b., cellules basales; vit., vitrée; ch., chorion subdivisé en; ch. s. ép., chorion sous-épithélial; z. él., zone élastique; ch. gl., chorion glandulaire; gl. m., glandes mixtes; cart., cartilage. — Fix. liq de Zenker. Color. hématoxyl. Van Gieson.  $\times 500$ .

de cellules : des cellules muqueuses et deux autres espèces d'éléments dont le produit semble différent (fig. 153).

Une gaine *fibro-élastique*, contenant dans son épaisseur des *arcs cartilagineux*, est située en dehors de la muqueuse.

Le cartilage est hyalin et entouré par le *périchondre*. Un muscle, le *muscle trachéal* réunit les deux extrémités des arcs cartilagineux. Il est composé de fibres musculaires lisses, à direction transversale.

**Fosses nasales et pharynx.** — La muqueuse des fosses nasales et du pharynx est tapissée d'un épithélium cylindrique

stratifié et cilié auquel sont annexées des glandes abondantes dans les fosses nasales.

Dans le fond du pharynx, la voie respiratoire croise la voie digestive : en général, toutes les parties qui peuvent entrer en contact avec les aliments sont tapissées de l'épithélium bucco-œsophagien.

**Larynx.** — Au niveau du larynx, l'épithélium et les cartilages présentent quelques modifications de structure. Certaines régions du larynx : l'épiglotte, les replis aryténo-épiglottiques, la corde vocale supérieure et parfois l'inférieure sont tapissées par un *épithélium pavimenteux stratifié* ; partout ailleurs l'épithélium est analogue à celui de la trachée.

L'épiglotte, le cartilage de Wrisberg, une partie de l'aryténoïde sont constituées par du *cartilage élastique*.

Les cartilages de Santorini sont souvent fibreux. Les autres cartilages du larynx sont hyalins.

Les cartilages du larynx subissent des modifications avec l'âge ; ils s'ossifient fréquemment chez le vieillard.

Des groupes de glandes importants siègent notamment dans les replis aryténo-épiglottiques.

Le mouvement des cils dans les canaux aériens est orienté de sorte que les poussières et le mucus soient chassées du lobule pulmonaire vers l'orifice des fosses nasales.

L'étude des différentes parties de l'arbre bronchique ne peut être séparée de celle du poumon.

## II. — POUMONS

Une coupe transversale de poumon de Rat ou de Cobaye nous montre les dernières ramifications des conduits aériens et le parenchyme pulmonaire.

**Bronches.** — La structure des bronches intra-pulmonaires rappelle celle de la trachée, avec une simplification progressive de la structure, au fur et à mesure de la diminution du calibre.

Les différentes parties de l'arbre bronchique sont les suivantes : la *bronche-souche* ou principale donne naissance à des collatérales, les *bronches secondaires*, dont les dernières ramifications, *bronches interlobulaires*, ont deux millimètres de diamètre. Puis viennent les *bronches lobulaires* d'abord *sus-lobulaires*, puis *intra-lobulaires*, qui ont un millimètre de diamètre. Celles-ci donnent naissance à une dizaine ou une quinzaine de *bronchioles terminales* ou *acineuses*.

Les bronches offrent à considérer :

1° *Une muqueuse*. L'épithélium est du type trachéal. Dans les bronches au-dessous de 2 mm. de calibre, l'épithélium est à une seule couche de cellules ciliées mélangées de cellules muqueuses. Dans les dernières ramifications bronchiques (bronchioles acineuses) l'épithélium devient cubique et perd ses cils. Dans les bronches de faible calibre la muqueuse présente des plis longitudinaux, ce qui donne à la lumière du conduit un aspect étoilé.



Fig. 154. — *Bronche de moyen calibre (interlobulaire) d'un poumon de Rat.* — *muq.*, muqueuse (épithélium et chorion) présentant un certain nombre de replis; *musc.*, musculuse; *g. f. él.*, gaine fibro-élastique contenant dans son épaisseur des nodules cartilagineux : *cart.* × 80.

Le chorion est constitué par du tissu conjonctif riche en fibres élastiques, infiltré de lymphocytes. Les lymphocytes peuvent y être groupés en amas lymphoïdes, notamment au niveau des bronches sus-lobulaires.

2° *Une couche musculaire*, composée de fibres lisses (muscle de Reissessen), circulaires. L'épaisseur relative de cette couche augmente au fur et à mesure que diminue le calibre de la bronche, puis diminue rapidement. Il en résulte que les fines bronches ont une paroi surtout musculaire.

3° *Une gaine fibro-élastique* renfermant des *cartilages*. Le cartilage a dans les deux bronches-souches la même disposition

que dans la trachée <sup>1</sup>. Il se fragmente dans les bronches secondaires en un certain nombre de pièces isolées et irrégulières. Le cartilage disparaît dans les bronches lobulaires et ne pénètre jamais à l'intérieur du lobule.

Entre ces petites pièces cartilagineuses se trouvent les glandes, mixtes et séreuses, qui diminuent avec le calibre de la bronche et qui disparaissent au même niveau que le cartilage.

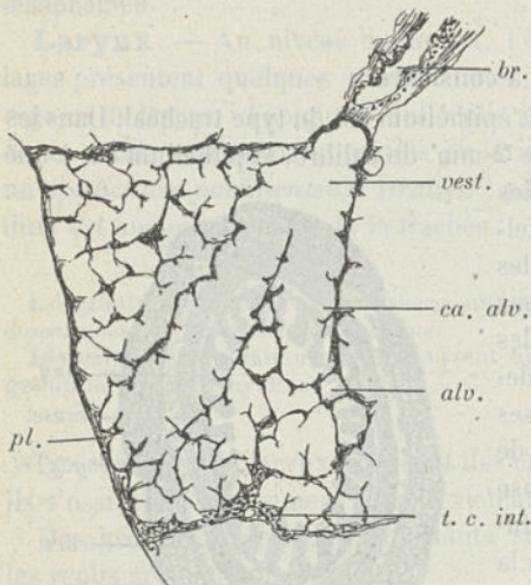


Fig. 155. — Poumon de Cobaye (Nouveau-né). Coupe semi-schématique montrant les ramifications de la bronchiole terminale. — *br.*, bronche; *vest.*, vestibule; *ca. alv.*, canaux alvéolaires; *alv.*, alvéoles; *t. c. int.*, tissu conjonctif interlobulaire; *pl.*, plèvre.  $\times 20$ .

Les artères et les veines pulmonaires suivent le trajet de la bronche jusqu'à son entrée dans le lobule. On rencontre fréquemment au pourtour du pédicule bronchique des nodules lymphoïdes.

**Parenchyme pulmonaire.** — Le parenchyme pulmonaire se présente sous forme de min-

ces travées, reliées entre elles et délimitant de vastes cavités aériennes : les *alvéoles*. Les cavités aériennes sont le prolongement et l'expansion des dernières ramifications bronchiques ; pour en prendre une notion précise, il faut rechercher sur la préparation, de préférence sous la plèvre, une région où l'on puisse saisir le mode d'union des bronchioles terminales et des alvéoles.

Sur une pareille région (fig. 155 et 157), on voit que l'épithélium de la bronchiole terminale ou acineuse s'aplatit de plus en plus. Les bronchioles se continuent par de larges conduits, les

1. Les cartilages des bronches renferment souvent des fibres élastiques (de Ker-vily).

*canaux alvéolaires*, sur lesquels s'ouvrent de nombreuses

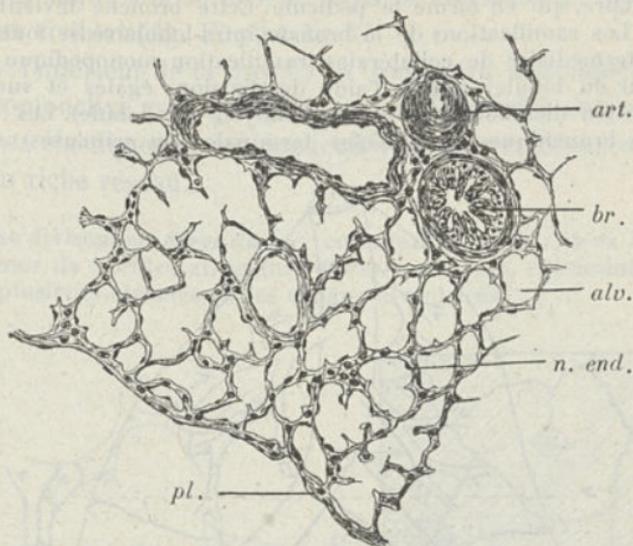


Fig. 156. — Coupe de Poumon de Cobaye. — *alv.*, alvéoles coupés dans différents sens; *n. end.*, noyaux endothéliaux faisant saillie dans la lumière de l'alvéole; *br.*, bronchiole; *art.*, artère; *pl.*, plèvre.  $\times 250$ .

cavités ampullaires : les *alvéoles*. C'est à la section des parois des canaux alvéolaires et des alvéoles que le parenchyme pulmonaire doit son aspect trabéculaire. Si cette section passe au niveau de l'ouverture de l'alvéole dans le canal alvéolaire, on a, en coupe, une travée isolée, en arcade; si elle passe en dehors de cet orifice, on a une travée continue, irrégulièrement circulaire, en continuité avec les travées voisines.

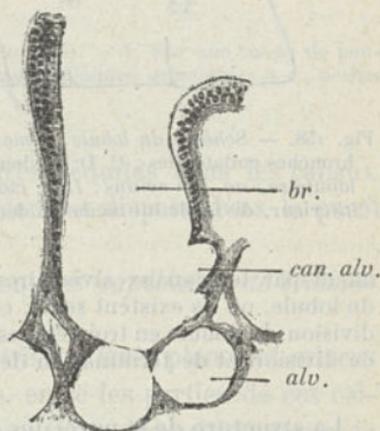


Fig. 157. — Passage de la bronche terminale aux alvéoles (poumon de Cobaye). — *br.*, bronchiole terminale; *can. alv.*, canaux alvéolaires; *alv.*, alvéoles.  $\times 500$ .

L'architecture du poumon n'a pu être exactement déterminée que par l'examen de coupes en série et des reconstitutions plastiques basées sur des coupes (Laguesse et d'Hardivillier). Le poumon se compose d'une série d'individualités, qui sont les *lobules pulmonaires*. Le lobule pul-

monaire a une forme pyramidale et une taille d'un centimètre à un centimètre et demi. Le sommet de la pyramide est occupé par la bronche sus-lobulaire, qui en forme le pédicule. Cette bronche devient intralobulaire. Les ramifications de la bronche intra-lobulaire se font d'abord par l'intermédiaire de collatérales (ramification monopodique — étage supérieur du lobule) puis à l'aide de divisions égales et successives (ramification dichotomique — étage moyen du lobule). Les derniers rameaux bronchiques (bronchioles terminales ou acineuses) se conti-

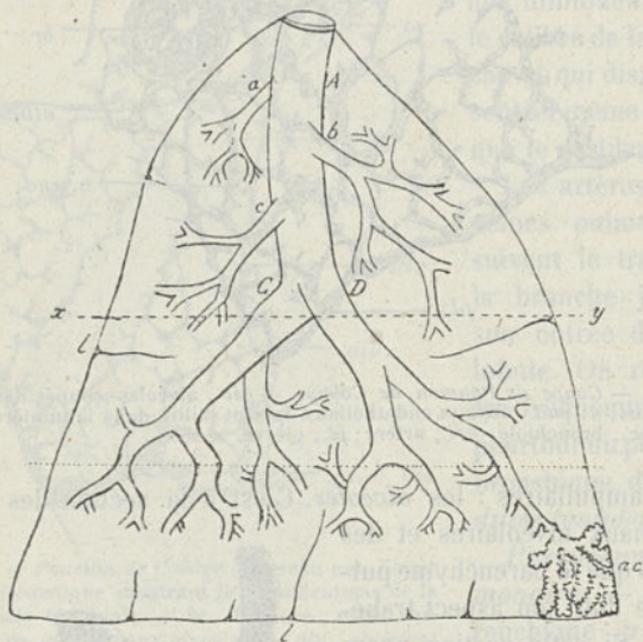


Fig. 158. — Schéma du lobule pulmonaire. — A, Bronche intralobulaire; a, b, c, bronches collatérales; C, D, les deux branches de division de la bronche intralobulaire; ac., un acinus; l, L, cloisons limitantes du lobule; au-dessous l'étage inférieur, divisible lui-même en deux sous-étages (D'après Laguesse).

nent par les canaux alvéolaires et les alvéoles dans l'étage inférieur du lobule, où ils existent seuls, et dans les deux étages supérieurs. La division du lobule en trois étages schématiques repose ainsi sur le mode de division et de terminaison de la bronche intra-lobulaire (fig. 158).

La structure de la paroi des cavités respiratoires est la suivante.

Elles sont tapissées par un épithélium aplati, l'épithélium respiratoire. Cet épithélium qui a la structure des endothéliums, est très mince et difficile à voir sur les coupes. Les limites des cellules peuvent être mises en évidence par le nitrate d'argent (fig. 159). Il comprend de grandes plaques cellulaires anucléées

et de petites cellules. Les noyaux de ces petites cellules épithéliales font saillie à la surface de la paroi alvéolaire et sont seuls aisément visibles (fig. F, planche V).

Dans l'intérieur de la travée, on rencontre une mince membrane conjonctive avec quelques noyaux de cellules conjonctives. Les fibres élastiques y sont particulièrement nombreuses et forment un riche réseau.

Elles se divisent en *fibres du sac*, entourant l'alvéole, *fibres d'orifice*, au pourtour de l'orifice alvéolaire, *fibres communes*, entourant les orifices de plusieurs alvéoles ou les canaux alvéolaires.

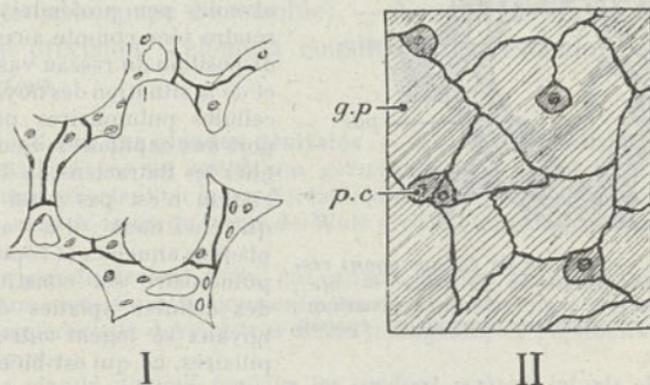


Fig. 159. — Nitration de l'endothélium pulmonaire. — I. Sur une coupe de poumon. — II. Après étalement; *g. p.*, grandes plaques anucléées; *p. c.*, petites cellules pulmonaires.

Les fibres musculaires lisses, très réduites dans les canaux alvéolaires, ont à peu près complètement disparu dans la paroi des alvéoles.

Les parois des alvéoles renferment les *capillaires de l'hématoxose*.

Les capillaires sont disposés entre les faces planes et minces des cellules endothéliales contiguës, entre les parties de ces cellules qui ne contiennent pas le noyau. Cette disposition assure le minimum d'épaisseur de paroi (2 plaques endothéliales très minces : épithélium pulmonaire et endothélium du capillaire) entre l'air de l'alvéole et le globule rouge du capillaire, qui doit se charger d'oxygène et perdre son acide carbonique au contact de l'air inspiré.

On peut rencontrer dans la lumière de l'alvéole, ou même dans sa paroi propre, des cellules chargées de grains de poussière noirâtre, d'origine aérienne : *cellules à poussière* ou à charbon, qui sont soit des leucocytes, soit des cellules endothéliales jouant un rôle phagocytaire (fig. 160).

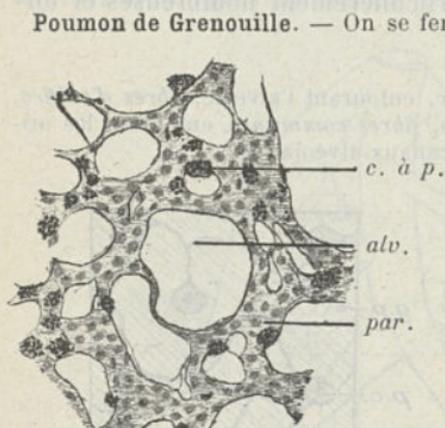


Fig. 160. — Poumon de Cobaye ayant respiré des poussières de silice. — *alv.*, alvéoles; *c. à p.*, cellules à poussière; *par.*, parenchyme pulmonaire épaissi.  $\times 250$ .

**Poumon de Grenouille.** — On se fera une bonne idée de l'épithélium pulmonaire en examinant une préparation de poumon de grenouille imprégné par le nitrate d'argent. Le poumon des Batraciens a la forme d'un sac dont la paroi gaufrée renferme des alvéoles peu profondes. On se rendra bien compte aussi de la disposition du réseau vasculaire et de la situation des noyaux des cellules pulmonaires par rapport aux capillaires. Seulement chez les Batraciens, la différenciation n'est pas aussi grande que chez nous : il n'y a pas de plaques anuclées et l'épithélium pulmonaire est constitué par des cellules aplaties dont les noyaux se logent entre les capillaires, ce qui est bien visible

sur une préparation injectée figure F, planche V.

**Plèvre.** — La plèvre, qui entoure l'organe, présente les caractéristiques d'une membrane séreuse. Elle est constituée par une couche endothéliale, doublée de tissu conjonctif.

### Technique

On fixera le poumon en injectant le liquide fixateur par la trachée après avoir aspiré l'air le mieux possible avec une seringue. On colorera le poumon avec les méthodes ordinaires et avec les colorants des fibres élastiques.

On pourra injecter une solution faible de nitrate d'argent par la trachée (nitrate à 1/2 p. 100) additionnée de quelques gouttes d'acide osmique à 2 p. 100 et exposer à la lumière des fragments de tissu disséqués avec les ciseaux et étalés avec des aiguilles.

Le poumon de grenouille sera ouvert longitudinalement et nitraté comme un mésentère (Voir épithéliums).

OUVRAGE A CONSULTER. — Laguesse et d'Hardiviller, Sur la topographie du lobule pulmonaire chez l'Homme, *Bibliogr. anatomique*, 1898.

## DIX-SEPTIÈME LEÇON

### GLANDES GÉNITALES ET ANNEXES

**Testicule** (coupe d'ensemble). — Nous avons étudié dans un chapitre précédent l'élément constitutif du testicule : *le tube séminifère*.

**Organogénèse des glandes génitales.** — L'ébauche génitale est constituée d'abord par un épithélium germinatif sous lequel se trouvent des cordons sexuels (Voir leçon X). Ces cordons migrent en profondeur. Puis des canaux issus du corps de Wolf arrivent dans la partie centrale de la glande :

1° Si la glande devient mâle, ces canaux entrent en connexion avec les cordons sexuels qui se creusent pour devenir les tubes séminifères. La zone superficielle devient très dense (albuginée) et l'épithélium germinatif tombe ;

2° Si la glande devient femelle, les cordons restent latents dans la substance médullaire où ils s'atrophient plus ou moins : cordons médullaires. L'épithélium germinatif donne en trois poussées successives les cordons de Pflüger aux dépens desquels se formeront les ovocytes. Les cordons médullaires, généralement disparus chez la femme, persistent dans l'ovaire adulte chez les Carnassiers.

Sur une coupe totale de testicule, on voit la coupe des tubes séminifères contournés et entortillés les uns autour des autres constituant la presque totalité de l'organe. Le testicule est entouré d'une membrane conjonctive : l'*albuginée*. Celle-ci envoie à l'intérieur des cloisons qui partagent l'organe en un certain nombre de lobes. Ces cloisons convergent vers un même point constituant le *rete testis*, au niveau duquel les tubes séminifères s'abouchent dans des canaux efférents tapissés d'un épithélium cubique ou prismatique cilié.

Ces canaux efférents se continuent hors du testicule, se réunissent les uns aux autres pour constituer un canal unique l'*épididyme*.

Entre les tubes séminifères se trouve un tissu conjonctif lâche dans lequel circulent les vaisseaux. On y rencontre, en plus ou moins grande abondance, des cellules polyédriques dont le cytoplasme est bourré d'enclaves diverses. Ce sont les *cellules interstitielles* du testicule que nous avons étudiées à propos de la sécrétion interne.

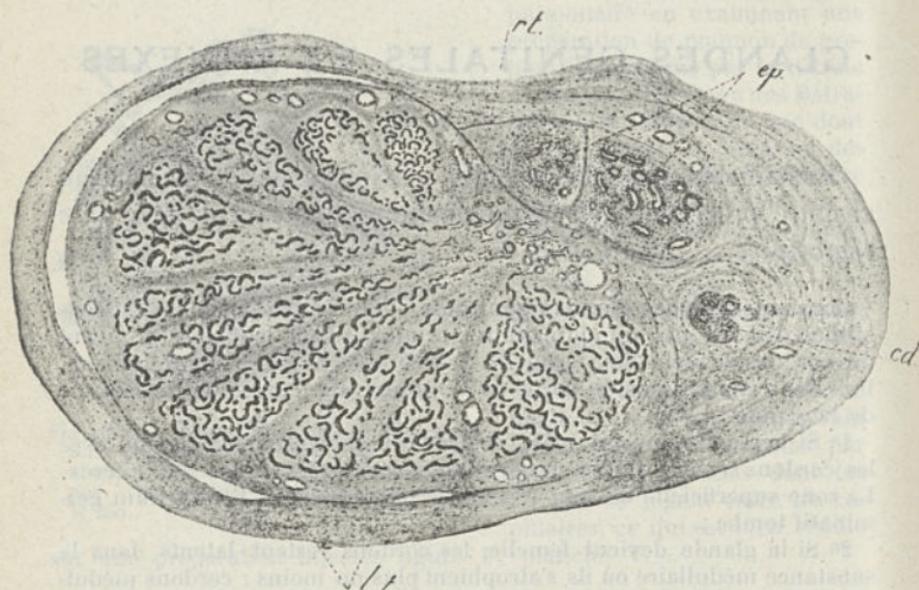


Fig. 161. — Coupe transversale de testicule d'enfant de trois ans passant au niveau de la tête de l'épididyme. — l. t., lobes testiculaires; rt., rete testis; ép., épидидyme; c. d., canal déférent sectionné en quatre points de son trajet à cause de ses nombreux replis.  $\times 15$  (Prenant, Bouin et Maillard).

Les testicules sans tubes séminifères, mais possédant une glande interstitielle abondante se montrent capables de maintenir les caractères sexuels secondaires (Ancel et Bouin) tout au moins chez les Mammifères.

**Epididyme** (fig. 162). — L'épididyme présente à considérer deux portions de structure diverse. *La tête* fait suite au *rete testis*. Elle montre la coupe de différents tubes collecteurs tapissés d'un épithélium cubique cilié et caractérisée par des replis de cet épithélium. *La queue* de l'épididyme est constituée par le tube unique résultant de la confluence de ceux que nous venons d'étudier, mais comme ce tube est très long, très fin et replié sur lui-même, on en voit sur une préparation de nombreuses coupes

successives. Il est tapissé par un épithélium cylindrique dont les

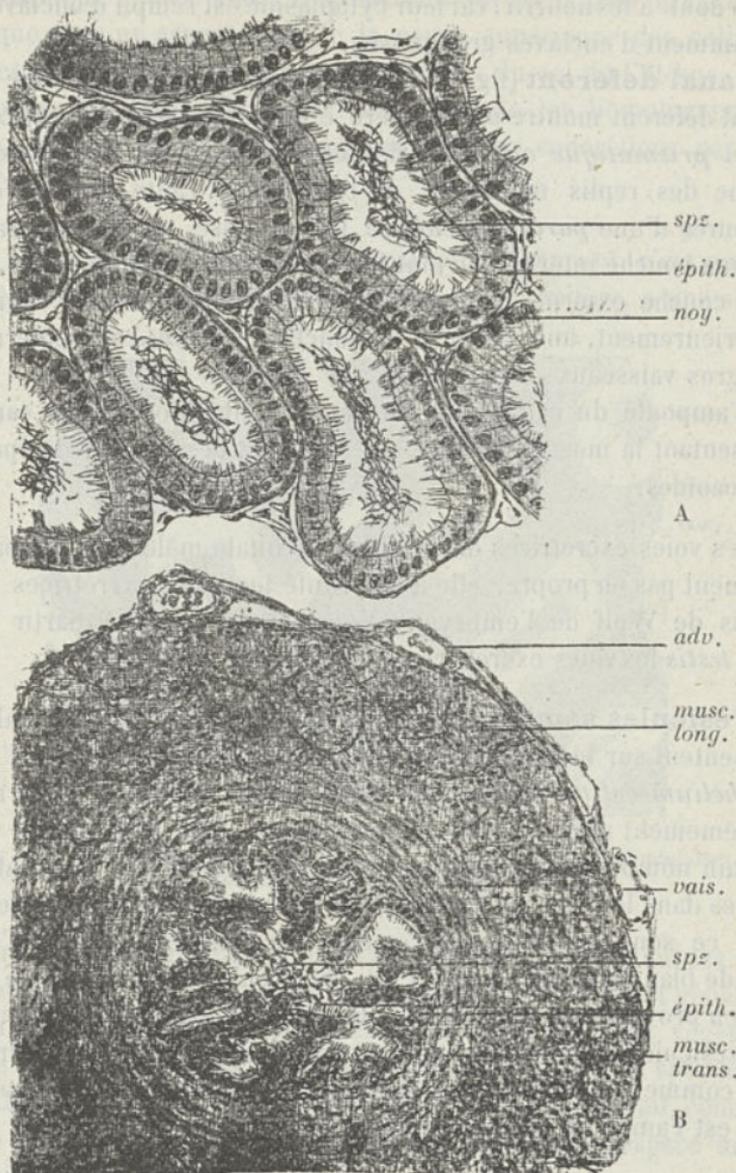


Fig. 162. — A, Epididyme. *spz.*, (queue) spermatozoïdes; *épith.*, cellules épithéliales ciliées; *noy.* noyaux.  $\times 500$ . — B, Canal déférent. *adv.*, adventice; *musc. long.*, tunique musculaire lisse longitudinale; *musc. trans.*, tunique interne transversale; *vais.*, gros vaisseaux de l'adventice.  $\times 120$ .

cellules possèdent de très longs cils. Ces cellules n'ont pas seulement pour rôle de pousser les spermatozoïdes par le mouve-

ment de leurs cils <sup>1</sup>, elles élaborent des substances destinées sans doute à les nourrir, car leur cytoplasme est rempli d'enclaves, notamment d'enclaves graisseuses.

**Canal déférent** (fig. 162, B). — Une coupe transversale de canal déférent montre une lumière étroite tapissée d'un *épithélium prismatique cilié* qui, doublé du conjonctif sous-jacent, forme des replis nombreux et compliqués. Cette lumière est entourée d'une *paroi musculaire* fort épaisse, se décomposant en une couche interne, surtout formée de fibres transversales, et une couche externe composée de fibres longitudinales. Enfin extérieurement, une tunique conjonctive (*adventice*) renferme les gros vaisseaux.

L'ampoule du canal déférent est une dilatation de ce canal présentant la même structure que lui, c'est le réservoir de spermatozoïdes.

Les voies excrétrices de la glande génitale mâle ne lui appartiennent pas en propre, elle a emprunté les voies excrétrices du corps de Wolf de l'embryon (Voir embryologie). A partir du *rete testis* les voies excrétrices sont d'origine wolfienne.

**Vésicules séminales** (fig. 163). — Les vésicules séminales présentent sur les préparations l'aspect de cavités tapissées d'un *épithélium cylindrique simple* avec cellules basales et de forme extrêmement anfractueuse et compliquée. Chez l'Homme et un certain nombre de Mammifères elles renferment des spermatozoïdes dans leur cavité. Chez les Rongeurs, elles n'en renferment pas, ce sont des cavités purement sécrétantes, remplies d'un liquide blanchâtre et visqueux qui est expulsé avec le sperme et qui en provoque la coagulation. En général, on doit considérer les vésicules séminales plutôt comme des cavités glandulaires que comme un réservoir de spermatozoïdes. Le véritable réservoir est l'ampoule du canal déférent.

**Prostate.** — La prostate comprend un stroma conjonctif très riche en *fibres musculaires lisses* avec quelques fibres striées. Elle

1. Les cils ne sont pas mobiles dans la queue, ils forment un pinceau qui paraît avoir pour rôle de pomper comme une mèche les substances sécrétées par la cellule.

renferme un petit nombre de cavités glandulaires très repliées et compliquées d'alvéoles. L'épithélium qui les tapisse est prismatique avec un aspect clair de la partie supérieure des cellules. Ces glandes sont très analogues à celles du col de l'utérus, auxquelles l'embryologie permet d'ailleurs de les homologuer très exactement. Elles renferment souvent des concrétions particulières.

Il est un fait d'anatomie comparée très frappant, c'est que, si l'élément essentiel du testicule : le tube séminifère, a une struc-

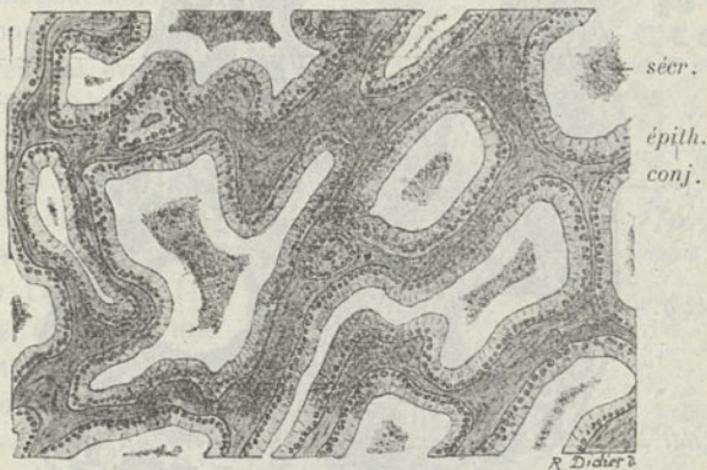


Fig. 163. — *Vésicule séminale* (Taureau). — *épith.*, épithélium glandulaire; *conj.*, tissu conjonctif; *sécr.*, produit de sécrétion.

ture très homogène chez les divers animaux, si surtout les phénomènes essentiels de la spermatogénèse sont à ce point généraux qu'ils sont semblables pour les animaux et pour les végétaux, les annexes génitales ont au contraire des variations spécifiques extrêmement étendues de telle sorte qu'on ne saurait conclure en ce qui les concerne d'une espèce à une autre espèce même voisine.

**Ovaire.** — Nous n'avons étudié dans l'ovaire que l'élément le plus important : l'ovocyte. Une coupe d'ovaire adulte (fig. 164) montre à la périphérie de l'organe l'épithélium germinatif qui a

persisté ainsi que nous l'avons dit. A la périphérie de l'ovaire, une couche corticale renferme les éléments essentiels : *les ovocytes jeunes, les follicules de de Graaf*. Au centre, une couche

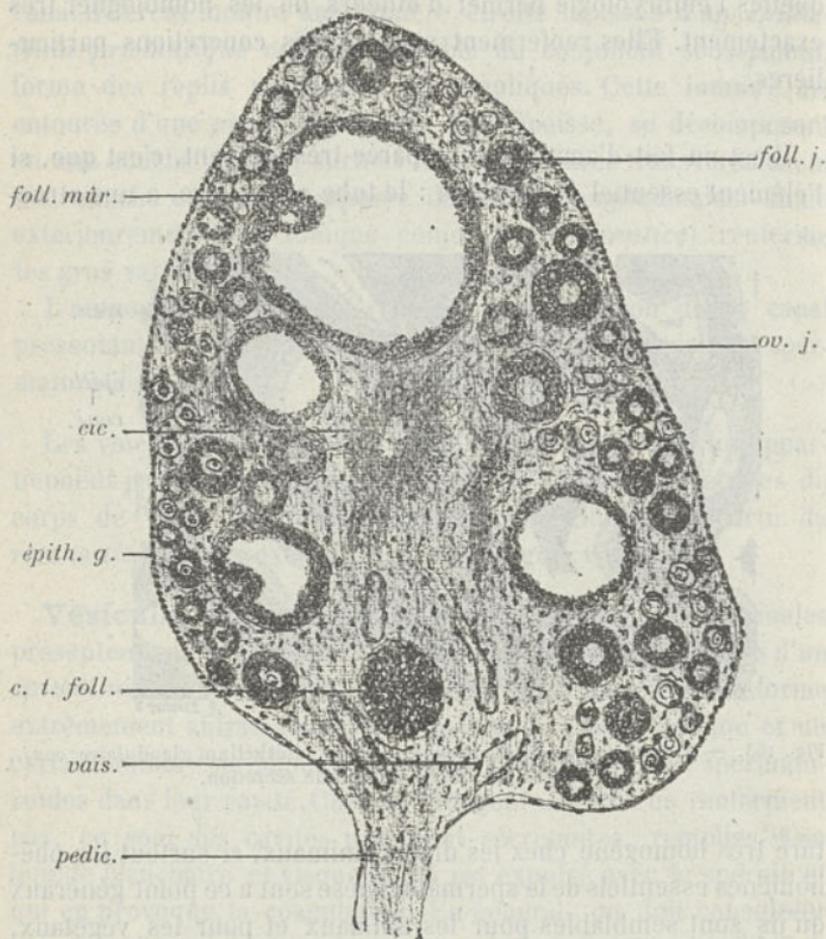


Fig. 164. — Coupe totale de l'ovaire d'une Guenon. — *pedic.*, pédicule; *vais.*, gros vaisseaux du hile; *épith. g.*, épithélium germinatif; *ov. j.*, ovocytes jeunes dans la zone corticale; *foll. j.*, follicule jeune non kystique; *foll. mûr.*, follicule non kystique avec liquide folliculeux; *c. t. foll.*, coupe tangentielle d'un follicule; *cic.*, cicatrice d'un corps jaune.

médullaire constituée d'un tissu conjonctif plus lâche que celui de la couche corticale renferme les vaisseaux qui pénètrent dans l'ovaire au niveau du hile. Nous avons examiné déjà l'évolution des cellules des cordons de Pflüger (Chap. X), qui aboutissent à

la formation de follicules de Graaf ; ils sont constitués de deux sortes de cellules : les unes, grandes, deviendront les *ovocytes* ; les autres, petites, seront les *cellules folliculeuses*. Dans l'ovaire adulte, les grandes cellules sont isolées et entourées de deux ou trois petites cellules. C'est un ovocyte à l'état latent.

Outre ces ovocytes qui sont pour ainsi dire au repos, on en trouve d'autres qui évoluent, pour lesquels la période d'accroissement touche à sa fin. Les petites cellules folliculeuses se sont multipliées et entourent l'ovocyte comme d'une couronne d'abord formée d'une couche de cellules, puis de plusieurs. Dès ce stade, on observe autour de l'ovocyte une membrane striée radiairement : c'est la *zone pellucide*. L'ensemble de l'œuf et des cellules folliculeuses reçoit le nom de *follicule de de Graaf*. Le follicule s'accroît encore par multiplication des cellules folliculeuses, puis une partie de celles-ci se liquéfient, formant une cavité remplie de liquide (*liquor folliculi*) (voir fig. 85).

Le follicule mûr est donc formé d'une couche pariétale de cel-

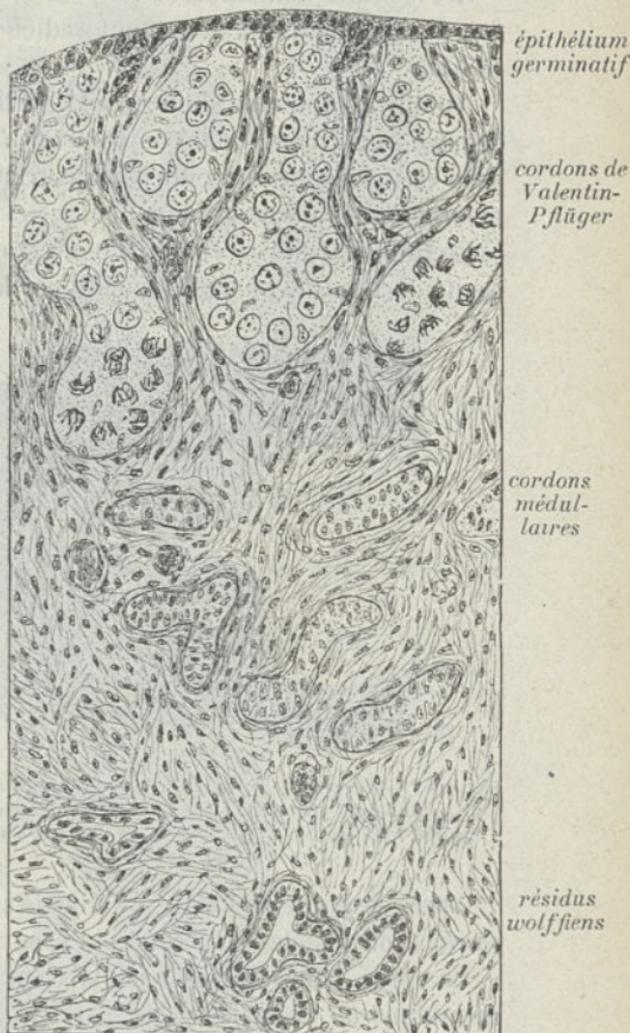


Fig. 165. — Ovaire embryonnaire (ourse nouveau-née).

lules folliculeuses (*membrana granulosa*). En un point, cette couche présente un épaississement (*cumulus proliger*) renfermant l'œuf entouré de la zone-pellucide.

Les cellules folliculeuses les plus voisines de l'œuf présentent une disposition assez nettement radiée et constituent la *corona radiata*.

Autour du follicule de de Graaf, le tissu conjonctif s'est condensé en une membrane conjonctive : la *thèque*, qu'on décompose en thèque interne renfermant surtout des cellules, et thèque externe où les fibres prédominent.

Le follicule mûr se rompt, l'œuf est expulsé et tombe dans la cavité péritonéale où il est recueilli par la trompe.

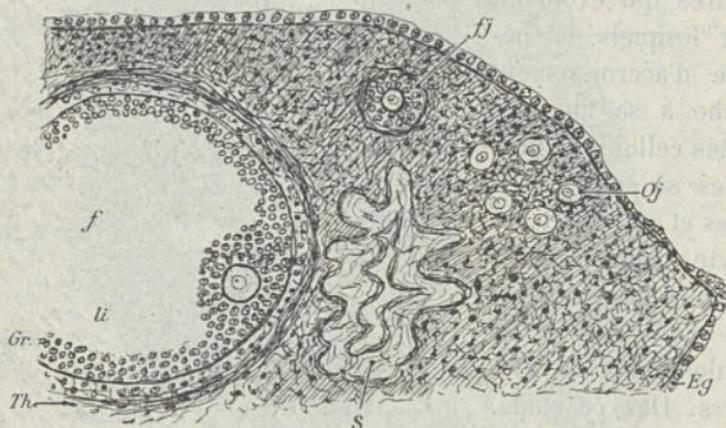


Fig. 166. — Fragment d'ovaire de jeune femme. *o. j.*, ovocytes jeunes latents ; *f. j.*, follicule jeune ; *E. g.*, épithélium germinatif ; *f.*, follicule adulte ; *li.*, liquide folliculaire ; *th.*, thèque ; *S.*, membrane de Slavjansky.

Après la ponte de l'œuf, le follicule se transforme en un *corps jaune* (voir glandes à sécrétion interne : 15<sup>e</sup> leçon).

Le corps jaune régresse en laissant une cicatrice fibreuse ou membrane de Slavjansky qui persiste longtemps dans l'ovaire, d'abord très pigmentée, puis incolore.

L'ovaire de la femme ne renferme outre les follicules et les corps jaunes, que du tissu conjonctif. Chez les Rongeurs, il existe entre les follicules des travées de cellules qui ressemblent aux cellules interstitielles du testicule et qui constituent les *cellules interstitielles de l'ovaire* dont nous avons parlé. Elles se forment probablement aux dépens de follicules abortifs.

Chez les Carnassiers les cordons médullaires persistent dans la zone médullaire de l'ovaire où on retrouve souvent aussi des débris de canalicules wolffiens équivalents au *rete testis*.

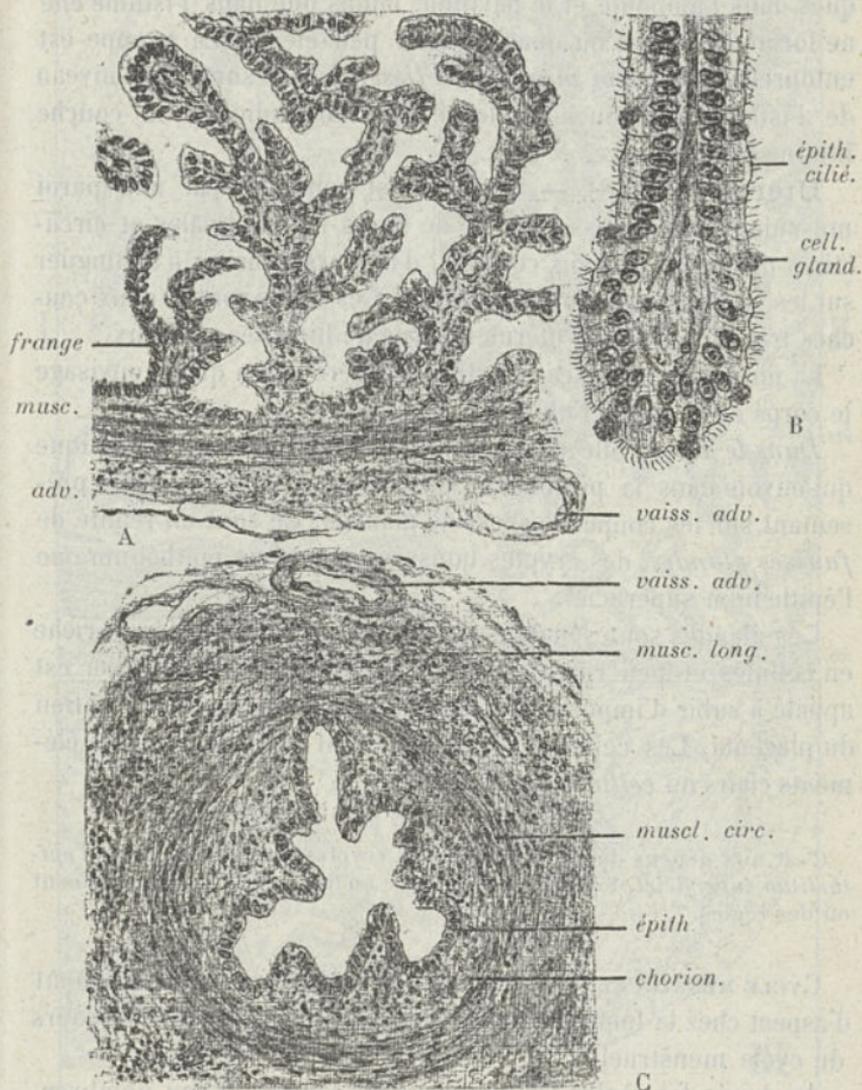


Fig. 167. — Structure de la trompe utérine de la Femme. — A, fragment de la paroi tubaire au niveau de l'ampoule.  $\times 80$ . — B, une frange tubaire très grossie.  $\times 500$ . — C, coupe de la trompe au niveau de l'isthme.  $\times 80$ .

**Trompe** (fig. 167). — La trompe de Fallope diffère selon qu'on envisage l'ampoule, le pavillon ou l'isthme ; les différences

portent sur la muqueuse. Tapissée partout d'un *épithélium prismatique cilié* (renfermant entre les cellules ciliées quelques cellules glandulaires <sup>1</sup>) elle forme des replis nombreux et compliqués dans l'ampoule et le pavillon, tandis que dans l'isthme elle ne forme que trois ou quatre replis peu élevés. La trompe est entourée d'une *paroi musculaire lisse*, épaisse surtout au niveau de l'isthme. La couche externe est longitudinale, la couche interne est circulaire.

**Utérus** (fig. 168). — L'utérus est constitué par une paroi musculaire très épaisse formée de fibres longitudinales et circulaires disposées en trois couches, d'ailleurs difficiles à distinguer sur les préparations d'utérus féminin. Ces fibres sont en deux couches très nettes dans l'utérus bicorne de bien des animaux.

La muqueuse de la cavité utérine diffère selon qu'on envisage le corps ou le col de l'utérus.

Dans le corps, elle est tapissée d'un épithélium prismatique qui envoie dans la profondeur des invaginations profondes présentant sur les coupes l'aspect de glandes. Ce sont en réalité de *fausses glandes*, des cryptes tapissées du même épithélium que l'épithélium superficiel.

Ces glandes sont séparées par un tissu conjonctif ferme riche en cellules et peu riche en fibres. Ce tissu tout particulier est appelé à subir d'importantes modifications pendant la formation du placenta. Les cellules se transforment alors en grands éléments clairs ou *cellules déciduales*.

C'est aux dépens de l'épithélium des cryptes que se *régénère l'épithélium superficiel*, lorsqu'il a desquamé au moment de l'accouchement ou des règles.

**CYCLE MENSTRUEL.** — La muqueuse utérine varie constamment d'aspect chez la femme surtout parce qu'elle se modifie au cours du cycle menstruel :

1° Après les règles les glandes sont courtes et peu nombreuses, rectilignes ou à peu près ;

2° Au milieu de la période intermenstruelle, les glandes qui

1. Au moment où l'œuf pondu traverse la trompe de Fallope, au moins chez la lapine, la plupart des cellules ciliées se transforment en cellules à mucus.

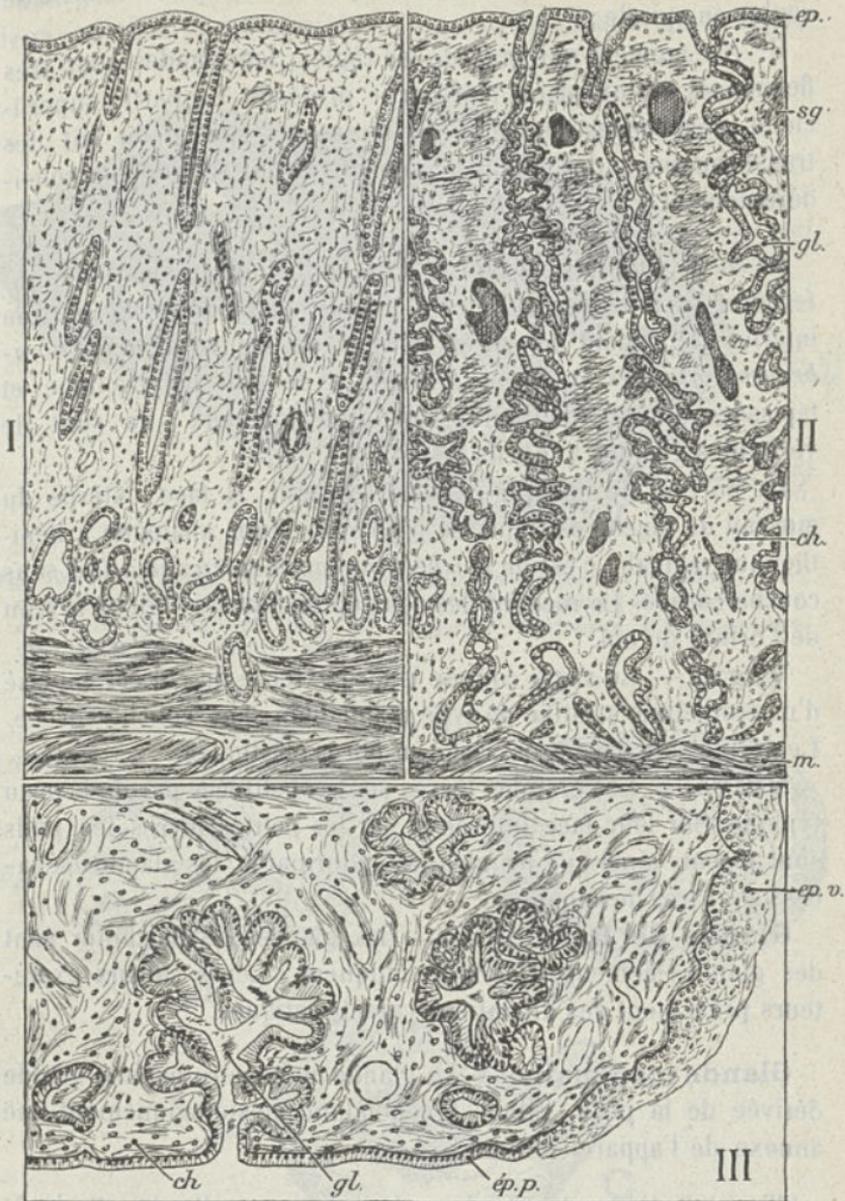


Fig. 168. — I et II, muqueuse utérine; I, au stade intermenstruel; II, au stade prémenstruel; III, muqueuse du col. — II, *ép.*, épithélium; *sg.*, sang épanché; *gl.*, glandes sinueuses; *ch*, chorion; *m.*, muscle. — III, *ép. v.*, épithélium pavimenteux type vaginal; *ép. p.*, épithélium prismatique; *gl.*, glandes; *ch.*, chorion  $\times 200$ .

se sont multipliées activement sont plus serrées et tendent à se rouler en spirale ;

3° Au moment qui précède les règles, les glandes sont très flexueuses surtout dans leur partie profonde. La partie superficielle très congestionnée prend un aspect spécial du fait des transformations des cellules conjonctives qui se gonflent considérablement.

Le col de l'utérus est tapissé d'un épithélium prismatique renfermant surtout des cellules à mucus, dans toute la portion interne. Dépendant de cet épithélium, on trouve de très nombreuses glandes à large lumière, à contour polycyclique et tapissées d'un épithélium prismatique muqueux : ce sont de véritables glandes à mucus.

La portion du col qui regarde le vagin, la face externe du museau de tanche est tapissée d'un épithélium analogue à l'épithélium vaginal : c'est un épithélium pavimenteux stratifié, sans couche cornée. Le raccord des deux épithéliums se fait au niveau de l'orifice du col.

**Vagin.** — Le vagin comme la face externe du col est tapissé d'un épithélium stratifié de type malpighien sans couche cornée. Le derme sous-jacent est riche en fibres élastiques.

**Vulve.** — Les grandes lèvres sont constituées par de la peau typique. Sur leur face interne et sur les petites lèvres les poils sont absents ainsi que les glandes sudoripares, les glandes sébacées sont très développées.

**Glande de Bartholin.** — Les glandes de Bartholin sont des glandes acineuses de type muqueux. Leurs canaux excréteurs présentent des dilatations caractéristiques.

**Glande mammaire.** — La glande mammaire est une glande dérivée de la peau. Elle est cependant physiologiquement une annexe de l'appareil génital.

Elle paraît dériver des glandes sudoripares auxquelles la rattache la présence à la périphérie des acini mammaires d'une couche myo-épithéliale bien développée.

*A l'état de repos.* — La glande est formée de groupes de tubes très ramifiés séparés par du tissu conjonctif, entourés chacun

d'une gaine conjonctive circulaire. La section du tube montre deux couches de cellules, l'une interne est haute : ce sont les

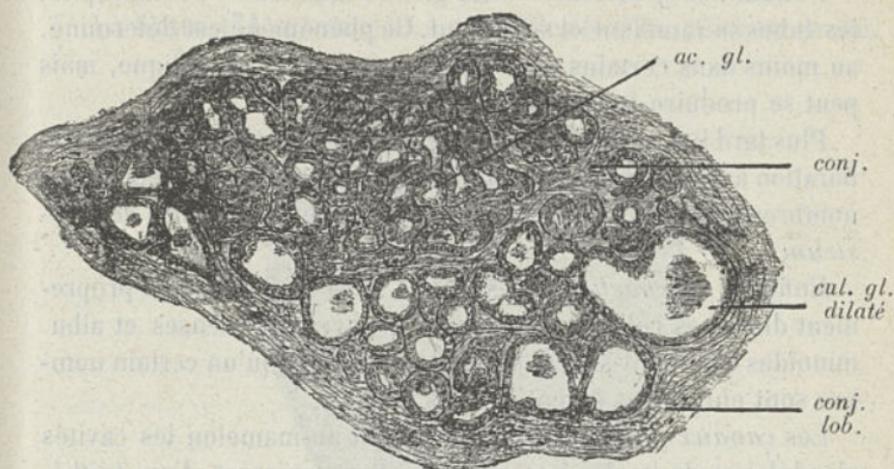


Fig. 169. — Un lobule de la glande mammaire de Femme (en lactation). — *ac. gl.*, tube glandulaire (quelques-uns dilatés par le produit de sécrétion); *conj.*, conjonctif interlobulaire; *conj. lob.*, conjonctif interlobulaire. D'après une préparation de M. de Kervily.  $\times 130$ .

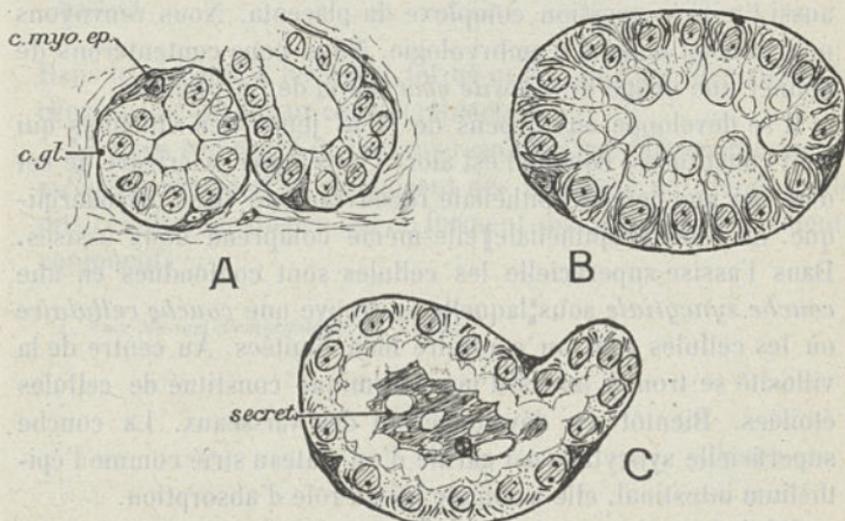


Fig. 170. — A, acini mammaires au repos montrant les cellules myo-épithéliales et glandulaires. — B-C, acini en lactation. — B, acinus au stade de mise en charge (chondriome développé, enclaves). — C, l'excrétion a eu lieu (cellules basses, chondriome réduit). La lumière de l'acinus est occupée par le produit de sécrétion.

*cellules glandulaires*, l'autre externe représente les *cellules myo-épithéliales*.

*Pendant la grossesse.* — La glande mammaire se multiplie, les tubes se ramifient et se tassent. Ce phénomène est déterminé, au moins dans certains cas, par le corps jaune gravidique, mais peut se produire indépendamment de lui.

Plus tard les tubes se dilatent et commence une période d'élaboration avec rétention caractérisée par la présence de leucocytes nombreux dans le liquide. C'est le stade de la *sécrétion de colostrum*.

Enfin, à *l'accouchement*, s'établit la sécrétion lactée proprement dite. Les cellules chargées d'enclaves graisseuses et albuminoïdes excrètent si activement ces produits qu'un certain nombre sont entraînées en entier dans le lait.

Les *canaux galactophores* qui relient au mamelon les cavités glandulaires de la glande mammaire sont tapissées d'un épithélium cylindrique stratifié, du moins dans leur portion voisine de l'abouchement à l'extérieur.

**Placenta.** — Il nous est impossible de traiter dans un cadre aussi limité la question complexe du placenta. Nous renvoyons pour cela au manuel d'embryologie. Nous nous contenterons de donner une image de *villosité choriale* et de l'expliquer.

Il se développe aux dépens de l'œuf jeune des villosités qui sont constituées, comme l'est alors l'enveloppe extérieure de cet œuf, par une couche épithéliale recouvrant un tissu mésodermique. La couche épithéliale elle-même comprend deux assises. Dans l'assise superficielle les cellules sont confondues en une *couche syncytiale* sous laquelle se trouve une *couche cellulaire* où les cellules sont au contraire bien limitées. Au centre de la villosité se trouve un tissu mésodermique constitué de cellules étoilées. Bientôt s'y développeront des vaisseaux. La couche superficielle syncytiale est garnie d'un plateau strié comme l'épithélium intestinal, elle a comme lui un rôle d'absorption.

Selon les animaux, les villosités se développent sur tout ou partie de la surface de l'œuf, d'où différentes formes anatomiques de placentas; selon les espèces aussi elles contractent avec la muqueuse utérine des adhérences plus ou moins intimes. Chez

l'homme et les Mammifères dits *deciduata*, ces adhérences sont tellement complexes et intimes, qu'au moment de l'accouchement une partie de la muqueuse maternelle tombe avec le fœtus.

La figure 171 correspond à une villosité d'un placenta jeune.

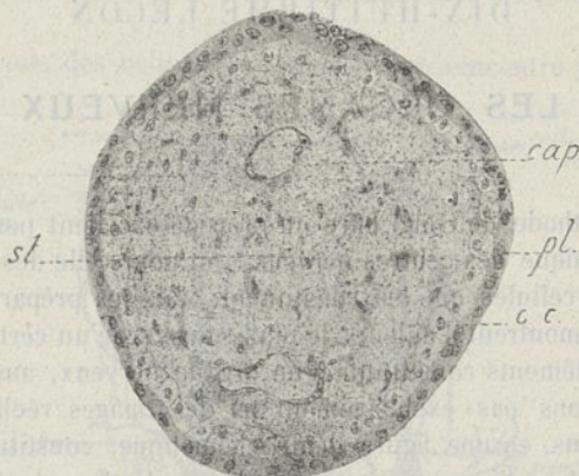


Fig. 171. — Villosité placentaire d'un embryon humain de 16 millimètres. Coupe transversale. — cap., capillaire; pl., plasmodium; c. c., couche cellulaire ou de Langhans; st., stroma conjonctif de la villosité, d'après Prenant, Bouin et Maillard.

Dans le placenta à terme la forme et la structure des villosités choriales se modifient considérablement.

Le tissu conjonctif de l'utérus réagit à l'envahissement par les villosités choriales en produisant des éléments de grande taille dits cellules déciduales qui se forment aux dépens des éléments conjonctifs <sup>1</sup>.

1. Voir *Manuel d'embryologie* (C. Champy).

## DIX-HUITIÈME LEÇON

### LES ORGANES NERVEUX

La méthode de Golgi offre un procédé excellent pour l'étude topographique des centres nerveux <sup>1</sup>, et pour celle des relations entre les cellules qui les constituent. Mais les préparations de Golgi ne montrent d'ailleurs le plus souvent qu'un certain nombre des éléments constitutifs d'un organe nerveux, aussi, nous ne décrirons pas exclusivement ici des images réelles ; nous indiquerons, en une figure demi-schématique, constituée par la superposition d'un certain nombre de préparations de Golgi, les éléments de chaque centre nerveux et leurs relations. Nous indiquerons ensuite ce qu'on retrouve de ces éléments dans une préparation ordinaire telle qu'un élève peu expérimenté peut facilement la réussir.

**Cerveau.** — L'écorce grise du cerveau comprend (fig. 172) un certain nombre d'éléments divers. Les plus importants sont les *cellules pyramidales*, situées dans la zone moyenne de l'écorce. Elles sont de trois sortes : les petites cellules pyramidales plus superficielles, les grandes et moyennes cellules pyramidales plus profondes. Ce sont des cellules à corps protoplasmique assez nettement triangulaire, pyramidal, d'où leur nom. Leurs prolongements cytoplasmiques, très ramifiés, sont dirigés *vers la surface* de l'écorce cérébrale ; leur cylindre-axe, très long, *dirigé vers la profondeur*, s'entoure de myéline dans la capsule blanche interne ; il est l'origine des faisceaux moteurs <sup>2</sup>,

1. Nous n'étudierons ici que les organes principaux les plus importants laissant complètement de côté les organes de moindre importance, comme les lobes optiques, etc.

2. Nous supposons connue l'anatomie des centres nerveux et leur systématisation. Ces questions sont traitées dans tous les ouvrages classiques d'anatomie.

ou faisceaux pyramidaux qui se croisent dans le bulbe pour aller former les faisceaux pyramidaux de la moelle (Voir leur trajet dans un traité d'anatomie). Il fournit une branche à direction tangentielle qui est un rameau collatéral mettant en relation les diverses portions de l'écorce, ou un hémisphère avec l'hémisphère opposé.

Au-dessous des cellules pyramidales, on rencontre plusieurs

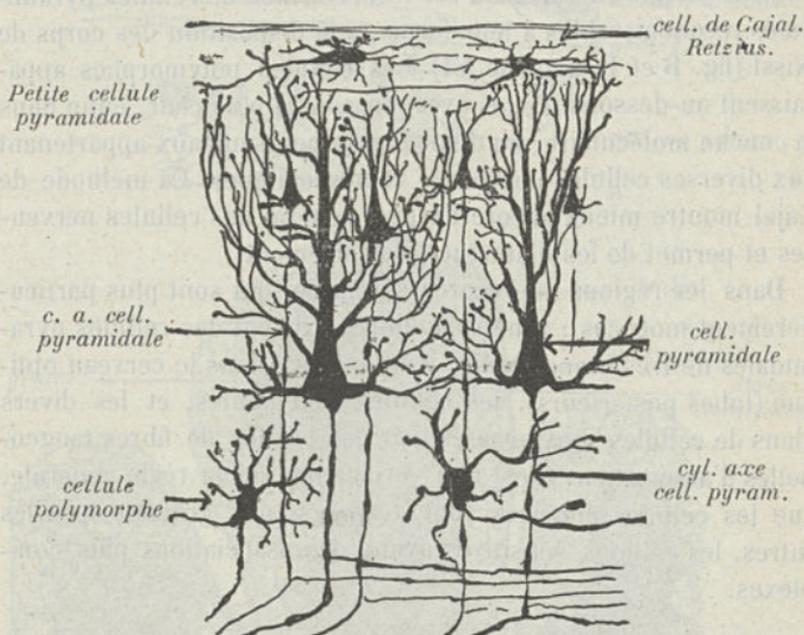


Fig. 172. — Cerveau de chien (méthode de Golgi) (un peu schématisé).

couches de cellules de forme irrégulière dites *cellules polymorphes*. Elles sont de trois sortes : les unes, à cylindre-axe ascendant, les autres à cylindre-axe descendant, les autres enfin à cylindre-axe court et tangentiel.

Dans la zone rolandique, il existe des cellules pyramidales géantes particulières aux Primates.

Au-dessus des cellules pyramidales une couche superficielle (*couche moléculaire*) comprend des cellules à prolongements dirigés surtout tangentiellement (cellules de *Cajal-Retzius*). Leur

cylindre-axe est généralement court et ne sort pas de l'écorce : ce sont surtout des *cellules d'association* mettant en rapport les diverses cellules pyramidales entre elles.

Abstraction faite de ces éléments nerveux, on trouve dans l'écorce cérébrale un certain nombre d'éléments névrogliaux, nombreux surtout dans la couche moléculaire.

Sur une préparation de cerveau par une méthode autre que celle de Golgi, on voit bien les trois couches de cellules pyramidales reconnaissables à leur forme, à la disposition des corps de Nissl (fig. B et E, planche VI). Les cellules polymorphes apparaissent au-dessous d'elles avec un aspect plus clair, enfin dans la couche moléculaire, on distingue de petits noyaux appartenant aux diverses cellules nerveuses et névrogliales. La méthode de Cajal montre mieux encore l'aspect général des cellules nerveuses et permet de les distinguer plus aisément.

Dans les régions de l'écorce cérébrale, qui sont plus particulièrement motrices : zone rolandique, existent des cellules pyramidales de très grande taille. Au contraire dans le cerveau optique (lobes postérieurs), les cellules sont petites, et les divers plans de cellules sont séparés par des bandes de fibres tangentielles d'association. C'est une vérification de la règle générale, que les cellules motrices sont toujours plus grandes que les autres, les cellules sensibles ayant des associations plus complexes.

La corne d'Ammon se distingue parmi les autres parties du cerveau par la disposition *parfaitement régulière* des cellules qui la constituent. Dans la région de la corne d'Ammon et en général dans tout le cerveau olfactif (rhinencéphale) la structure de l'écorce est régularisée et simplifiée.

**Cervelet** (fig. 173). — L'écorce cérébelleuse a une structure plus compliquée encore que l'écorce cérébrale. Les éléments les plus volumineux sont les *cellules de Purkinje* à gros prolongements protoplasmiques ramifiés, velus, dirigés vers la surface, à cylindre-axe dirigé vers la profondeur. Elles sont disposées en une seule couche à une certaine profondeur délimitant une zone externe et une zone interne.

La zone externe, nommée aussi *couche moléculaire*, comprend

deux sortes de cellules : les unes petites, à cylindre-axe court, à fibres grimpanes.

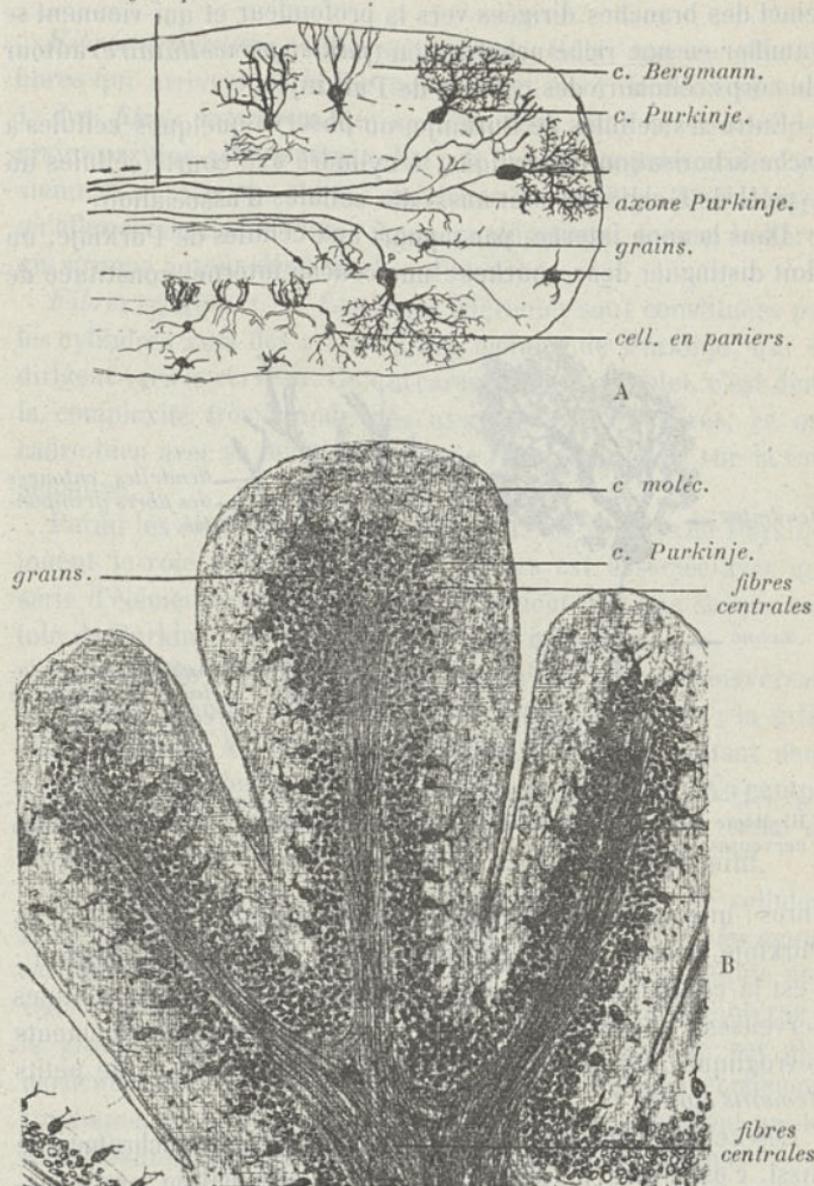


Fig. 173. — *Ecorce cérébelleuse.* — A, schéma par la méthode de Golgi; B, figure réelle par une méthode banale.

prolongements dirigés tangentiellement sont des cellules d'asso-

ciation, les autres plus grandes, à cylindre-axe plus long disposé tangentiellement sont les *cellules des paniers*. Le cylindre-axe émet des branches dirigées vers la profondeur et qui viennent se ramifier en une riche arborisation (*panier péricellulaire*) autour du corps cellulaire des cellules de Purkinje.

Entre les cellules de Purkinje, on observe quelques cellules à riche arborisation dendritique, à cylindre-axe court (cellules du type II de Golgi) qui sont aussi des cellules d'association.

Dans la zone interne, par rapport aux cellules de Purkinje, on doit distinguer deux couches : une couche interne, constituée de

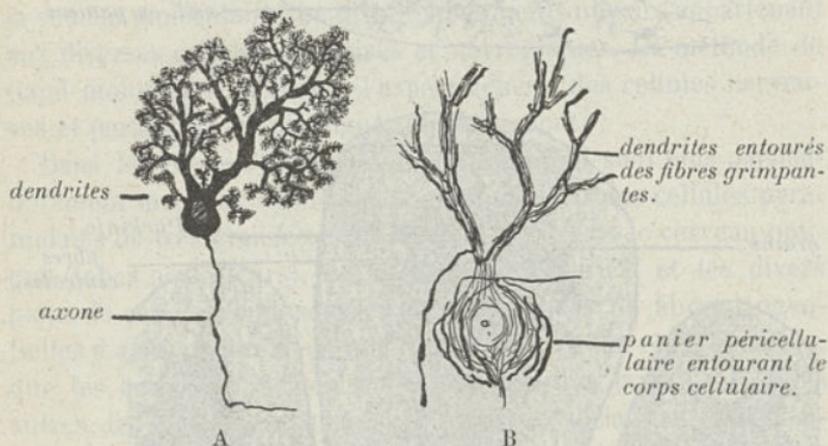


Fig. 174. — A. Cellule de Purkinje. — Cervelet de chien. Méthode de Golgi.  
B. Même élément méthode de Cajal montrant ses relations avec les fibres nerveuses exogènes.

fibres ; une couche immédiatement sous-jacente aux cellules de Purkinje, constituée de petites cellules à axone descendant : c'est la *couche granuleuse*, comprenant de très petites cellules nerveuses à noyaux foncés appelés *grains*. Parmi les éléments névrogliques, signalons les *cellules de Bergmann* et de petits *éléments étoilés*.

Les cellules des grains sont des éléments karyochromes de Nissl, c'est-à-dire ne présentant pas de chromatine protoplasmique.

Sur les préparations ordinaires, on voit aisément les cellules de Purkinje, la couche moléculaire et la couche des grains, au centre de

laquelle se trouve un axe de substance blanche formée de fibres.

Les préparations par la méthode de Cajal montrent aisément les paniers et les fibres grimpanes.

*Fibres afférentes.* — La méthode de Golgi montre que les fibres qui arrivent du bulbe au cervelet sont de deux sortes : 1° des *fibres moussues*, qui se terminent dans la couche des grains par une arborisation velue ; 2° des *fibres grimpanes*, qui viennent se terminer sur les dendrites des cellules de Purkinje, qu'elles suivent dans toutes leurs ramifications, comme le lierre qui grimpe autour des branches d'un arbre.

*Fibres efférentes.* — Les fibres efférentes sont constituées par les cylindres-axes des grains et des cellules de Purkinje, qui se dirigent vers le cerveau. Ce qui caractérise le cervelet, c'est donc la complexité très grande des associations cellulaires, ce qui cadre bien avec sa fonction d'organe régulateur placé sur la voie sensitive.

Parmi les éléments qui le constituent, les cellules de Purkinje jouent le rôle principal, chacune d'elles est associée avec une série d'éléments, cellules ou fibres. On peut dire que chaque cellule de Purkinje est un petit cervelet en miniature.

**La moelle** (fig. 175). — On sait qu'une coupe transversale de moelle montre deux substances : blanche et grise ; la grise étant disposée à l'intérieur en forme d'H et présentant deux « cornes » antérieures et deux cornes postérieures. Au centre, au milieu de la barre transversale de l'H, se trouve le canal de l'épendyme représentant la cavité du tube nerveux primitif.

La substance grise comprend plusieurs groupes de cellules. Dans la *corne antérieure*, se trouvent de *grandes cellules motrices*, qui nous ont servi de type pour l'étude de la cellule nerveuse. On en distingue deux groupes : le groupe antéro-interne et le groupe postéro-externe. Le groupe antéro-interne est plus particulièrement moteur, l'autre aurait un rôle plus spécialement trophique. Le cylindre-axe des cellules motrices, passant par les racines antérieures, contribue à former les nerfs spinaux.

Les dendrites des cellules motrices s'articulent avec les cylindres-axes des cellules pyramidales du cerveau arrivés à la moelle par les voies pyramidales directe et croisée (Les fibres du faisceau pyramidal direct vont se terminer sur les cellules de la

corne antérieure du côté opposé, de sorte qu'elles se croisent aussi pour finir).

Dans la corne postérieure, les cellules qui sont des *cellules sensibles*, sont plus petites et forment plusieurs groupes (fig. 175),

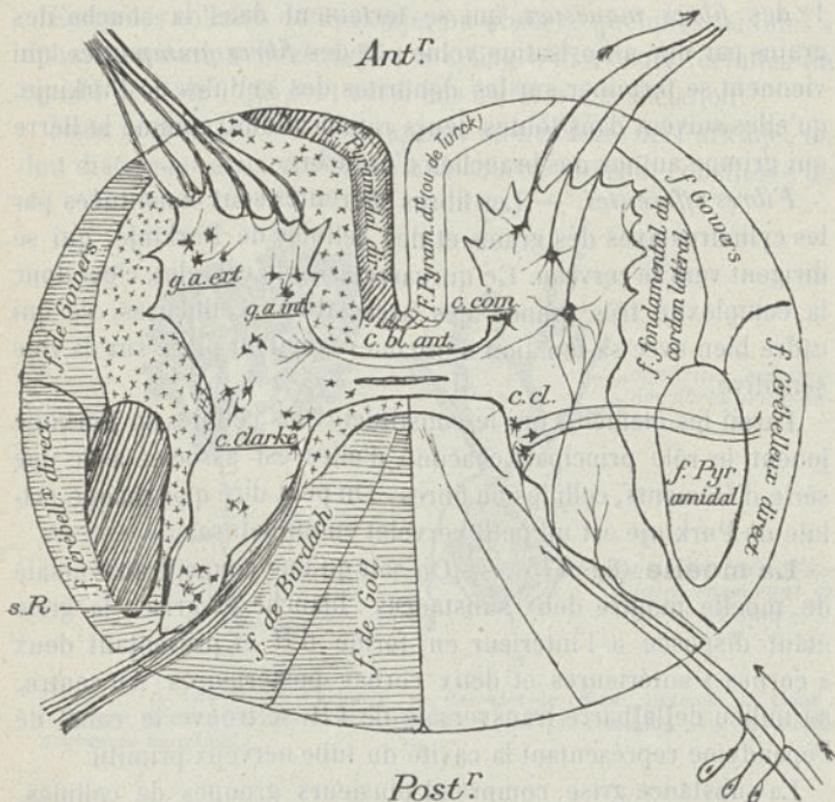


Fig. 175. — Moelle épinière (schéma). *A gauche*, les groupes cellulaires antéro-interne, antéro-externe et postérieurs dans la corne antérieure; la colonne de Clarke, la substance gélatineuse de Rolando (s. R.) dans la corne postérieure. Les principaux faisceaux sont représentés. Les faisceaux fondamentaux sont indiqués par des X. *A droite*, indication des voies sensitive et motrice; *c. com.*, cellule d'association (commissurale).

le principal est la *colonne de Clarke*, formant une saillie à la partie interne des cornes postérieures.

L'influx nerveux arrive à ces cellules par le cylindre-axe des cellules en T des ganglions spinaux, lequel forme les racines postérieures. Le cylindre-axe des cellules sensibles de la corne postérieure

rière forme les faisceaux sensitifs qui montent au bulbe et au cervelet.

Les cellules restantes de la substance grise sont des *cellules cordonales*, qui mettent en relation les divers étages de la moelle l'un avec l'autre (fig. 176).

Les groupes de cellules, tels qu'on les rencontre sur une coupe transversale de la moelle, ne sont que les sections de colonnes de cellules.

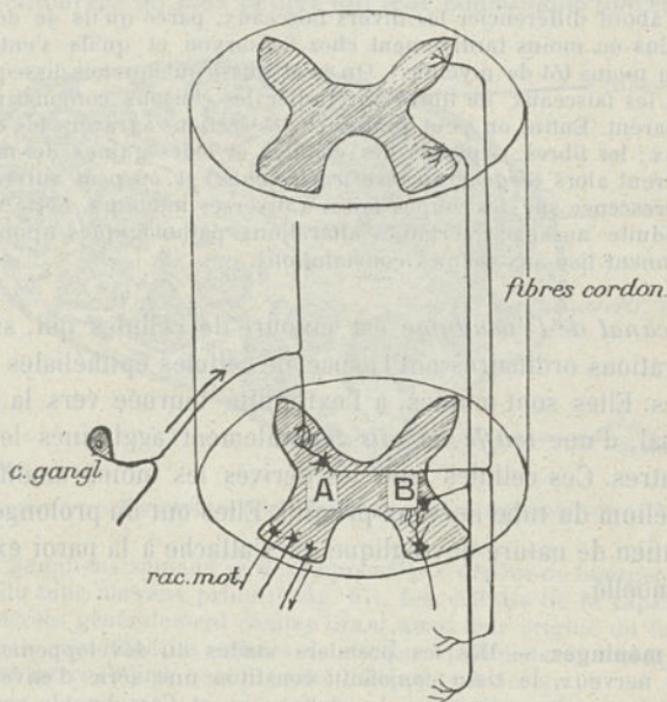


Fig. 176. — Deux cellules cordonales A et B (schéma). — A, cellule hétéromère. — B, cellule homomère.

Mais cette disposition en colonnes n'est pas primitive. Chez les Vertébrés inférieurs, cette colonne est discontinue, disposée en segments séparés, équivalents chacun à un véritable ganglion. Ces divers ganglions sont d'ailleurs reliés entre eux d'un étage à l'autre de la moelle, et latéralement d'un côté à l'autre. Ces fibres d'association, latérales et verticales, existent encore chez les Vertébrés supérieurs, où la disposition métamérique primitive de la substance grise a le plus souvent disparu.

La *substance blanche* de la moelle comprend plusieurs faisceaux de fibres. Le trajet de ces faisceaux est généralement étudié dans

les traités d'anatomie, aussi nous ne ferons pas cette étude en détail. La figure 175 montrera seulement la situation des faisceaux moteurs : *pyramidal direct* ou *faisceau de Türck*, *pyramidal croisé*, des faisceaux sensitifs de *Goll* et de *Burdach*, qui sont croisés, de *Gowers*, qui est direct. Les fibres restantes de la substance blanche sont des fibres cordonales.

Indiquons le principe des méthodes histologiques dont on se sert pour l'étude du trajet des fibres nerveuses. Elles sont de plusieurs sortes ; on peut d'abord différencier les divers faisceaux, parce qu'ils se développent plus ou moins tardivement chez l'embryon et qu'ils s'entourent plus ou moins tôt de myéline<sup>1</sup>. On peut aussi quelquefois disséquer au scalpel les faisceaux de fibres ou étudier les cloisons conjonctives qui les séparent. Enfin, on peut pratiquer des sections à travers les centres nerveux ; les fibres, séparées des cellules et leurs gaines de myéline dégénèrent alors (*dégénérescence wallérienne*) et on peut suivre cette dégénérescence sur des coupes faites à diverses hauteurs. Cette section est produite aussi par certaines altérations pathologiques spontanées qui donnent lieu aux mêmes constatations.

Le *canal de l'épendyme* est entouré de cellules qui, sur les préparations ordinaires ont l'aspect de cellules épithéliales cylindriques. Elles sont munies, à l'extrémité tournée vers la cavité du canal, d'une *touffe de cils* généralement agglutinés les uns aux autres. Ces cellules sont les dérivés les moins modifiés de l'épithélium du tube nerveux primitif. Elles ont un prolongement de soutien de nature névroglie qui s'attache à la paroi externe de la moelle.

**Les méninges.** — Dès les premiers stades du développement des centres nerveux, le tissu conjonctif constitue une série d'enveloppes concentriques : les méninges. La dure-mère et l'arachnoïde sont des membranes conjonctives fibreuses, l'une épaisse, l'autre mince, dont la structure ne présente qu'un intérêt restreint.

La pie-mère est plus intéressante à cause des rapports étroits qu'elle prend avec le tube nerveux. Appliquée directement contre lui, elle est repoussée par les vaisseaux qui y pénètrent et s'en coiffent pour ainsi dire. Ces vaisseaux n'entrent donc jamais en contact direct avec le tissu nerveux, ils sont entourés de quelques cellules conjonctives dépendant de la pie-mère et entre lesquelles circule la lymphe.

**Plexus choroïdes.** — On retrouve, en certains points du système nerveux, des portions du tube nerveux restées dans un état voisin de l'état primitif et même atrophiées et amincies. Ces parties, doublées d'un riche

1. Les cylindres-axes de la substance blanche des centres nerveux ne se myélinisent que tardivement, vers le moment de la naissance.

plexus vasculaire et repliées en franges, constituent les *plexus choroïdes*. A leur niveau, la paroi du tube nerveux n'est représentée que par un simple épithélium cubique. On a attribué à cet épithélium un rôle sécrétoire (sécrétion du liquide céphalo-rachidien).

**Ganglion spinal** (fig. A, planche VI). — Une coupe d'un ganglion spinal montre un noyau composé de *grandes cellules* que nous avons déjà décrites, entouré de conjonctif lâche, condensé à la périphérie du ganglion en une membrane. Ces cellules sont entourées de plus petites qui leur constituent *une capsule*.

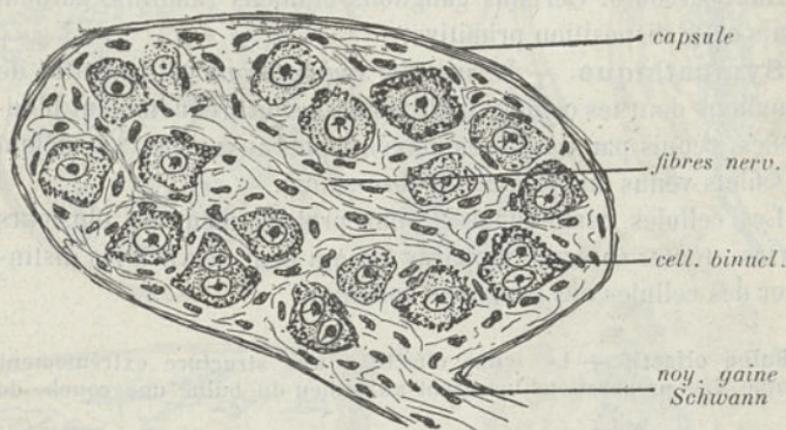


Fig. 177. — Ganglion sympathique de lapin.

Les ganglions spinaux se développent aux dépens de bourgeons latéraux du tube nerveux primitif (fig. 67). Les cellules de la capsule sont considérées généralement comme tirant aussi leur origine du tube nerveux. Ce sont donc des cellules de soutien épithéliales homologues des cellules névrogliales quoique très différentes de forme.

La méthode de Golgi permet de classer les cellules ganglionnaires en deux catégories principales, qu'on retrouve d'ailleurs dans tous les centres nerveux : des *cellules* le plus généralement *unipolaires* (physiologiquement et réellement bipolaires car leur prolongement unique se bifurque au bout d'un court trajet) dont les prolongements constituent les nerfs afférents et efférents. Ce sont de beaucoup les éléments les plus importants caractéristiques du ganglion et des cellules *multipolaires*, cellules d'association dont les prolongements ne sortent pas du ganglion. Ces prolongements se terminent autour des autres cellules ganglion-

naires par des ramifications dont les unes sont intra-capsulaires, les autres extra-capsulaires.

Les cellules unipolaires sont encore appelées *cellules à glomérule*, parce que le prolongement forme avant sa bifurcation une sorte de peloton ou glomérule, sur lequel viennent se terminer des fibres du sympathique (rami communicantes).

Chez les Poissons, les cellules ganglionnaires spinales sont bipolaires. Il en est de même chez l'embryon de mammifères. Ce n'est que tardivement que les prolongements se soudent sur un certain parcours. Certains ganglions craniens (auditifs) gardent seuls cette disposition primitive.

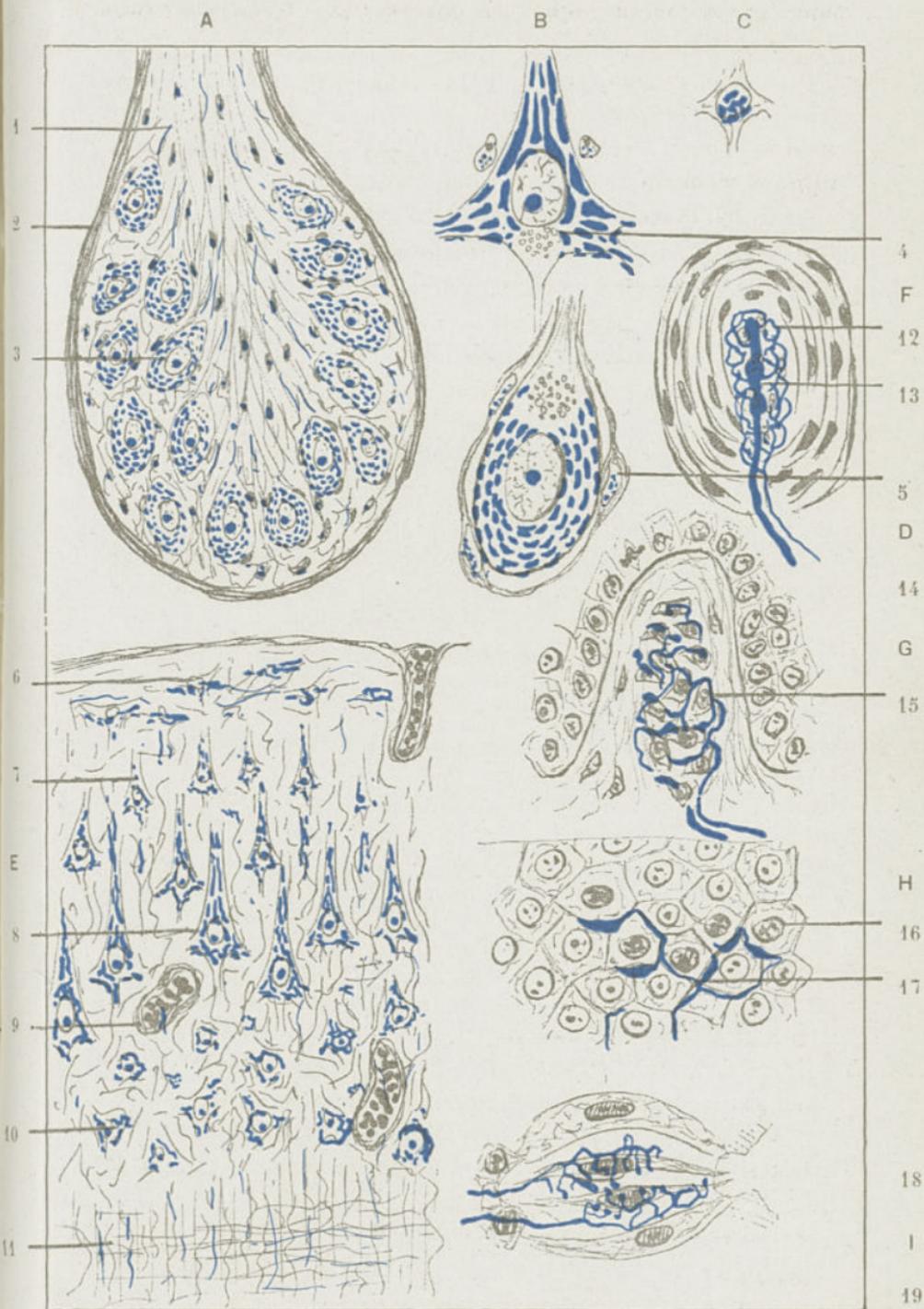
**Sympathique.** — Le *système sympathique* est constitué de ganglions dont les cellules multipolaires sont fréquemment binucléées, réunis par des fibres amyéliniques auxquelles se mêlent des filets venus du système cérébro-spinal.

Les cellules ganglionnaires sont probablement de plusieurs sortes ; toutes sont multipolaires (ce qui peut servir à les distinguer des cellules des ganglions spinaux).

**Bulbe olfactif.** — Le bulbe olfactif a une structure extrêmement simple. Les préparations montrent au milieu du bulbe une couche de

## PLANCHE VI.

- A. Ganglion spinal de lapin (méthode de Nissl). 1. fibres nerveuses ; 2. capsule ; 3. cellule nerveuse ganglionnaire  
 B. Cellule pyramidale de l'écorce cérébrale de cobaye (méthode de Nissl). 4. pigment.  
 C. Un grain du cervelet (même méthode) (cellule karyochrome).  
 D. Une cellule isolée du ganglion figuré en A. 5. cellule de la capsule.  
 E. Ensemble de l'écorce cérébrale d'un cobaye colorée par la méthode de Nissl. 6. cellule de Cajal ; 7. petite cellule pyramidale ; 8. grande cellule pyramidale ; 9. vaisseau ; 10. cellules polymorphes ; 11. fibres (substance blanche).  
 F. Corpuscule de Pacini avec les terminaisons nerveuses imprégnées au bleu de méthylène ; 12. fibre éfërente ; 13. fibre affërente.  
 G. Corpuscules de Meissner (bleu de méthylène). 14. épiderme ; 15. cellules différenciées.  
 H. Terminaison nerveuse intra-épidermique du groin du porc. Ménisque tactile. 16. cellule différenciée ; 17. terminaison nerveuse.  
 I. Bourgeon du goût (bleu de méthylène). 18. fossette gustative ; 19. terminaison nerveuse.





grandes cellules à corps cellulaire triangulaire : les *cellules mitrales*. La partie inférieure du bulbe est constituée par les dendrites de ces cellules et les arborisations qu'ils constituent pour entrer en contact avec le prolongement des cellules sensorielles olfactives (Voir muqueuse olfactive). La partie supérieure du bulbe olfactif est constituée par les axones des cellules qui s'infléchissent pour aller vers les circonvolutions du cerveau olfactif.

**Glande pinéale.** — La glande pinéale est constituée surtout de tissu névroglique. On peut y rencontrer des vésicules épithéliales qui, vraisemblablement dérivent directement de l'épithélium primitif du tube nerveux.

## DIX-NEUVIÈME LEÇON

### ORGANES DES SENS

Les organes sensoriels sont constitués essentiellement par une cellule épithéliale qui reçoit l'impression sensorielle et qui la

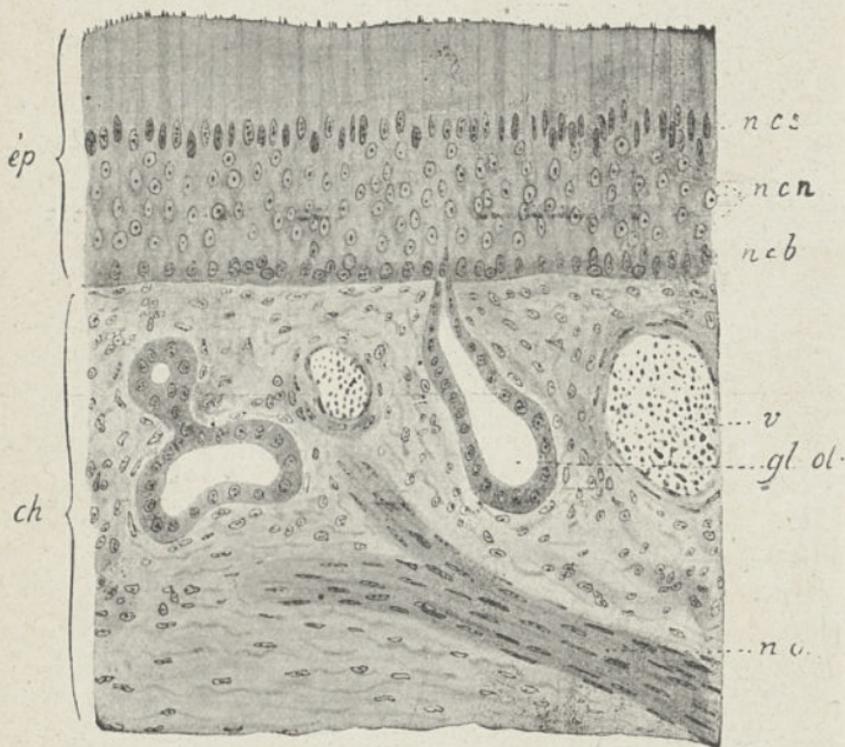


Fig. 178. — *Muqueuse olfactive de l'Homme.* — *ep.*, épithélium; *ch.*, chorion; *n. c. s.*, noyaux des cellules de soutien; *n. c. n.*, noyaux des cellules olfactives; *n. c. b.*, noyaux des cellules basales; *v.*, vaisseau sanguin; *gl. ol.*, glande olfactive; *no.*, troncule nerveux du nerf olfactif.  $\times 350$ . (Prenant, Bouin et Maillard).

transmet aux centres nerveux avec ou sans l'intermédiaire de

cellules nerveuses interposées. L'élément sensoriel est généralement pourvu d'un cil ou d'un organe dérivé des cils vibratiles.

### 1. — Muqueuse olfactive

Le type le plus simple d'organe sensoriel est représenté chez nous par la muqueuse olfactive. *La cellule sensorielle est un élément neuro-épithélial*, qui assure à la fois la réception et la transmission de l'impression.

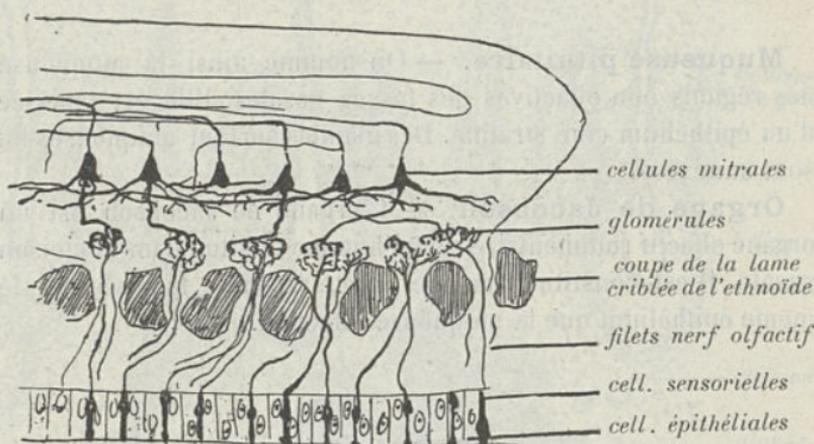


Fig. 179. — Bulbe et muqueuse olfactive : méthode de Golgi (schématique).

Les coupes de muqueuse olfactive sont peu instructives quant à l'étude des éléments sensoriels eux-mêmes.

Au niveau de la région olfactive, les cellules épithéliales, simples cellules de soutien, *ne sont pas ciliées comme dans le reste de la muqueuse pituitaire*. On distingue, entre leur bord supérieur, les cils appartenant aux cellules olfactives. Les noyaux des deux sortes de cellules se distinguent quelquefois par une différence de colorabilité. Ils sont situés à diverses hauteurs.

Les dissociations sont plus instructives. On distingue bien les cellules olfactives des cellules épithéliales ordinaires. Ces dernières sont munies d'un prolongement externe assez grêle et pourvu d'un bouquet de cils. Le prolongement interne est long,

flexueux, toujours brisé au voisinage du noyau par la dissociation.

Les préparations par la méthode de Golgi montrent que *le prolongement profond des cellules olfactives vient former le nerf olfactif*, traverse la lame criblée de l'ethmoïde et vient se terminer autour des dendrites des grandes cellules mitrales du bulbe olfactif.

Les cellules olfactives représentent donc des cellules sensibles superficielles étalées en une nappe. On a pu les comparer à un véritable ganglion diffus. Elles diffèrent essentiellement des cellules gustatives ou auditives en ce qu'elles ont un prolongement profond qui les met directement en relation avec les cellules d'un centre nerveux. La muqueuse olfactive représente ainsi un type tout primitif d'organe sensoriel très analogue aux organes sensoriels diffus de certains Invertébrés.

**Muqueuse pituitaire.** — On nomme ainsi la muqueuse des régions non olfactives des fosses nasales. Elle est tapissée d'un épithélium cilié stratifié. Des glandes surtout muqueuses lui sont annexées.

**Organe de Jacobson.** — L'organe de Jacobson est un organe olfactif rudimentaire chez l'homme et situé dans la cloison nasale. Il est constitué par une crypte arrondie tapissée par le même épithélium que la muqueuse olfactive.

## 2. — *Organes du goût*

Pour étudier les organes du goût, nous nous adresserons soit à une *papille caliciforme*<sup>1</sup> de la langue de l'homme, soit à la papille foliée de la langue du lapin.

On nomme ainsi un organe gustatif qui est bien développé chez le lapin, mais qui est embryonnaire chez l'homme. Cet organe est constitué par un certain nombre de sillons parallèles séparés par des lames comparables aux feuillets d'un livre sur les faces latérales desquelles on trouve de nombreux bourgeons du goût (fig. 180).

Les organes du goût peuvent se rencontrer d'ailleurs en d'autres endroits de la bouche et jusque dans le pharynx.

1. Voir Langue.

La *papille caliciforme* (fig. 114) est limitée par un repli circulaire de l'épithélium formant un fossé profond. C'est dans l'épithélium qui tapisse le revers interne de ce fossé que se rencontrent les *bourgeons du goût*. L'organe folié est constitué par une série de replis analogues, mais parallèles les uns aux autres, il est particulièrement commode pour l'orientation des coupes.

Le bourgeon du goût est constitué par des cellules réunies en

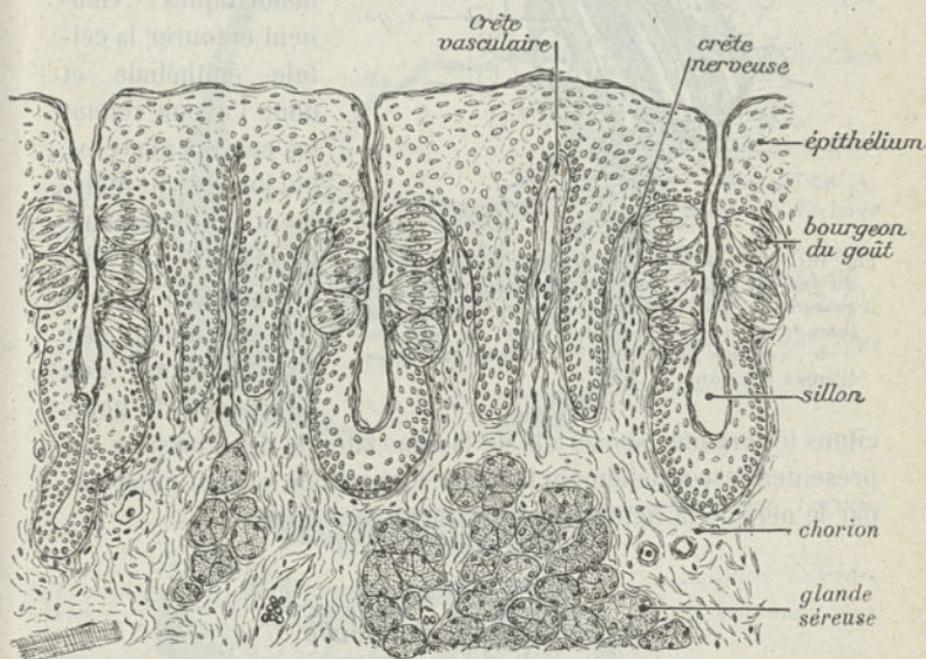


Fig. 180. — Coupe de l'organe folié du lapin  $\times 250$ .

faisceau fusiforme et situées entre les cellules épithéliales. Ces cellules sont de deux sortes : les unes claires, sont de simples *cellules de soutien épithéliales*, les autres, foncées, sont munies d'un cil à leur extrémité supérieure. Celle-ci se termine au niveau d'une sorte de crypte située entre les cellules superficielles de l'épithélium, et qui s'ouvre à l'extérieur par un petit orifice ; le *pore gustatif*. C'est autour de ces cellules ciliées que viennent se terminer les branches du prolongement sensitif issu du ganglion d'Andersch (nerf glosso-pharyngien).

Ici la cellule réceptrice de l'impression est une cellule épithé-

liale sensiblement modifiée et munie d'un cil ou plutôt d'un pinceau de cils agglutinés. Cette cellule ne transmet pas l'influx nerveux. C'est la

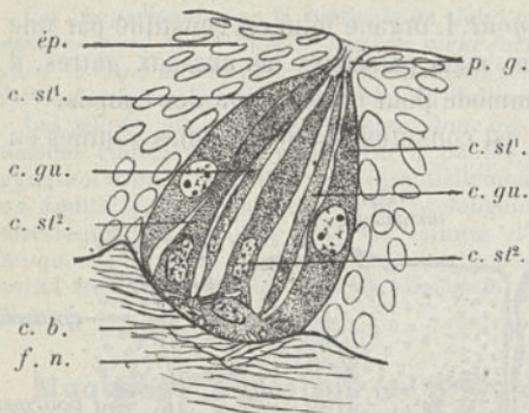


Fig. 181. — Coupe demi-schématique d'un bourgeon du goût du Lapin. — ép., épithélium ; p. g., pore gustatif ; c. gu., cellules gustatives ; c. st.<sup>1.</sup>, cellules de soutien : 1, périphériques ; 2, internes ; c. b., cellules basales ; f. n., fibres nerveuses. D'après Hermann. × 660.

cellule ganglionnaire du ganglion du glosso-pharyngien, dont les terminaisons dendritiques viennent entourer la cellule épithéliale et dont l'axone rejoint les centres nerveux, qui joue le rôle d'élément transmetteur.

Il y a une nouvelle division du travail.

Ressemblant par leur structure aux bourgeons du goût,

citons les organes sensoriels de la ligne latérale des Poissons qui présentent essentiellement la même disposition, et sont innervés, par le nerf de la ligne latérale (rameau du vague).

### 3. — Organe de l'ouïe

**Coupe de limaçon.** — Une coupe sagittale de limaçon de cobaye présente les sections successives du canal spiral (canal cochléaire) qui constitue cet organe. Il nous suffira de décrire une de ces sections.

Le canal cochléaire est cloisonné en trois portions par des membranes parallèles à sa direction générale, ce sont : *la rampe vestibulaire* vers la pointe du limaçon, vers la base : *la rampe tympanique* et entre les deux : *la rampe moyenne ou de Corti*. Cette dernière est tapissée par l'épithélium auditif.

L'épithélium auditif dérive embryologiquement d'une invagination de l'ectoderme qui se ferme en une vésicule (vésicule auditive primitive).

Cette vésicule se fragmente et se complique, donnant d'une part, l'épithélium qui tapisse l'utricule, d'autre part celui qui tapisse le saccule et les canaux semi-circulaires, d'autre part enfin, celui qui tapisse le limaçon.

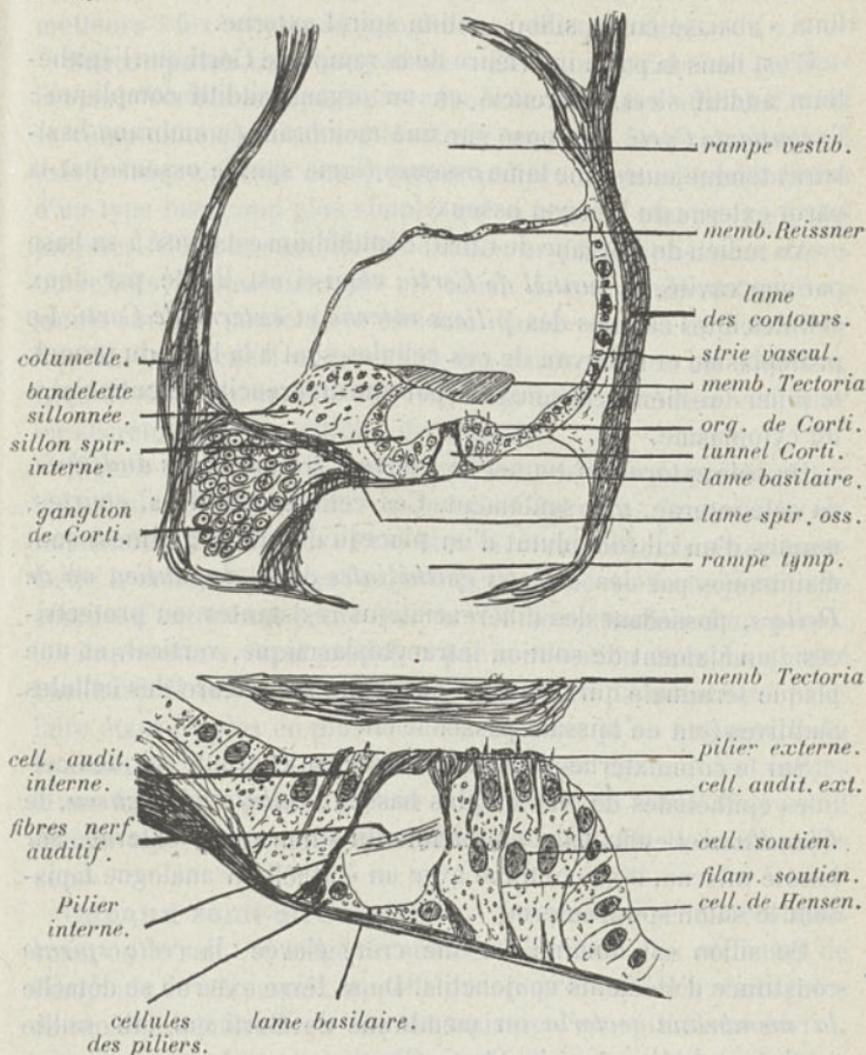


Fig. 182. — Coupe d'une spire de limaçon de Cobaye. — Au-dessous : détail de l'organe de Corti.

A la partie supérieure de la rampe de Corti, la séparant de la rampe vestibulaire, se trouve une membrane mince : la *membrane de Reissner* au niveau de laquelle l'épithélium auditif est mince et aplati. La face externe de la rampe de Corti est tapissée

d'un épithélium plus élevé au-dessous duquel on distingue de nombreux vaisseaux qui pénètrent jusqu'entre les cellules épithéliales : c'est la *strie vasculaire* à la base de laquelle l'épithélium s'abaisse en un sillon : sillon spiral externe.

C'est dans la paroi inférieure de la rampe de Corti que l'épithélium auditif s'est différencié en un organe auditif compliqué : l'*organe de Corti*. Il repose sur une membrane (membrane basilaire) tendue entre une lame osseuse (lame spirale osseuse) et la paroi externe du limaçon osseux.

Au milieu de l'organe de Corti, l'épithélium est divisé à sa base par une cavité, le *tunnel de Corti* ; celui-ci est limité par deux cellules dites cellules des *piliers interne et externe de Corti*. Le protoplasme et le noyau de ces cellules sont à la base du tunnel, le pilier lui-même est constitué par une différenciation cuticulaire du cytoplasme.

Du côté externe du tunnel se trouvent *trois cellules auditives*, du côté interne, *une* seulement. Ces cellules auditives, courtes, munies d'un cil (ou plutôt d'un pinceau de cils agglutinés) sont maintenues par des *cellules épithéliales dites de soutien ou de Deiters*, possédant des différenciations résistantes ou protectrices : un filament de soutien intracytoplasmique, vertical, et une plaque terminale qui protège l'extrémité supérieure des cellules auditives tout en laissant passer le cil.

Sur le côté externe, l'organe de Corti se continue par des cellules épithéliales de plus en plus basses : *cellules de Hensen*, de *Claudius*, et enfin par l'épithélium du sillon spiral externe. Sur le côté interne, il se continue avec un épithélium analogue tapisant le sillon spiral interne.

Ce sillon est dominé par une crête élevée : la *crête spirale* constituée d'éléments conjonctifs. De sa lèvre externe se détache la *membrana tectoria* ou membrane de Corti qui fait saillie au-dessus de l'organe de Corti. C'est une membrane épaisse, à structure filamenteuse, sécrétée par les cellules primitivement élevées qui tapissaient chez l'embryon le sillon spiral interne.

Autour des cellules auditives viennent se terminer les prolongements des cellules nerveuses qui constituent le *ganglion de Corti* situé dans l'épaisseur de la lame spirale osseuse.

En somme nous retrouvons ici entouré d'éléments de soutien

bien plus différenciés que ceux du bourgeon du goût une série de cellules épithéliales ciliées autour desquelles viennent se terminer les arborisations de cellules ganglionnaires, éléments transmetteurs : les cellules du ganglion spiral un de Corti.

**Statocystes ou otocystes.**— L'organe de Corti est particulier aux Vertébrés supérieurs, encore le limaçon n'atteint-il toute sa complexité que chez les Mammifères. Chez les Invertébrés, il existe fréquemment des organes auditifs (?) ou d'équilibration d'un type beaucoup plus simple qu'on nomme otocystes ou statocystes. Ce sont essentiellement des cryptes épithéliales closes ou reliées à l'extérieur par un canal. L'épithélium est cilié au moins sur une partie de la vésicule. Cette vésicule renferme un liquide dans lequel se trouvent des corps solides ou otolithes. Liquide et otolithes peuvent être empruntés au milieu extérieur ou sécrétés par les cellules de la paroi.

Il est à croire que la façon dont les otolithes impressionnent les cellules ciliées suivant la position du corps font varier les impressions transmises. Peut-être la *membrana tectoria* joue-t-elle le même rôle dans l'organe de Corti, peut-être ne joue-t-elle comme d'autres ont pensé que le rôle de l'étouffoir d'un piano, les impressions étant produites par la vibration de la membrane basilaire. Il est certain que les segments de la membrane basilaire étant de plus en plus étroits à mesure qu'on s'approche du sommet du limaçon, c'est-à-dire disposés comme les cordes d'une harpe, ils peuvent vibrer à l'unisson de notes diverses et donner ainsi des impressions différentes suivant la hauteur des sons.

**Canaux semi-circulaires.**— Les canaux semi-circulaires sont, on le sait, le siège du sens de l'équilibre. La structure de l'ampoule de ces canaux rappelle de très près celle des statocystes des animaux inférieurs : elle est tapissée d'un épithélium dérivé, nous l'avons dit, de l'épithélium de la vésicule auditive primitive et qui est développé à la partie inférieure de l'ampoule en hautes cellules cylindriques ciliées. Le liquide (endolymphe) qui remplit l'ampoule tient en suspension des particules solides (otocories) constituant une sorte de sable auditif comparable aux otolithes ou calculs auditifs qu'on rencontre chez les Invertébrés.

**Oreille moyenne.**— L'épithélium qui tapisse l'oreille

moyenne est dérivé de l'épithélium pharyngien, car l'oreille moyenne se développe aux dépens de la portion entodermique de la première fente branchiale. En général cet épithélium garde le type cylindrique cilié (trompe d'Eustache); c'est le type que l'épithélium pharyngien avait chez l'embryon. Il s'aplatit plus ou moins complètement au niveau des osselets et des parties osseuses de l'oreille moyenne.

**Oreille externe.** — Le conduit auditif externe n'est qu'une dépendance de la peau, remarquable seulement par le grand développement de glandes sudoripares particulières : les glandes cérumineuses.

#### 4. — *Organe de la vue*

**Histogénèse.** — La rétine se développe comme une vésicule épithéliale évaginée du tube nerveux primitif. Cette sphère épithéliale s'invagine ensuite en calotte. Le feuillet antérieur deviendra la rétine proprement dite. Le feuillet postérieur la couche pigmentaire. La cavité de la vésicule optique est devenue virtuelle, les deux feuillets s'appliquant étroitement l'un contre l'autre. Toutefois les cellules des cônes et des bâtonnets garderont certains caractères des cellules épithéliales. Les cellules de Muller garderont le caractère de cellules épendymaires.

Les cellules des cônes et bâtonnets sont d'abord chez l'embryon des cellules épithéliales ciliées, leur cil faisant saillie dans l'intérieur de la vésicule optique. Il deviendra le cône ou le bâtonnet à la suite de transformations profondes. Le corps cellulaire différenciera à son autre extrémité un prolongement nerveux.

**Rétine. Schéma par la méthode de Golgi.** — Sur une coupe de rétine (fig. 184), on voit un certain nombre de couches d'aspect différent, et il est difficile de distinguer les éléments qui les constituent. Pour bien comprendre la structure de la rétine il faut s'adresser à des préparations imprégnées par la méthode de Golgi. Malheureusement, on ne peut pas toujours voir, sur une seule de ces préparations, tous les éléments, et le schéma que nous donnons (fig. 183) a été reconstitué avec plusieurs d'entre elles.

Il est important de bien retenir ce schéma qui est en réalité fort simple et qui nous guidera dans l'étude de cette membrane compliquée.

Une rétine est constituée par trois séries de cellules nerveuses : 1° *les cellules des cônes et des bâtonnets*, pourvues, à leur partie tournée vers l'extérieur de l'œil, d'un appendice en forme de cône ou de bâtonnet. Leur partie interne est munie d'un prolongement ramifié à la manière des cellules nerveuses. A ces cellules succède une rangée de *cellules bipolaires* se mettant en contact d'une part, par leur prolongement externe, avec les prolongements des cellules des cônes et des bâtonnets ; d'autre part, par leur prolongement interne, avec les cellules que nous allons étudier. Ces dernières sont des cellules nerveuses dont une série de prolongements se met en relation avec le prolongement interne de la cellule bipolaire et dont l'autre prolongement vient, en suivant la face interne de la rétine, se continuer dans le nerf optique, ce sont les cellules dites du *ganglion rétinien*.

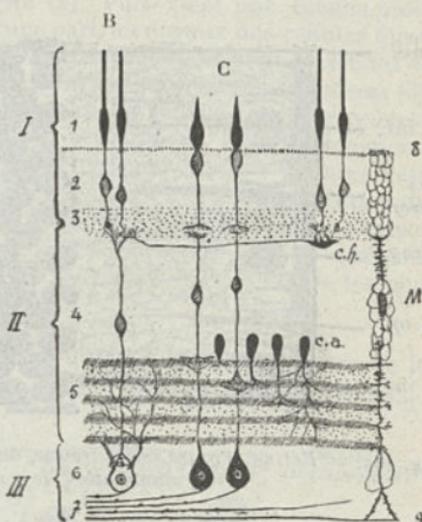


Fig. 183. — Schéma de la rétine. — B, bâtonnets. — C, cônes. Le premier neurone I est constitué par les cellules des cônes et bâtonnets, le deuxième II par les cellules bipolaires, le troisième III par les cellules ganglionnaires. Il s'y ajoute deux sortes principales de cellules d'association : les cellules horizontales *c. h.*, et les cellules amacrines *c. a.* On remarquera que les cellules bipolaires (II) et les cellules amacrines se ramifient en cinq étages successifs indiqués en gris. M, cellules de Müller.

Les cellules bipolaires et les cellules ganglionnaires se mettent en relation de façon compliquée et leurs prolongements entrent en contact en cinq étages successifs. Dans ces cinq étages viennent aussi se terminer les prolongements des cellules amacrines.

Les *cellules horizontales* et des cellules dites *amacrines* mettent en relation par leurs prolongements les diverses cellules ganglionnaires et bipolaires entre elles. Les cellules amacrines sont des éléments dépourvus de cylindre-axe dont les prolongements relient ceux des cellules bipolaires.

En outre de ces éléments nerveux, il existe un certain nombre

d'éléments de soutien, d'éléments névrogliaux : citons notamment les *cellules de Müller*, reliées aux deux faces de la rétine, et qui sont de véritables cellules névrogliales. Leur noyau est au niveau de celui des cellules bipolaires.

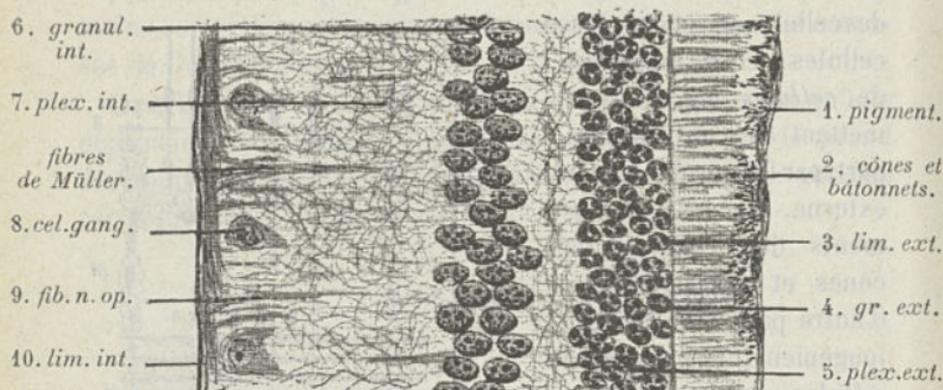


Fig. 184. — Rétine. Figure réelle (rétine de Chien). — Les dix couches ont été numérotées de 1 à 10.  $\times 500$ .

**Préparation ordinaire de rétine.** — Le schéma précédent va nous permettre d'interpréter les préparations ordinaires. Nous rencontrons, de l'extérieur à l'intérieur, les couches suivantes : *une couche pigmentaire* ; dérivée du feuillet rétinien externe (1), constituée par des cellules aplaties avec quelques prolongements internes qui sont bourrés de grains de pigment. Les grains de pigments rétiniens ont pour la plupart une forme particulière différente des grains de pigment ordinaires, ils sont fusiformes, pointus à leurs extrémités (fig. 185).

Puis viennent une série de couches (9) développées aux dépens du feuillet antérieur :

Entre les prolongements des cellules pigmentaires sont plongés les *cônes et les bâtonnets* (2). Ceux-ci atteignent la couche pigmentaire en traversant une membrane mince : la *membrane limitante externe* (3). Le noyau des cellules des cônes et des bâtonnets est situé à l'intérieur de la limitante, il a un aspect très particulier : la chromatine étant disposée en gâteaux et non en fines granulations<sup>1</sup>. Ces noyaux situés plus

1. Pour se rendre bien compte de la structure des cellules à cônes et à bâtonnets, il est bon de s'adresser à un animal qui possède de grands éléments comme le triton et la salamandre. La structure apparaît aussi bien sur les coupes que sur les dissociations.

ou moins profondément constituent une couche assez épaisse : la *couche granuleuse externe* (4).

A la couche des grains externes fait suite une couche inextricable constituée par les prolongements externes des cellules des cônes et des bâtonnets et prolongements externes des cellules bipolaires : c'est la *couche réticulée* ou *plexiforme interne* (5). Puis vient une couche assez épaisse de noyaux, elle renferme d'une part, les noyaux des cellules bipolaires, d'autre part les noyaux des cellules amacrines et des cellules de soutien (fibres de Muller) : on la nomme *couche granuleuse interne* (6).

Après cette couche granuleuse une nouvelle couche réticulée : *couche réticulée* ou *plexiforme externe* (7), comprenant les prolongements internes des cellules bipolaires et les prolongements des cellules ganglionnaires. Enfin, viennent successivement la *couche des cellules du ganglion rétinien* (8), celle des *fibres du nerf optique* (9) et une mince membrane *limitante interne* (10). On voit assez bien sur les préparations ordinaires les *fibres de Müller*, surtout dans les couches les plus internes.

Les cônes et les bâtonnets sont situés à la face externe de la rétine et la lumière ne leur arrive par conséquent qu'en traversant toutes les autres couches de la rétine. Les cônes et

les bâtonnets sont striés transversalement, les bâtonnets sont plus longs et bien plus gros que les cônes. Cônes et bâtonnets représentent l'élément sensoriel ou récepteur de la lumière. Ils sont rattachés au corps cellulaire par deux parties qu'on nomme à cause de leur forme : l'*ellipsoïde* et le *paraboloïde*.

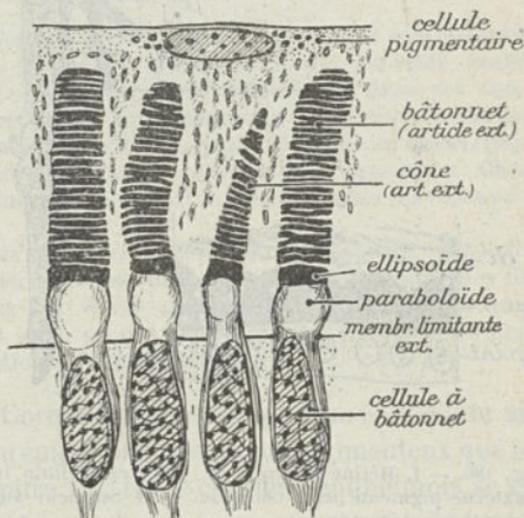


Fig. 185. — Un cône et trois bâtonnets dans la rétine d'un triton montrant la structure de cellules à cône et à bâtonnet notamment la striation transversale des articles externes.  $\times 1500$ .

Les bâtonnets sont naturellement colorés en rouge-brun par un pigment spécial : l'*érythropsine*, qui se détruit à la lumière et se régénère à l'obscurité aux dépens de l'épithélium pigmentaire, semble-t-il. Les rétines des oiseaux très sensibles à la lumière

(Oiseaux nocturnes) sont spécialement riches en érythropsine. Les bâtonnets y sont très grands.

Les cellules des cônes des Poissons ou des Oiseaux diurnes renferment des boules de graisse colorée en vert, bleu, jaune vif. Ce pigment paraît jouer le rôle d'un filtre coloré, permettant sans doute la vision de couleurs diverses.

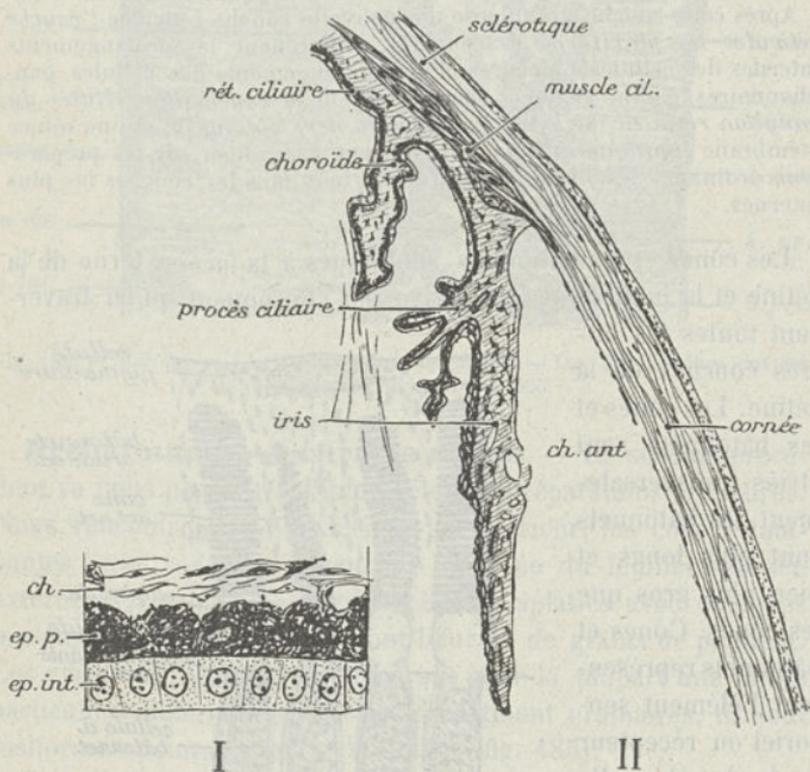


Fig. 186. — I. Rétine ciliaire ; *ép. int.*, épithélium interne ; *ép. p.*, épithélium externe pigmenté ; *ch.*, choroïde. — II Segment antérieur de l'œil ; *ch. ant.*, chambre antérieure.

Au niveau de la tache jaune, il y a dans la rétine une dépression (*fovea centralis*) correspondant à une diminution de l'épaisseur des couches internes de la rétine qui, à ce niveau, sont rejetées latéralement par rapport aux cônes auxquels elles correspondent. Il n'y a d'ailleurs à ce niveau que des cônes et pas de bâtonnets.

Les cônes existent seuls chez les oiseaux rapaces diurnes, les

bâtonnets par contre se trouvent seuls chez les nocturnes. Il semble que les cônes soient l'organe de la vision précise et colorée, les bâtonnets l'organe le plus sensible à une faible lumière.

La rétine est bien plus compliquée que tout autre organe sensoriel du fait qu'elle renferme plusieurs sortes de cellules nerveuses. L'embryologie montre qu'on doit la considérer comme un véritable centre nerveux puisqu'elle se développe comme une expansion du tube nerveux primitif.

**Rétine antérieure.** — Au niveau de la partie antérieure de l'œil, la rétine se continue par un simple épithélium prismatique, puis cubique doublé d'une couche pigmentaire. Cet épithélium tapisse le corps ciliaire. Au niveau de l'iris, les deux couches sont pigmentées et la couche antérieure (par rapport à l'ensemble de l'œil) a formé le sphincter irien (fig. 186).

L'iris lui-même est constitué par un prolongement de la choroïde, de nature conjonctive.

Les enveloppes de l'œil, la *choroïde* et la *sclérotique* sont essentiellement des membranes de soutien conjonctives. La choroïde renferme surtout des vaisseaux et du pigment, notamment dans ses couches internes, le tout séparé par du tissu conjonctif et élastique assez lâche.

La *sclérotique* est moins vasculaire, mais très riche en fibres conjonctives. C'est surtout une membrane de soutien et de protection. Chez les Batraciens elle renferme une lame cartilagineuse ; chez les Oiseaux elle est ossifiée.

Au niveau des procès ciliaires, la choroïde renferme un muscle lisse : le muscle ciliaire, muscle de l'accommodation, comprenant des fibres radiées postérieures et des fibres circulaires antérieures. Le muscle ciliaire des oiseaux est strié, ce qui est en rapport avec la très grande rapidité d'accommodation de ces animaux.

**Cornée.** — La Cornée est constituée d'un épithélium antérieur stratifié et d'un épithélium postérieur pavimenteux que nous avons étudié au chapitre III. Entre ces deux épithéliums se trouvent un certain nombre de lames conjonctives. Au-dessous de l'épithélium antérieur, on observe une condensation de ces lames constituant la *membrane de Bowmann*. Au-dessous de l'épithélium postérieur, une lame plus épaisse et mieux distincte : la *membrane de Descemet* n'est pas de nature conjonctive, mais se rapproche plutôt de la substance élastique <sup>1</sup>.

1. La cornée nous a servi pour l'étude des épithéliums et du conjonctif. Elle nous servira pour l'étude des terminaisons nerveuses tactiles (Se reporter à ces paragraphes).

L'épithélium postérieur de la cornée examiné à plat est un objet de choix pour montrer des sphères attractives avec appareil réticulé.

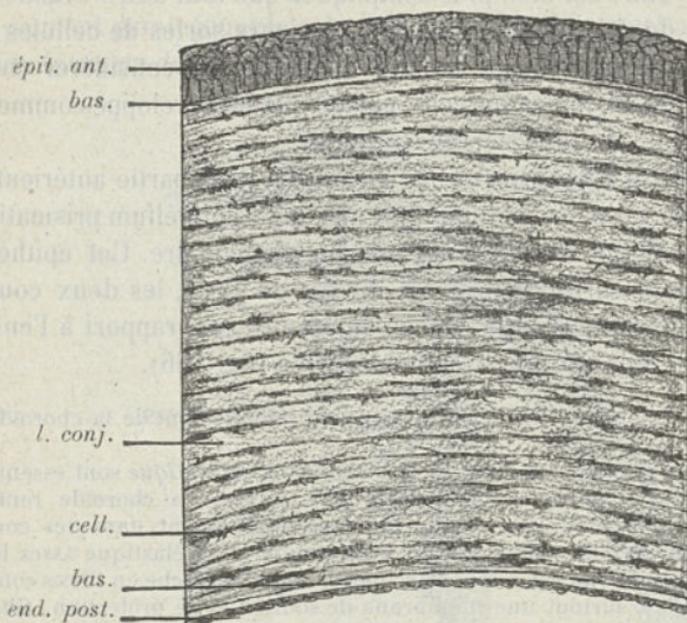


Fig. 187. — Cornée de Lapin imprégnée par le chlorure d'or. — épith. ant., épithélium antérieur; cell., cellules fixes imprégnées aussi par le chlorure d'or; l. conj., lames conjonctives; bas., basales antérieure et postérieure.  $\times 400$ .

**Paupière.** — Une coupe de paupière nous montre à la face antérieure un épithélium stratifié avec poils fins, ne différant de la peau ordinaire que par sa minceur. Au-dessous de cet épithélium, se trouve une épaisse zone de conjonctif au milieu duquel on distingue la coupe de fibres musculaires striées, constituant le muscle orbiculaire. Vers le bord libre, on trouve la coupe du muscle de Riolan. C'est là qu'on rencontre aussi des coupes de cils accompagnées de glandes sudoripares (*glandes de Riolan*<sup>1</sup>).

A la paroi supérieure de la paupière on observe une couche de tissu fibreux très dense, appelée improprement cartilage tarse,

1. Ces glandes sont un peu particulières, par leur forme et leur abouchement fréquent dans la gaine du poil.

qui renferme dans son épaisseur une très grande glande de type

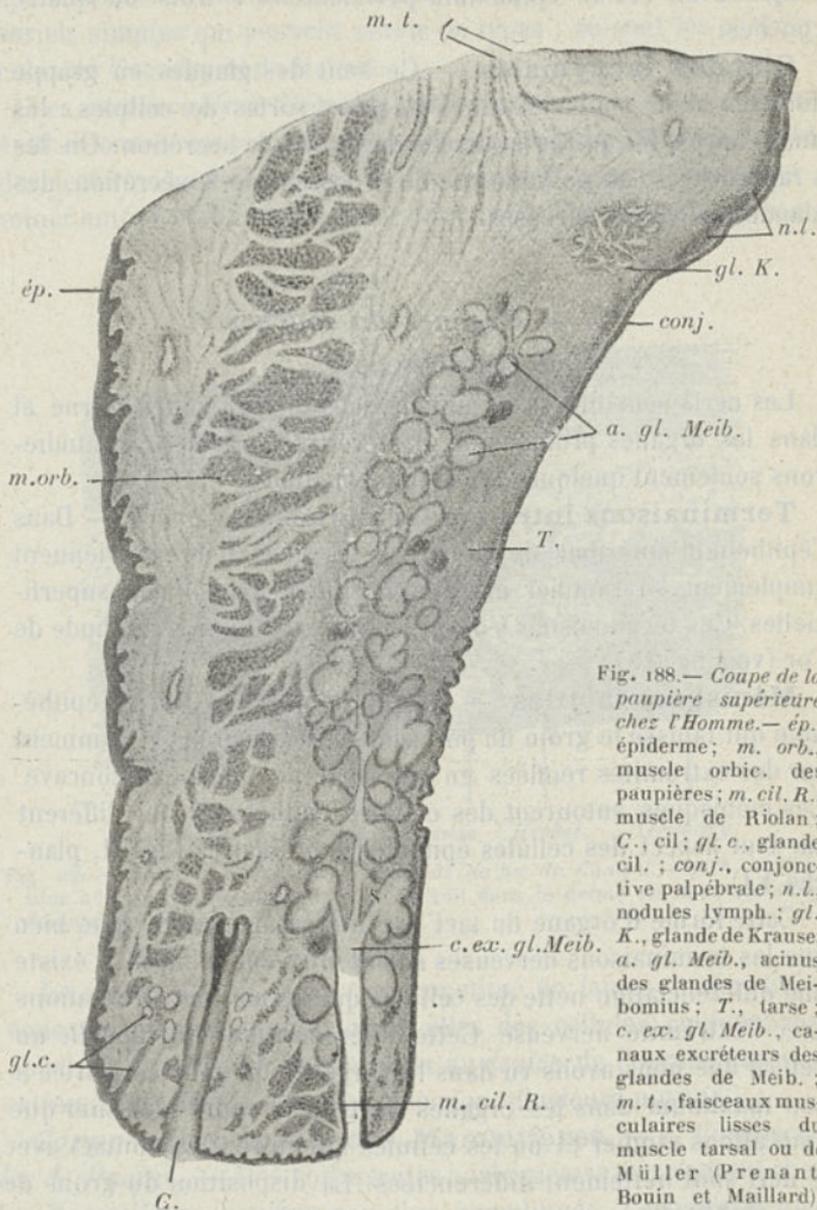


Fig. 188. — Coupe de la paupière supérieure chez l'Homme. — ép., épiderme; m. orb., muscle orbic. des paupières; m. cil. R., muscle de Riolan; C., cil; gl. c., glande cil.; conj., conjonctive palpébrale; n.l., nodules lymph.; gl. K., glande de Krause; a. gl. Meib., acinus des glandes de Meibomius; T., tarse; c. ex. gl. Meib., canaux excréteurs des glandes de Meib.; m. t., faisceaux musculaires lisses du muscle tarsal ou de Müller (Prenant, Bouin et Maillard).

sébacé qui débouche sur le bord libre de la paupière : c'est la glande de Meibomius.

L'épithélium qui tapisse le bord postérieur de la paupière et se

réfléchit sur la face antérieure du globe oculaire : l'épithélium conjonctival, est un épithélium pavimenteux à trois ou quatre couches.

**Glandes lacrymales.** — Ce sont des glandes en grappe dont les acini sont constitués de deux sortes de cellules : les unes claires, les autres bourrées de grains de sécrétion. On les a rapprochées, au point de vue du processus de la sécrétion, des glandes salivaires séreuses.

### 5. — *Organes du toucher*

Les nerfs sensitifs se terminent dans le tégument externe et dans les organes profonds de manière très variée. Nous étudierons seulement quelques types fondamentaux.

**Terminaisons intra-épidermiques.** — *Cornée.* — Dans l'épithélium antérieur de la cornée les filets nerveux viennent simplement se ramifier entre les cellules épithéliales superficielles. Ces terminaisons s'observent aisément par la méthode de l'or (voir fig. 187).

**Ménisques tactiles.** — *Groin du porc.* — Dans l'épithélium qui tapisse le groin du porc, les nerfs sensitifs se terminent par des extrémités renflées en une sorte de ménisque concave. Ces ménisques entourent des cellules épithéliales qui diffèrent par leur aspect des cellules épithéliales ordinaires (fig. H, planche VI).

Cette forme d'organe du tact est intéressante parce que, bien que les terminaisons nerveuses soient intra-épithéliales, il existe une différenciation nette des cellules qui se mettent en relations avec l'extrémité nerveuse. Cette différenciation qui rappelle un peu ce que nous avons vu dans les organes du goût est portée à son maximum dans les organes du type Grandry-Meissner que nous allons étudier et où les cellules qui entrent en contact avec le nerf sont nettement différenciées. La disposition du groin de porc établit donc une transition entre ces formes et les terminaisons épidermiques libres.

**Corpuscules de Herbst et de Grandry.** — *Bec du canard* (fig. 189). — Les lamelles cornées qui garnissent le bec

du canard ou de l'oie présentent un épithélium extrêmement épais au-dessous duquel on rencontre deux séries d'organes sensoriels simples qui peuvent servir de types : ce sont les corpuscules de Grandry et de Herbst.

Les *corpuscules de Grandry* sont constitués par deux cellules épithéliformes contenues dans une petite capsule fibreuse que le derme forme autour d'elles. Un filet nerveux sensitif vient se terminer entre ces deux cellules par une extrémité renflée en massue.

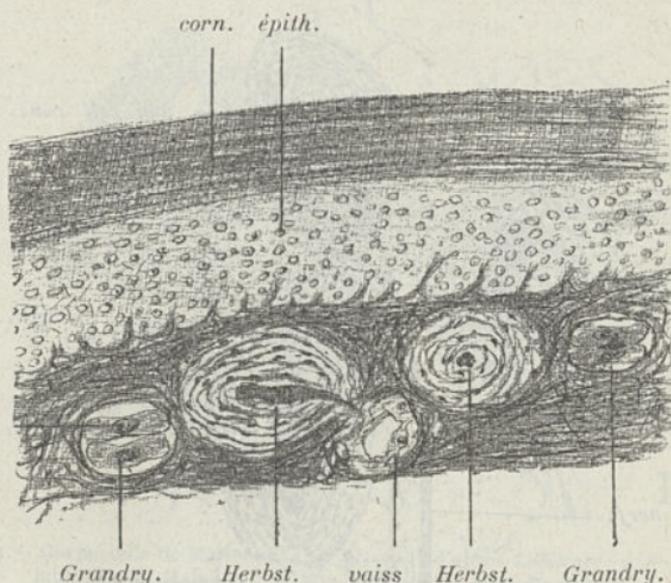


Fig. 189. — Coupe dans la membrane cirroïde du bec du Canard. — *épith.*, épithélium avec sa couche cornée : *corn.* On voit dans le derme les deux sortes de corpuscules tactiles.

Le *corpuscule de Herbst* est constitué de lames conjonctives concentriques renfermant entre elles des cellules conjonctives aplaties. Le nerf vient se terminer au centre de l'organe par une extrémité renflée de laquelle dépendent plusieurs noyaux.

**Corpuscules du tact des Mammifères.** — I. *Corpuscules de Pacini.* — Des corpuscules analogues se rencontrent chez les Mammifères, mais un peu plus compliqués. Les *corpuscules de Pacini* sont très analogues aux corpuscules de Herbst, ils sont constitués de lamelles conjonctives concentriques, continuant la gaine de Henle du nerf, avec une masse centrale munie

de noyaux qui est la terminaison d'une fibre nerveuse ou plutôt de plusieurs fibres nerveuses. Autour de cette ramification centrale arrive un fin réseau terminal qu'on retrouve dans tous les corpuscules de type analogue et qu'on considère comme appartenant à une fibre centrifuge (*appareil de Timofew*). On les rencontre dans l'hypoderme, dans le mésentère, etc.

Les colorations des terminaisons nerveuses montrent qu'ils

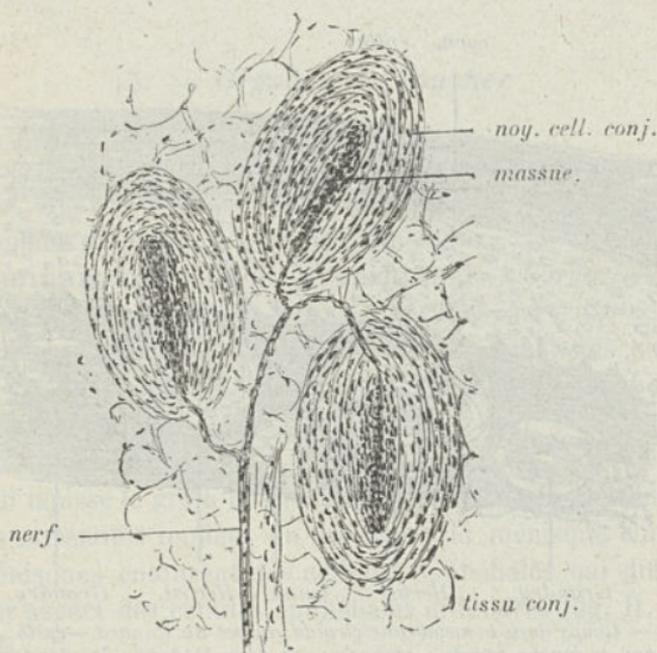


Fig. 190. — Bouquet de trois corpuscules de Pacini dans le mésentère du chat. (Préparation par étalement.  $\times 60$  environ).

reçoivent une fibre nerveuse centrale épaisse, et une fibre grêle qui s'arborise autour de la première.

II. *Corpuscules de Meissner*. — Les corpuscules de Meissner ne sont que des corpuscules de Grandry très complexes. Ils sont constitués d'un grand nombre de cellules épithélioïdes gonflées entre lesquelles les terminaisons du nerf afférent viennent former des boutons ou des ménisques nombreux. On les rencontre dans la peau de la pulpe des doigts de l'homme, au niveau des papilles dermiques (fig. 191).

**Corpuscules tendineux.** — Il existe un grand nombre d'appareils sensitifs profonds : citons les *corpuscules de Golgi* qu'on trouve sur les tendons vers leur union avec les fibres musculaires (ils ressemblent à des corpuscules de Pacini), les terminaisons nerveuses sensitives dans les muscles, tous organes de la sensibilité musculaire.

Il existe aussi, notamment dans les couches profondes de la peau toute une série d'organes tactiles se rapprochant plus ou moins des types que nous venons de décrire sommairement : les *corpuscules de Ruffini*.

**Fuseaux neuro-musculaires.** — On trouve dans les muscles des régions où les fibres ont perdu leur striation, où les noyaux sont nom-

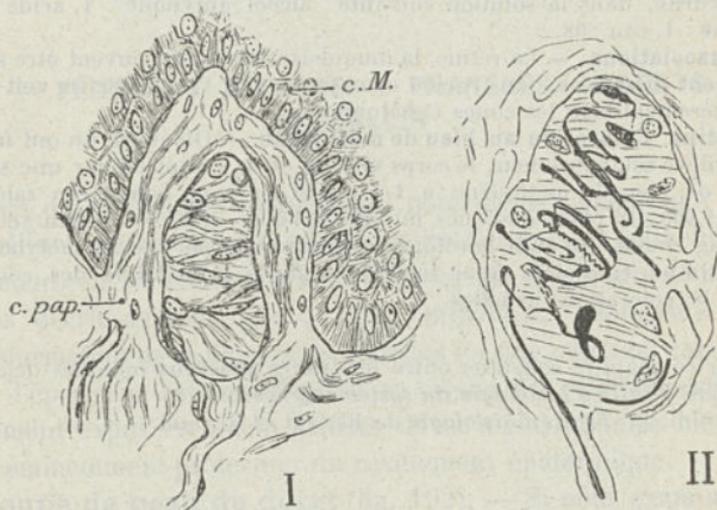


Fig. 191. — Corpuscule de Meissner : I en place, II d'après Lefébure ; *c. m.*, corps muqueux de Malpighi ; *c. pap.*, corps papillaire du derme.

breux, et d'où part une fibre sensitive extrêmement ramifiée. Ces organes nommés *fuseaux neuro-musculaires* sont sans doute le siège de la sensation de l'état de contraction des muscles.

### Technique

Pour mettre en évidence les terminaisons nerveuses, on emploiera les méthodes de *Golgi* ou, mieux, celle de *Dogiel* ou encore l'imprégnation par le chlorure d'or.

**Méthode de Dogiel.** — On injecte dans les vaisseaux une solution de bleu de méthylène à 1 p. 100 dans l'eau salée à 8 p. 100 (Bleu de méthylène de Hœchst pour coloration vitale). On place l'organe ainsi injecté à l'étuve à 37° si c'est un animal à sang chaud. Quand il commence à se décolorer, on pratique des coupes à l'aide du microtome de Ranvier.

et on les expose à l'air. Peu à peu, les terminaisons nerveuses apparaissent en bleu.

Pour fixer le bleu, on se servira de molybdate d'ammoniaque ou d'acide molybdique additionné d'un peu d'acide osmique. On déshydratera alors avec précaution, l'alcool enlevant le bleu.

**Méthode de l'or.** — Cornée. Les organes frais seront traités par du jus de citron filtré, pendant cinq minutes, puis par le chlorure d'or à 1 p. 100 pendant un quart d'heure. On porte dans l'eau acidulée par l'acide acétique et on laisse réduire à la lumière en ou deux jours.

Ou bien les organes frais (bec du canard) sont traités par l'acide formique à 50 p. 100 pendant un quart d'heure, puis lavés et traités pendant vingt minutes par le chlorure d'or à 1 p. 100. On laisse réduire à l'obscurité, dans la solution suivante : alcool amylique : 1, acide formique : 1, eau : 98.

**Dissociations.** — La rétine, la muqueuse olfactive, peuvent être simplement dissociés, dans l'acide osmique, à 1/2, 1/4 p. 100. On voit particulièrement bien les cônes et bâtonnets.

**Rétine. Coloration au bleu de méthylène.** — On ouvre un œil frais, on enlève soigneusement le corps vitré et on le remplace par une solution de bleu de méthylène à 1/5 p. 100 environ dans l'eau salée à 8 p. 1.000. On place quelques minutes à l'étuve à 37° si c'est un animal à sang chaud. On étale la rétine et on examine. On fixe au molybdate.

Enfin on emploiera pour tous ces organes la méthode des coupes avec les colorations usuelles.

Sur ce chapitre consulter outre les traités généraux indiqués déjà :

Cajal, *Traité d'histologie du système nerveux.*

Ruffini, in *Traité d'histologie* de Renaut et Regaud.

## VINGTIÈME LEÇON

# LE TÉGUMENT ET LES PHANÈRES

### I. — TÉGUMENT EXTERNE. — PHANÈRES. — DENTS. CRISTALLIN

Lors de l'étude des épithéliums, nous avons signalé que les épithéliums pavimenteux stratifiés étaient surtout des épithéliums de défense ou de résistance contre les agents extérieurs et nous avons décrit comme type de ces épithéliums l'épiderme. La transformation de cellules superficielles en une cuticule cornée, dont l'épaisseur est considérable au niveau des régions particulièrement exposées (talon, paume de la main), montre bien le rôle éminemment protecteur du revêtement épidermique.

**Coupe de peau du doigt** (fig. 192). — Si nous examinons une coupe de peau (peau du doigt ou du talon), nous voyons qu'elle comprend trois zones d'importance inégale : 1° tout d'abord, à la surface une zone fortement colorée, relativement mince, c'est l'*épiderme*; 2° au-dessous une couche beaucoup plus épaisse et dense, c'est le *derme*; enfin, 3° une couche profonde, l'*hypoderme*.

1° **Epiderme.** — La partie superficielle de la peau ou épiderme est composée de cellules épithéliales étroitement unies les unes aux autres, évoluant et se renouvelant sans cesse de la profondeur vers la surface. L'aboutissant de cette involution est la transformation de la cellule épithéliale en une coque résistante de substance cornée, insoluble dans les acides et les alcalis faibles, imperméable à l'eau. En étudiant les épithéliums pavimenteux stratifiés, nous avons vu quelles étaient les différentes étapes de cette transformation cornée ou *kératinisation*.

2<sup>o</sup> **Derme.** — Le derme, la partie la plus épaisse et la plus

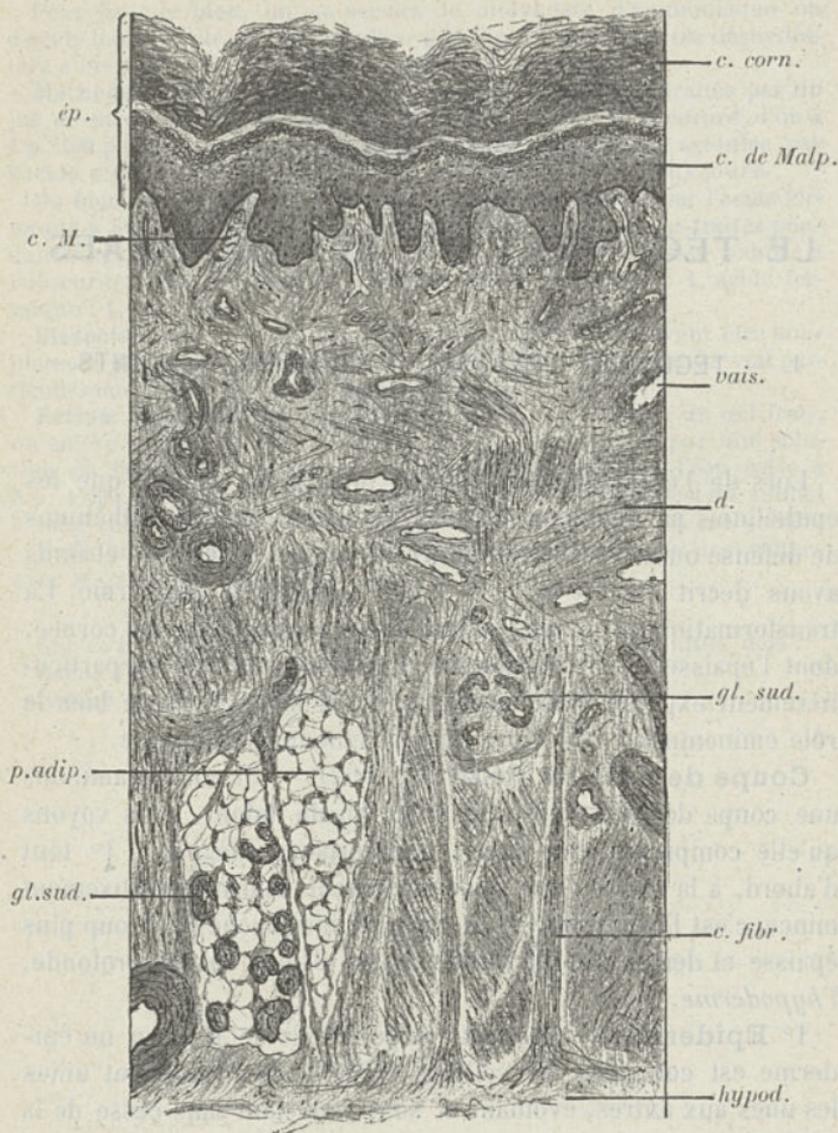


Fig. 192. — *Peau du doigt.* — *ép.*, épiderme avec *c. de Malp.* couche de Malpighi; *c. corn.*, couche cornée; *d.*, derme; *vais.*, vaisseau; *gl. sud.*, glandes sudoripares; *p. adip.*, pelotons adipeux; *c. fibr.*, cônes fibreux; *hypod.*, hypoderme; *c. M.*, un corpuscule de Meissner au niveau du corps papillaire.  $\times 80$ .

résistante de la peau comprend deux couches superposées : le chorion proprement dit et le corps réticulaire. Le *chorion* propre-

ment dit est constitué par un feutrage serré des divers éléments du tissu conjonctif. Les faisceaux conjonctifs épais et compacts sont disposés suivant différents plans, tantôt parallèles, tantôt entre-croisés. Entre ces faisceaux, il y a un réseau élastique assez développé et des cellules conjonctives, reconnaissables surtout à leurs noyaux.

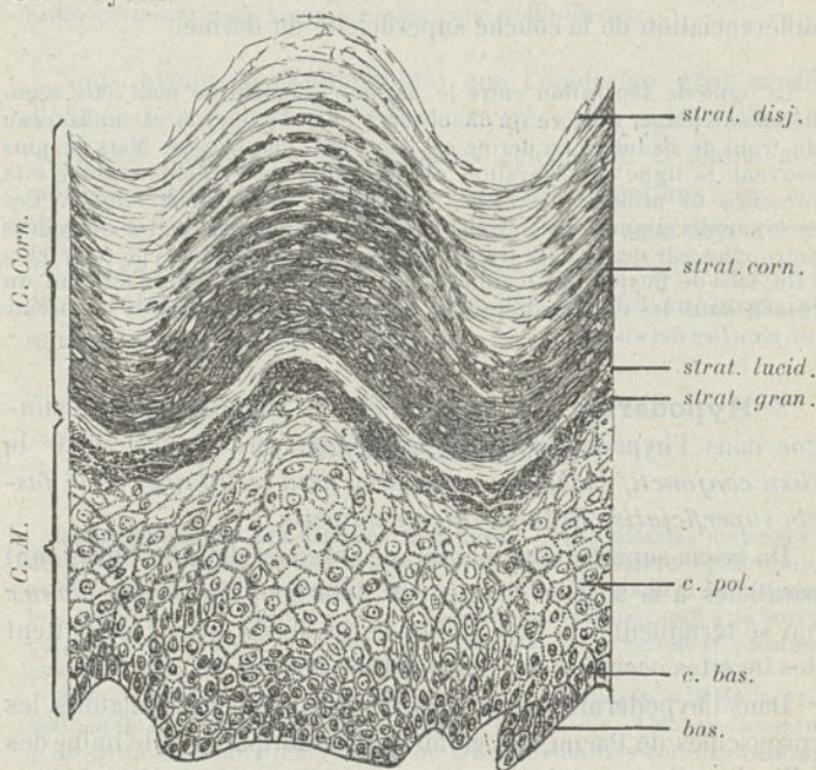


Fig. 193. — *Peau de l'index* — Coupe au niveau d'une crête papillaire. — *c. M.*, corps muqueux de Malpighi avec *c. bas.*, couche basilaire; *c. pol.*, couche polyédrique; *strat. granul.*, couche granuleuse; *c. corn.*, couche cornée avec *strat. lucid.*, couche transparente; *strat. corn.*, couche cornée proprement dite; *str. disj.*, couche desquamante.  $\times 60$ .

La partie superficielle de derme porte le nom de corps réticulaire. Un réseau vasculaire sous-papillaire en marque la limite inférieure. Par sa face superficielle, le corps réticulaire donne naissance aux papilles dermiques.

Le *corps réticulaire* du derme est constitué par du tissu conjonctif plus lâche, plus riche en cellules et à fibres plus fines que le derme proprement dit.

Les *papilles dermiques* sont richement vascularisées, et c'est dans leur intérieur que l'on rencontre les corpuscules de Meissner. Le derme renferme aussi des leucocytes et des plasmazellen.

*Rapports du derme et de l'épiderme.* — Une *membrane vitrée* ou *basale* sépare le derme de l'épiderme. Cette membrane mince est brillante et réfringente, on tend à la considérer comme une différenciation de la couche superficielle du derme.

La ligne de séparation entre le derme et l'épiderme peut être régulièrement plane, c'est ce qu'on observe chez l'embryon et sur la peau du front de l'adulte. Le derme est alors dit *planiforme*. Mais le plus souvent la ligne de séparation est irrégulière et vallonnée, grâce à la présence de prolongements de l'épiderme : *crêtes épidermiques*. Ces crêtes épidermiques peuvent être simplement longitudinales ou reliées entre elles par des bandes transversales. Dans ce dernier type (cuir chevelu, face de flexion des membres) les crêtes épidermiques forment un réseau dans les mailles duquel se logent des prolongements du derme ou *papilles* dermiques.

3° **Hypoderme.** — Au point de vue anatomique on distingue dans l'hypoderme de la profondeur vers la surface : 1° le *tissu conjonctif lâche sous-cutané* ou *tissu cellulaire* ; 2° le *fascia superficialis* ; 3° le *pannicule adipeux*.

Du fascia superficialis, membrane fibreuse, dont les fibres sont parallèles à la surface cutanée, se détachent des *cônes fibreux* qui se terminent à la face profonde du derme et qui délimitent des logettes occupées par des pelotons adipeux (cf. fig. 92).

Dans l'hypoderme se trouvent, les gros vaisseaux sanguins, les corpuscules de Pacini, les glomérules sudoripares et le bulbe des follicules pileux.

*Pigmentation de la peau.* — C'est la présence du pigment qui détermine les variations de coloration de la peau dans les différentes régions du tégument et dans les différentes races. Le pigment siège de préférence dans la couche basilaire de l'épiderme; mais chez les races fortement colorées, les nègres par exemple, on trouve aussi des granulations pigmentaires dans les assises les plus inférieures du corps muqueux, et dans le corps réticulaire du derme.

L'absence de pigment dans l'épiderme et ses dérivés (poils), ainsi que dans les membranes de l'œil, constitue l'albinisme. C'est à la contraction du pigment dans les cellules pigmentaires du derme qu'il faut attribuer les changements brusques de coloration de la peau observés chez certains animaux (Céphalopodes, Caméléons).

*Variations régionales.* — La peau présente, au point de vue de

l'épaisseur relative de ses différents plans, de sa pigmentation, de l'abondance des glandes, de grandes variations régionales qui se traduisent par des qualités différentes de coloration, de finesse, de résistance et d'onctuosité. Si la peau des doigts présentent des saillies régulières : les crêtes papillaires, la peau du front est remarquablement lisse. La peau du mamelon, de l'aisselle, du scrotum est fortement pigmentée ; cette dernière est également très riche en fibres élastiques. La peau de la face est mince et onctueuse, pourvue de glandes sébacées volumineuses. Enfin certaines régions portent des poils volumineux.

Nous avons vu (Epithéliums) que l'épiderme était capable d'édifier des revêtements protecteurs très épais et très résistants (cuticules chitineuses et carapaces calcifiées). Il donne aussi naissance à un certain nombre d'autres formations : les unes visibles à l'extérieur et que l'on désigne sous le nom de *phanères*, les autres incluses dans l'intervalle des cellules épidermiques ou plus profondément situées, ce sont les *glandes cutanées*, que nous allons maintenant étudier.

### *Glandes cutanées*

**Développement des glandes cutanées.** — Les glandes cutanées se développent de bonne heure aux dépens d'un bourgeon épidermique, qui s'enfonce dans l'épaisseur du derme. Pour les glandes sudoripares, le développement du bourgeon se fait perpendiculairement à la surface cutanée sous forme d'un cordon cellulaire plein. Ce cordon se pelotonne ensuite à son extrémité, puis se creuse d'une lumière.

Pour les glandes sébacées, le bourgeon épidermique naît de la gaine épithéliale externe du poil. Ce bourgeon se ramifie et donne naissance à un certain nombre d'ampoules ou d'acini, dont les cellules centrales subissent la transformation adipeuse.

Dans les régions pileuses, les glandes sudoripares dérivent d'un bourgeon d'un follicule pileux situé au-dessus du bourgeon sébacé.

Par son origine, la glande mammaire mérite également de prendre place parmi les glandes cutanées (voir 17<sup>e</sup> leçon).

**1<sup>o</sup> Glandes sudoripares.** — Les glandes sudoripares, répandues sur toute l'étendue du revêtement cutané, seront étudiées sur la coupe de peau précédente. Ce sont des glandes en tube pelotonné et comprenant deux parties bien distinctes : une partie sécrétoire ou *glomérule sudoripare* et une partie excrétrice ou *canal sudorifère*.

**1<sup>o</sup> Glomérule.** — Sur la coupe d'un glomérule sudoripare,

on voit les différentes sections du tube sécréteur contourné et replié sur lui-même. Le tube a une lumière assez large, limité par deux assises de cellules.

L'assise interne la plus importante, est composée de cellules prismatiques. Ces cellules ont les caractères de cellules sécrétrices, on y observe des grains de sécrétion, des granulations colorables en noir par l'acide osmique (la sueur contient une faible proportion de graisse), et des granulations pigmentaires. Ces cellules présentent parfois à leur surface un fin plateau strié. On peut observer au moment de la sécrétion des canalicules inter- et intra-cellulaires.

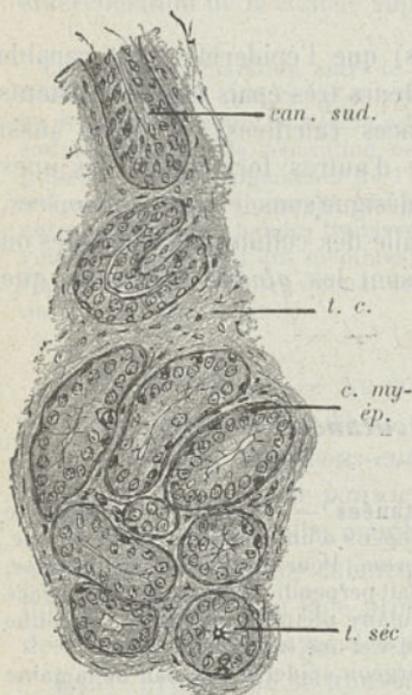


Fig. 194. — Glomérule sudoripare. — t. séc., tube sécréteur; c. my-ép., cellules myo-épithéliales; can. sud., canal sudorifère; t. c., tissu conjonctif.  $\times 300$ .

En dehors de cette assise et appliquée immédiatement contre la vitrée se trouvent, de distance en distance des cellules myo-épithéliales assez difficiles à bien voir sur les coupes. Le corps des cellules, de petite taille comparativement aux cellules glandulaires, peut être divisé en deux parties : une partie interne, claire, qui comprend le noyau entouré d'une petite zone de protoplasma, une partie externe, fibrillaire et contractile. Les fibrilles sont disposées obliquement, de telle sorte que par leur contraction, elles agissent à la fois sur le diamètre et sur la longueur du tube sécréteur.

En dehors des cellules glandulaires et des cellules myo-épithéliales se trouve une membrane vitrée ou basale, qui correspond à la membrane basale de la peau.

*Modifications du glomérule pendant la sécrétion.* — La glande sudoripare est une glande à sécrétion mérocrine. Pendant

la sécrétion, le calibre du tube glandulaire diminue. Ses cellules s'aplatissent, perdent leurs grains et viennent au contact avec les cellules situées du côté opposé du tube. Les cellules myo-épithéliales deviennent globuleuses et, de discontinues qu'elles étaient, forment une couche continue.

2° **Canal sudorifère.** — Le canal excréteur des glandes sudoripares comprend deux parties : une partie intra-dermique, et une partie intra-épithéliale, qui n'a pas de paroi propre et qui n'est ainsi qu'un simple trajet.

a) *Partie intra-dermique.* — Le canal sudorifère comprend deux assises de cellules entourées d'une membrane vitrée ; dans l'assise externe les cellules sont prismatiques et d'aspect clair ; les cellules internes également prismatiques sont revêtues d'une cuticule rigide. Il n'y a plus de cellules myo-épithéliales.

b) *Partie intra-épidermique.* — Le canal sudorifère aborde toujours l'épiderme au niveau du sommet d'une crête épidermique. A partir de ce point, le trajet sudorifère se creuse un chemin à travers les cellules épithéliales. Dans le corps muqueux de Malpighi, le trajet est rectiligne ou spiralé, et des cellules disposées concentriquement, chargées de grains d'éléidine entourent sa lumière. Dans la couche cornée, le trajet décrit plusieurs tours de spire et débouche obliquement au niveau de la surface cutanée.

**Glandes sébacées.** — Les glandes sébacées sont annexées en presque totalité aux follicules pileux et leur évolution est étroitement liée à la vie du poil. Nous les étudierons sur la coupe d'une région pileuse, du cuir chevelu (fig. 196).

Il y a cependant des glandes sébacées débouchant librement à la surface de la peau : sur le mamelon, sur les nymphes et sur le bord muqueux des lèvres.

Les glandes sébacées sont des glandes en grappe. Relativement superficielles, elles sont situées dans l'angle obtus que forme le poil avec la surface cutanée et sont sous-tendues par le muscle arrecteur. Elles comprennent deux parties : une partie sécrétrice et un canal excréteur.

La *partie sécrétrice* a la forme d'un cul-de-sac qui peut être unique ou ramifié en 10, 15, 20 acini secondaires. L'acinus limité par une membrane vitrée ou basale est tapissé par des

cellules glandulaires. Ces cellules sont disposées sur plusieurs couches.

L'*assise externe* ou *basilaire* est formée de cellules, assez basses, entrant fréquemment en division. C'est l'assise génératrice où prennent naissance les cellules sébacées.

Les cellules situées en dedans de l'assise basilaire, ont des

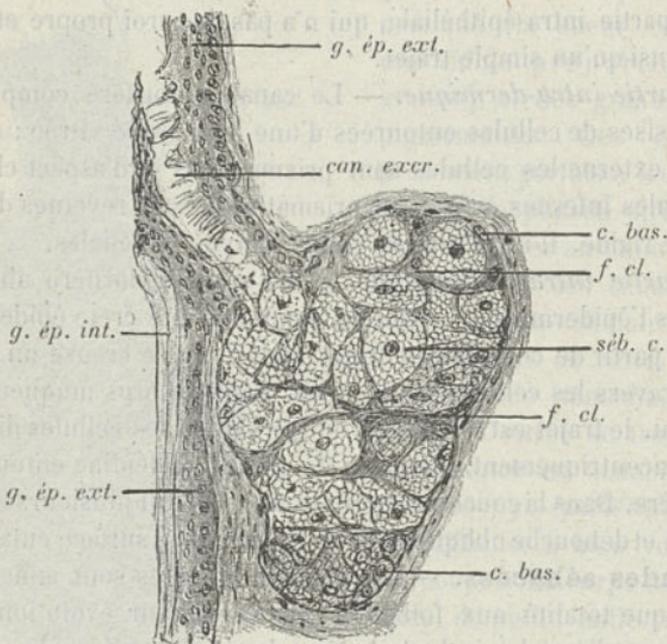


Fig. 195. — Glande sébacée (cuir chevelu). — *c. bas.*, cellules basilaires; *c. seb.*, cellules sébacées; *f. cl.*, formation cloisonnante; *can. excr.*, canal excréteur; *g. ép. ext.*, gaine épithéliale externe; *g. ép. int.*, gaine épithéliale interne. —  $\times 700$ .

caractères différents à mesure que l'on se rapproche du canal excréteur.

Ces cellules sont polyédriques, d'aspect clair sur les préparations ordinaires. Le noyau arrondi est central. Le protoplasma est réticulé. Dans les travées du réticulum, on peut mettre en évidence des chondriocontes. Dans les mailles du réticulum, on trouve des granulations se teintant d'abord faiblement, puis fortement par l'acide osmique. La cellule sébacée est une cellule qui élabore de la graisse. Comme dans la cellule grasseuse les

sphérules de graisse deviennent confluentes et le réticulum est très réduit; le noyau s'atrophie, devient étoilé ou en forme de bâtonnet et finalement la cellule mortifiée, éclate. Ce sont les gouttelettes graisseuses, mélangées aux débris cellulaires qui constituent le produit de sécrétion ou *sébum*. La sécrétion se trouve ici réalisée par fonte et destruction cellulaire (sécrétion holocrine).

Entre les cellules sébacées, il y a des cellules qui subissent une évolution cornée comme les cellules de l'épiderme. Ces cellules irrégulières sont disposées en travées entre les cellules sébacées, d'où leur nom de *formation cloisonnante*.

Le canal excréteur, tapissé par un épithélium pavimenteux stratifié et corné, est généralement large et court. Il débouche obliquement dans l'espace compris entre le poil et la gaine épithéliale externe, environ au niveau du tiers supérieur du follicule pileux.

Des glandes sébacées volumineuses (visage, tronc, abdomen) peuvent s'ouvrir directement à la peau, en donnant passage dans leur canal à un poil follet. Il y a en général proportionnalité inverse entre le développement de la glande sébacée et le diamètre du poil.

## II. — PHANÈRES

Les phanères sont des productions développées aux dépens de l'ectoderme et caractérisées le plus souvent par une transformation cuticulaire ou cornée des cellules épidermiques. Chez l'homme, les phanères sont représentées par les poils, les ongles, les dents et le cristallin; dans la série animale, les plumes, les dents cornées des Sélaciens appartiennent au même groupe.

### 1. — Poil

Les poils sont répartis sur toute la surface cutanée; à l'exception de la paume des mains et de la plante des pieds. D'après la taille, on a divisé les poils en gros poils et en poils follets.

Les poils sont implantés obliquement à la surface de la peau.

Dans chaque poil, on distingue pour la commodité de l'étude, une partie libre : la *tige*, et une partie cachée dans l'épaisseur de la peau : la *racine*. Cette racine est entourée d'un revêtement cutané : le follicule pileux.

**Développement des poils.** — Les poils se développent par un bourgeonnement de l'épiderme, dirigé d'abord obliquement dans la profondeur. Ce bourgeon plein est ensuite déprimé à son sommet par un bourgeon dermique : la future papille du poil. Puis les cellules épithéliales qui coiffent la papille, se multiplient abondamment et donnent naissance à un cône cellulaire dont la croissance se fait en sens inverse de celle du bourgeon primitif, vers la surface de la peau.

A ce cône pileux primitif succède bientôt le poil définitif, qui se fraie un chemin à travers les cellules épithéliales dégénérées jusqu'à la surface cutanée.

Développé aux dépens d'un bourgeonnement de l'épiderme, le poil possède une structure et une évolution de tous points comparable à celle de l'épiderme cutané, et il est nécessaire de bien se rappeler la structure et l'évolution des cellules épidermiques pour comprendre l'histologie du poil. Nous prendrons aisément connaissance de la structure du follicule pileux sur une préparation de cuir chevelu de fœtus à terme. Nous examinerons successivement une coupe longitudinale et une coupe transversale d'un follicule pileux.

**1° Coupe longitudinale** (fig. 196 et 197). — Les poils sont difficiles à obtenir sectionnés sur toute leur longueur, parce que leur racine est fréquemment incurvée ou que la coupe est un peu oblique.

Examinée à un faible grossissement, cette coupe de cuir chevelu (fig. 196) nous fixera sur la topographie générale du poil et de ses annexes. Le poil occupe la partie centrale du follicule pileux. Il prend naissance par une extrémité élargie et excavée : *le bulbe du poil*. Il est entouré de plusieurs couches concentriques de cellules épithéliales (*gaines épithéliales*) et d'une *enveloppe conjonctive*. Enfin dans la cupule creusée à la base du poil vient se loger un bourgeon conjonctif, c'est la *papille du poil*.

Nous retrouvons la *glande sébacée* dans l'angle obtus que forme le follicule pileux avec la surface cutanée au voisinage du quart supérieur du follicule. Elle est sous-tendue par un petit muscle, le muscle arrecteur du poil, inséré d'une part sur le fol-

licule pileux, d'autre part sur le corps papillaire du derme. Enfin entre les follicules pileux, on distingue la section des *glomérules sudoripares* qui nous sont connus.

**Poil.** — Nous étudierons successivement en détail la structure du poil, puis celle de ses gaines.

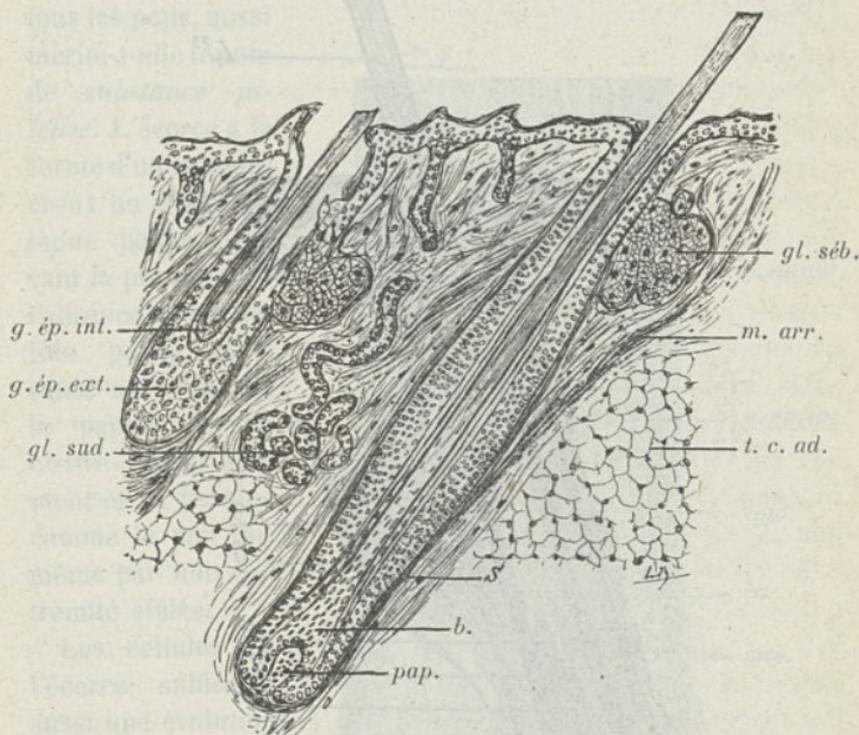


Fig. 195. — Cuir chevelu de fœtus à terme. Deux follicules pileux, l'un coupé longitudinalement. — *b.*, bulbe du poil; *pap.*, papille; *g. ép. int.*, gaine épithéliale interne; *g. ép. ext.*, gaine épithéliale externe; *s.*, sac fibreux; *gl. seb.*, glande sébacée; *gl. sud.*, glande sudoripare; *m. arr.*, muscle arrecteur; *t. c. ad.*, tissu cellulo-adipeux.  $\times 90$ .

Le poil comprend du centre à la périphérie trois zones d'épaisseur inégale : la *moelle*, l'*écorce* et l'*épidermicule*.

1<sup>o</sup> *Moelle*. — La moelle occupe l'axe du poil. Elle prend naissance sur le sommet de la papille et se termine en s'amincissant graduellement un peu avant l'extrémité du phanère. Elle est constituée par une colonne de trois à quatre rangées de cellules polyédriques empilées les unes au-dessus des autres. Ces cellules subissent, comme celles de l'épiderme une évolution graduelle de la profondeur vers la surface.

Elles se chargent tout d'abord de grains d'une substance particulière, granuleuse, différente de la kératohyaline, la *trichoya-*

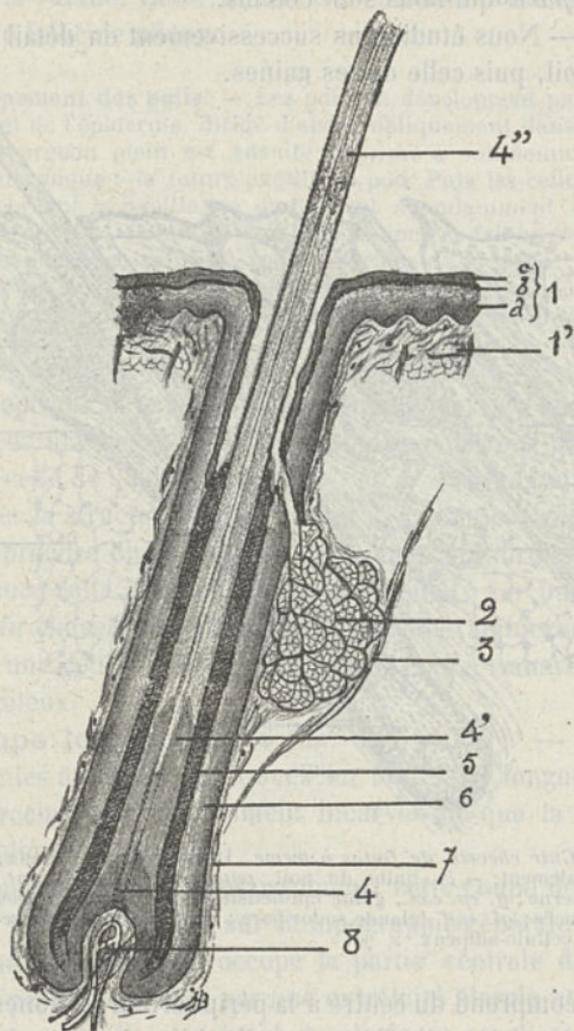


Fig. 197. — *Follicule pileux*. Schéma. — 1, épiderme avec *a*, corps de Malpighi; *b*, couche granuleuse; *c*, couche cornée; 1', derme; 2, glande sébacée; 3, muscle arrecteur; 4, 4', 4'', écorce du poil avec, au centre, un axe plus clair: la moelle. Les trois zones de l'écorce, comparables aux trois zones de l'épiderme ont été représentées par des teintes différentes; 4, zone génératrice; 4', zone fibrillaire; 4'', zone kératinisée; 5, gaine épithéliale interne; 6, gaine épithéliale externe; 7, sac fibreux; 8, papille avec vaisseaux et nerfs.

*line*, puis se kératinisent. Les cellules médullaires élaborent aussi de la graisse et du pigment. Dans les intervalles compris

entre les cellules et à l'intérieur même des cellules, on a constaté la présence de fines bulles d'air.

Les poils follets, le lanugo du fœtus et parfois aussi des poils volumineux sont dépourvus de moelle.

2° *Ecorce*. — L'écorce est la partie principale et constante de tous les poils, aussi mérite-t-elle le nom de *substance pileuse*. L'écorce a la forme d'un cylindre creux ou d'une colonne pleine, suivant la présence ou l'absence de moelle. Elle prend naissance au niveau de la papille qu'elle coiffe complètement et se termine comme le poil lui-même par une extrémité effilée.

Les cellules de l'écorce subissent aussi une évolution ascendante que l'on peut suivre, grâce aux modifications qui se passent dans les cellules; on peut ainsi distinguer dans l'écorce :

a) une *zone basale* ou *génératrice*, immédiatement au-dessus de la papille, la seule où l'on observe des mitoses;

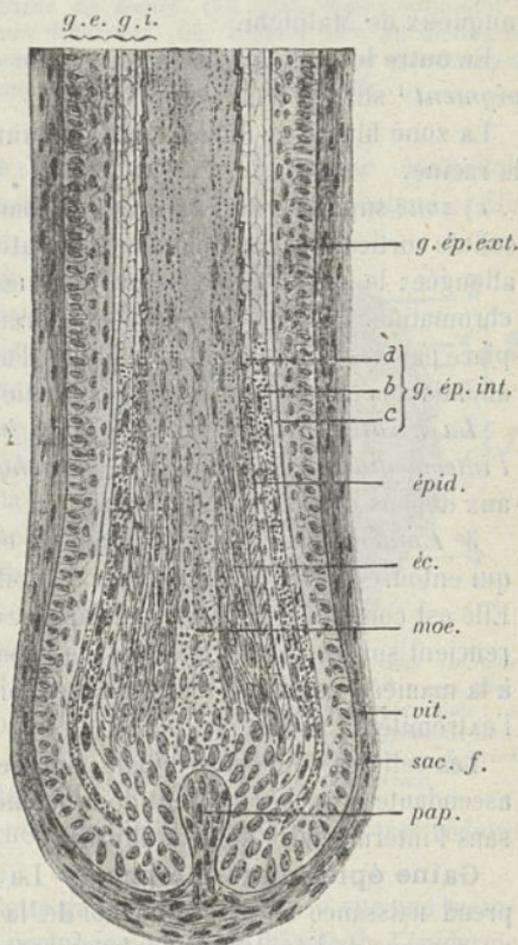


Fig. 198. — *Racine et bulbe du poil* (coupe 1/2 schématique longitudinale). — La zone moyenne de l'écorce est fibrillaire, a, cuticule; b, couche de Huxley; c, couche de Huxley de la gaine épithéliale interne (la kératinisation de ces trois couches, marquée par la présence de grains de trichohyaline ne se fait ni au même niveau ni sur la même longueur. × 250.

p. poil. g. i. gaine épithéliale interne. g. e. gaine épithéliale externe. s. f. sac fibreux.

b) une zone moyenne ou *fibrillaire*. Dans la zone moyenne les cellules prennent un aspect fusiforme, le noyau s'allonge en forme de bâtonnet; le protoplasma est presque complètement transformé en *fibrilles onduleuses*, qui passent d'une cellule à l'autre, et sont tout à fait caractéristiques de cette zone. Ces fibrilles correspondent aux fibrilles épidermiques du corps muqueux de Malpighi.

En outre les cellules de la substance corticale renferment du pigment<sup>1</sup> sur les poils colorés.

La zone filaire ne dépasse pas en hauteur le tiers inférieur de la racine.

c) zone supérieure ou *kératinisée*. Dans la zone supérieure, la cellule corticale est complètement kératinisée; sa forme est très allongée; le noyau est constitué par un bâtonnet compact de chromatine. Le protoplasma, clair et transparent, peut être remplacé par des bulles d'air. Les bulles d'air sont particulièrement abondantes dans les poils blancs (canitie) et blonds.

La *kératinisation de la substance corticale s'effectue sans l'intermédiaire d'éléidine ou de trichohyaline*, mais directement aux dépens des fibrilles épidermiques.

3° *Épidermicule*. — L'épidermicule est une mince membrane qui entoure la substance corticale du poil sur toute sa longueur. Elle est constituée par une seule assise de cellules qui se différencient sur les parties latérales de la papille, puis s'imbriquent à la manière des tuiles d'un toit, le bord libre étant dirigé vers l'extrémité du poil.

Les cellules de l'épidermicule subissent aussi une évolution ascendante et se kératinisent de la même manière que l'écorce, sans l'intermédiaire de kératohyaline.

**Gaine épithéliale interne.** — La gaine épithéliale interne prend naissance au niveau du col de la papille, immédiatement au-dessous de l'épidermicule du poil et ne s'étend en hauteur que jusqu'à l'embouchure de la glande sébacée. Les cellules subissent une évolution de bas en haut, qui aboutit à leur kératinisation. La kératinisation de la cellule se fait par l'intermédiaire d'une

1. A côté des cellules de l'écorce qui sont des *cellules pigmentées*, il y a entre elles de véritables *cellules pigmentaires*, d'origine leucocytaire.

couche granuleuse particulièrement importante. Ces granulations se colorent vivement par le carmin, l'éosine, ce qui a fait donner par Unna à cette gaine le nom de *manteau rouge*.

La gaine épithéliale, bien que relativement mince, a été subdivisée en trois couches qui sont en allant de dedans en dehors la *cuticule*, la *gaine de Huxley* et la *gaine de Henlé*. Ces trois zones subissent la kératinisation à des niveaux différents (fig. 197) et on a pu distinguer dans chacune d'elles, comme dans l'épiderme, une *assise génératrice*, une *zone granuleuse* et une *couche kératinisée* ou *cornée*.

**Gaine épithéliale externe.** — La gaine épithéliale externe est un prolongement de l'épiderme cutané. Elle comprend deux parties distinctes : une partie située au-dessus de la glande sébacée qui a les mêmes caractères que l'épiderme, une partie située au-dessous de la glande sébacée, où la gaine externe est réduite au corps muqueux de Malpighi. Elle vient se terminer en s'amincissant progressivement à la partie externe du bulbe du poil.

Au-dessous de la glande sébacée, la couche granuleuse est elle-même très réduite (fig. 199).

**Sac fibreux.** — Cette gaine externe repose sur une membrane vitrée ou basale, prolongement de la basale de l'épiderme et elle est doublée d'une enveloppe conjonctive, qui est le *sac fibreux* du follicule. L'ensemble du sac fibreux dermique et de la gaine externe épithéliale forme au poil une *enveloppe* qui a la structure de la peau, une *gaine cutanée*.

**Papille.** — La papille du poil, située à sa partie inférieure est un prolongement de l'enveloppe conjonctive du follicule, de

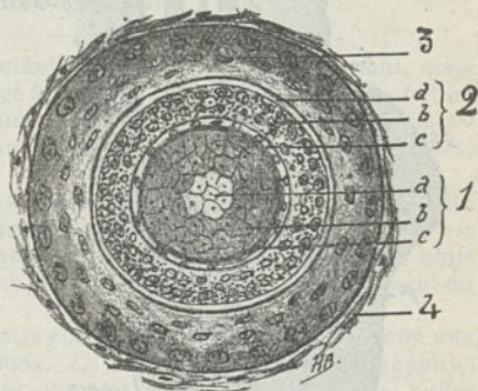


Fig. 199. — Coupe transversale d'un follicule pileux, au niveau du tiers inférieur. — 1, poil; a, moelle; — b, ecorce; c, épidermicule; — 2, gaine épithéliale interne : a, gaine de Henlé; b, gaine de Huxley; c, cuticule; — 3, gaine épithéliale externe; — 4, sac fibreux.

forme mamelonnée ou lancéolée. Homologue des papilles conjonctives de la peau, elle est composée de nombreuses cellules conjonctives jeunes, et richement vascularisée. A la fin de l'évolution du poil, la papille entre en régression et ne se trouve plus constituée que par des éléments adultes du tissu conjonctif.

2° Coupe transversale (fig. 199). — Les caractères énumérés plus haut de la structure du poil et de ses gaines permettent de reconnaître aisément à quelle hauteur se trouve intéressé, dans une

coupe transversale, un follicule pileux.

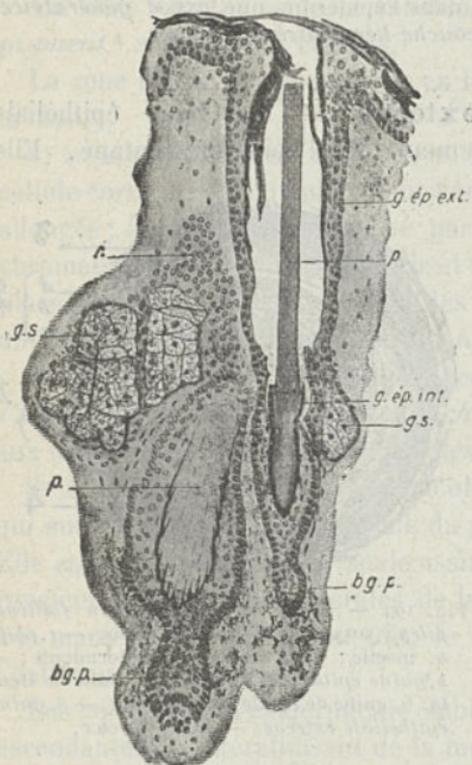


Fig. 200. — Cuir chevelu de fœtus à terme. — *p.*, poil à bulbe plein; *g. ép. int.*, gaine épithéliale interne; *g. ép. ext.*, gaine épithéliale externe; *g. s.*, glande sébacée; *bg. p.*, bourgeon pileux de remplacement.  $\times 250$ .

Ainsi sur la coupe transversale d'un follicule pileux représenté figure 172, nous voyons que le poil n'est pas encore kératinisé et que les cellules de la moelle et de l'écorce sont nettement distinctes. La gaine épithéliale interne présente de nombreuses granulations de trichohyaline dans la couche de Huxley, ce qui indique que la coupe passe dans le tiers inférieur de la racine du poil, un peu au-dessus de la papille.

**Renouvellement des poils.** — Comme dans la peau, où les générations cellulaires du corps muqueux aboutissent à la formation de nouvelles cellules cornées, dans le

bulbe du poil, les multiplications cellulaires du bulbe concourent à l'allongement du poil. Mais quand le poil a atteint sa longueur et sa durée normale, quand sa mortification et sa chute sont proches, la formation d'un poil de remplacement s'impose et ce remplacement se fait aux dépens du follicule de l'ancien poil (fig. 200).

Le poil prêt à tomber ne possède plus un bulbe creux, mais il se termine par un bouton corné, souvent effiloché, c'est le *poil à bulbe plein* appelé encore *poil en balai*.

Le nouveau poil va se développer aux dépens d'un cordon cellulaire issu de la gaine épithéliale externe et peut-être aux dépens de l'ancienne papille. Ce cordon cellulaire se déprime bientôt à son extrémité pour abriter une papille dermique. Les phénomènes de croissance du poil nouveau sont les mêmes que dans la formation des premiers poils. Le poil de remplacement occupe habituellement le même follicule. Les deux formations, poil caduc et poil nouveau, coexistent un certain temps dans le même follicule, si bien que quand le poil ancien tombe, le poil nouveau est déjà formé et prêt à sortir.

Les poils ne sont pas implantés régulièrement sur le tégument, mais sont disposés par groupes de 3 et 5, particulièrement nets chez le fœtus. Ces groupes sont séparés les uns des autres par des cloisons conjonctives et sont facilement reconnaissables sur des coupes tangentielles, de cuir chevelu par exemple.

La section des poils n'est pas toujours régulièrement circulaire, elle devient ovale dans les poils frisés ou bouclés, et le degré de frisure est en rapport avec l'aplatissement du poil. Les follicules pileux des poils frisés présentent un éperon qui jouerait un rôle dans l'aplatissement du poil.

C'est le pigment des substances corticale et médullaire qui donne aux poils leurs différentes colorations. Le blanchiment des poils (canitie) s'explique par la disparition du pigment et la pénétration de bulles d'air dans les cellules médullaires du poil.

Depuis Cuvier, on distingue dans le pelage des Mammifères deux sortes de poils : des poils longs et raides, les *jarres* et des poils courts et fins désignés sous le nom de *bourre* ou de *duvet*. Aucune différence de structure ne correspond à cette subdivision.

**Poils tactiles.** — Certains poils dits *poils tactiles* (longs poils du museau ou moustaches des félins et des rongeurs), possèdent, en plus de la structure habituelle, une innervation particulièrement riche et un vaste sinus sanguin, situé en dedans de la gaine fibreuse et s'étendant sur les deux tiers de la racine du poil.

## 2. — *Ongle*

L'ongle est un phanère développé aux dépens d'un bourgeon de l'épiderme qui s'enfonce obliquement à la face dorsale des doigts.

L'ongle comprend une *racine*, située au niveau de la partie réfléchie de l'épiderme et un *corps* dont la partie postérieure contiguë à la racine porte le nom de *lunule*.

Comme l'épiderme aux dépens duquel il se développe, l'ongle possède des *assises* cellulaires profondes, *génératrices*, dont l'ensemble correspond au corps muqueux de Malpighi, et une couche cornée superficielle, très épaisse, le *limbe unguéal* qui correspond à la couche cornée de la peau.

Si nous suivons, sur une coupe longitudinale d'ongle (fig. 201),

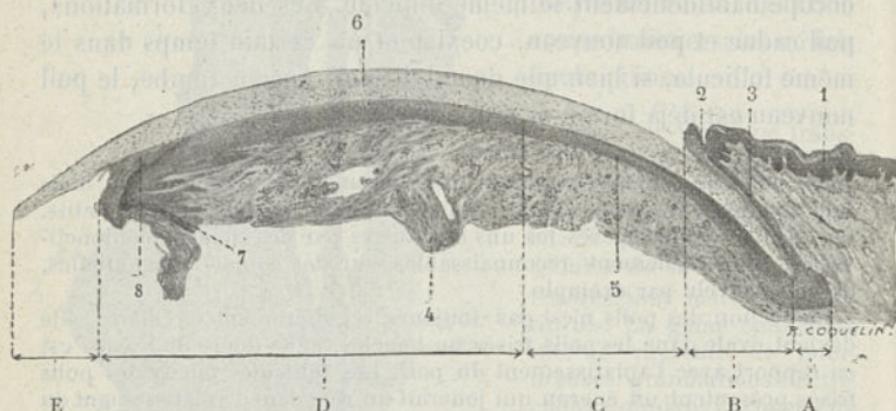


Fig. 201. — Coupe totale de l'ongle du singe (coupe antéro-postérieure). — A droite, on voit le repli sus-unguéal avec son feuillet direct 1, son bord libre 2, et son feuillet réfléchi 3, le derme sus-unguéal 4, est recouvert par un corps muqueux 5 et par le limbe corné 6. A gauche, on voit le corps muqueux cutané 7 (en continuité avec le corps muqueux unguéal), et la couche cornée développée au-dessous du limbe corné 8. La figure montre également les diverses régions de l'appareil unguéal : 1° l'involution postérieure avec la région rétro-radulaire A et la région radulaire B. Le corps de l'ongle est indiqué par les territoires C lunule et D. Le territoire E répond à l'extrémité de l'ongle.  $\times 20$  (D'après Branca, in *Traité d'anatomie* de Poirier).

L'épiderme de la partie dorsale du doigt, nous voyons que cet épiderme s'avance sur la face dorsale de l'ongle, formant le *feuillet superficiel du repli sus-unguéal*, puis l'épiderme se réfléchit le long de la racine de l'ongle formant le *feuillet profond du repli sus-unguéal*. L'épiderme entoure complètement la racine de l'ongle et se poursuit au-dessus du limbe unguéal jusqu'à l'extrémité du doigt.

La couche cornée de l'épiderme du repli sus-unguéal se prolonge normalement à la surface de l'ongle sous forme d'une mince membrane

triangulaire à sommet postérieur, le périonyx. C'est ce périonyx ou épidermicule que l'on s'efforce de détacher dans les soins particuliers donnés aux ongles.

La partie de l'épiderme sous-jacente à la racine de l'ongle est désignée sous le nom de *matrice*, alors que l'épiderme sous-jacent au corps de l'ongle porte le nom de *lit de l'ongle*.

Comparativement à l'épiderme cutané, le corps muqueux de Malpighi de la matrice est très riche en fibrilles épidermiques. La kératinisation se fait directement sans l'intermédiaire de grains de kératine ou d'onychohyaline, comme on l'avait supposé. Le *limbe de l'ongle* doit être envisagé comme une couche cornée très épaisse dans laquelle les cellules kératinisées, très adhérentes, sont engrenées les unes dans les autres. Comme dans la couche cornée de l'épiderme, le noyau existe encore, mais atrophié et difficile à mettre en évidence. On y trouve assez fréquemment une disposition concentrique des cellules cornées sous forme de *globes* ou *perles épidermiques*.

La matrice de l'ongle, mais aussi le lit de l'ongle concourent à l'accroissement de l'ongle en longueur.

Le derme constitue la partie moyenne du repli sus-unguéal. Il présente au-dessous du lit de l'ongle, au niveau du corps de l'ongle proprement dit une série de crêtes longitudinales, les *crêtes de Henlé*. La présence de ces crêtes dermiques donne à l'ectoderme unguéal sur des coupes transversales, un aspect valonné.

En résumé, l'évolution des cellules épidermiques, sauf quelques modifications dans la kératinisation, est la même dans l'ongle que dans la peau et le poil.

### 3. — Dent

L'étude de la dent définitive sera facilitée par l'examen de stades jeunes, sur lesquels on assiste à la formation des diverses parties constituantes de la dent.

**Développement.** — Les dents se développent aux dépens d'un bourgeon de l'épiderme gingival, la *lame dentaire*, qui s'étend sur toute la

longueur des maxillaires. Le bourgeonnement de l'épiderme en profondeur s'accompagne d'un épaissement en surface, le *bourrelet gingival*. A l'endroit où vont se former les dents, la lame dentaire donne naissance à un nouveau bourgeon dont la partie inférieure se déprime bientôt en forme de capuchon, puis de cloche (fig. 203).

Les cellules épidermiques du fond de la cloche, correspondant à la couche génératrice de l'épiderme, deviennent fertiles et déposeront ultérieurement à leur surface interne une couche d'émail, on leur donne le nom d'*adamantoblastes*. Les cellules moyennes du bourgeon, correspondant aux cellules du corps muqueux de Malpighi prennent un aspect réticulé et arrivent à simuler complètement le tissu conjonctif, d'où le nom de *pulpe* ou de *réticulum de l'émail* donné à ces cellules. Par leur peu de résistance, elles faciliteront l'évolution ultérieure de la dent.

Le tissu conjonctif qui occupe la cavité de la cloche subit aussi des modifications. Les cellules situées en regard des adamantoblastes s'agencent en une membrane régulière, d'aspect épithélial, c'est la *membrane de l'ivoire*, et les cellules qui la constituent portent le nom d'*odontoblastes*. Les odontoblastes sécrètent, mais sur leur face externe, une première couche d'ivoire, qui va se déposer en face des adamantoblastes.

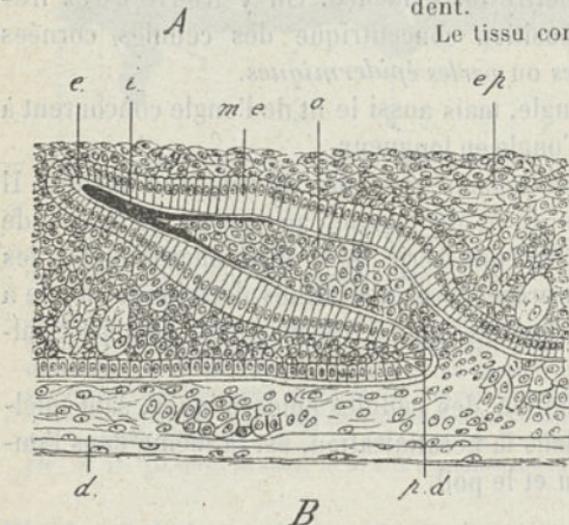


Fig. 203. — A. Ebauche d'une dent placode; B, dent placode; début de la formation de l'émail (e) et de l'ivoire (i); *pd.* ébauche dermique; *ep*, ébauche épithéliale; *me*, couche différentielle de l'épithélium qui formera l'émail (d'après Prenant et Bouin).

tes. L'ivoire apparaît ainsi avant l'émail. Dans la suite, adamantoblastes et odontoblastes déposeront alternativement des calottes d'émail et d'ivoire.

Au pourtour du germe dentaire, se trouve une condensation du tissu conjonctif qui porte le nom de sac dentaire, et qui en s'ossifiant donnera plus tard naissance au cément.

L'image de formation la plus simple de l'émail et de l'ivoire est four-

nie par les dents cutanées des Sélaciens (fig. 202). Ainsi, phylogénétiquement, les dents ne sont que des écailles modifiées pour la mastication des aliments.

Sur une ébauche dentaire plus évoluée (dent de fœtus de Cobaye, fig. 204), on peut étudier les principaux détails de la dentification.

Les *adamantoblastes* sont des cellules prismatiques, très

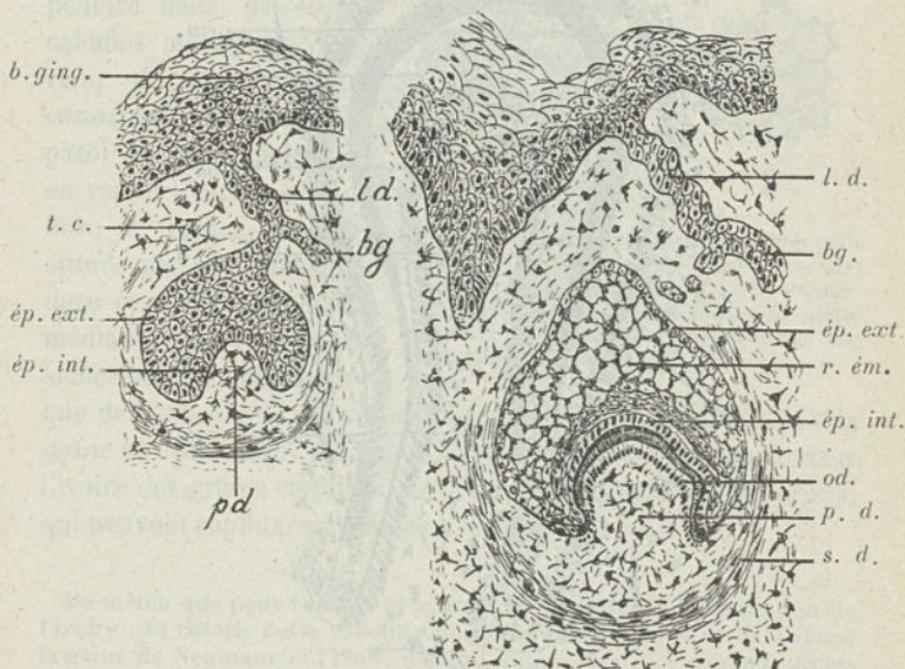


Fig. 203.— Deux stades successifs du développement de la dent.— *b. ging.*, bourrelet gingival; *l. d.*, lame dentaire; *bg.*, bourgeon de la dent de remplacement; *ép. ext.*, épithélium externe et *ép. int.*, épithélium interne de l'organe de l'émail; *r. ém.*, réticulum de l'émail; *od.*, odontoblastes; *p. d.*, papille dentaire; *s. d.*, sac dentaire; *t. c.*, tissu conjonctif.

hautes, disposées sur un seul rang, séparées à leur sommet par des cadres cellulaires. Le noyau ovalaire, est allongé dans le sens de la cellule. Il existe un chondriome fort développé, divisé en deux groupes : un groupe apical et un groupe basal. Dans la partie apicale de la cellule on trouve des grains de sécrétion et une substance spéciale aux tissus en voie d'ossification : la calco-globuline. A son extrémité interne, la cellule est munie d'un pro-

longement conique, assez court, le prolongement de Tomes, au contact duquel se dépose l'émail. Enfin, entre les adamantoblastes et l'émail on décrit une fine membrane fenêtrée, la *cuticule de*

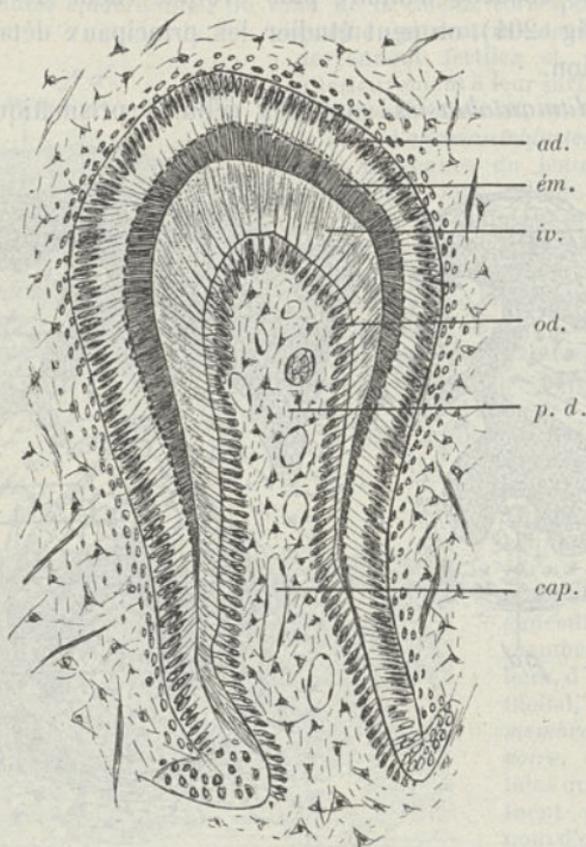


Fig. 204. — Dent (Cobaye) en voie de développement. — *ad.*, adamantoblastes; *ém.*, émail; *iv.*, ivoire; *p. d.*, papille dentaire avec vaisseaux et nerfs; *cap.*, un capillaire.  $\times 500$ .

*l'émail* ou *membrane préformative*, considérée comme un des stades préliminaires de la formation de l'émail.

Deux mécanismes sont capables d'expliquer la formation de l'émail par les adamantoblastes, celui de la *substitution*, par transformation calcaire de la partie superficielle de la cellule, celui de la *sécrétion*, par dépôt à la surface de la cellule d'une substance élaborée dans le protoplasma cellulaire. Les caractères glandulaires des adamantoblastes sont en faveur de cette deuxième théorie.

L'émail s'accroîtra par le dépôt de couches successives et, la structure prismatique de l'émail rappellera, comme nous le verrons plus loin, son mode de formation.

Les *odontoblastes* sont d'aspect piriforme; l'extrémité interne est arrondie et renferme le noyau. Latéralement, les odontoblastes s'envoient des anastomoses. L'extrémité externe est surmontée d'un prolongement effilé, la *fibre de Tomes*, qui pénètre dans des tubes calcifiés ménagés à l'intérieur de l'ivoire : les *canalicules de l'ivoire*. La paroi de ces canalicules, en rapport étroit avec la fibre de Tomes, est constituée par une substance dure et résistante, intermédiaire entre la substance molle, ectoplasmique de la fibre et la substance dure, calcifiée de l'ivoire, c'est la *gaine de Neumann*. Au début de la calcification, on trouve dans l'ivoire des grains calcaires particuliers dits *globes dentinaires*, qui peuvent confluer en masses volumineuses.

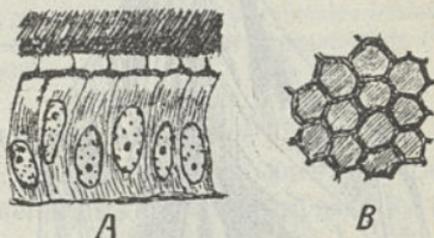


Fig. 205. — A. Adamantoblastes avec leur cuticule et le prolongement de Tomes, à la surface duquel se dépose l'émail. — B. Prismes de l'émail en coupe transversale. La partie centrale, hachurée, est constituée par une substance plus molle).

De même que pour l'émail, deux théories expliquent la formation de l'ivoire : la théorie de la substitution, dans laquelle la fibre de Tomes, la gaine de Neumann et l'ivoire ne sont que des transformations successives d'une même substance, progressivement chargée de sels calcaires, et la théorie de la sécrétion, dans laquelle la substance fondamentale de l'ivoire n'est qu'un produit d'élaboration des odontoblastes et de leurs fibres de Tomes.

La substance fondamentale de l'ivoire, avant d'être calcifiée, passe par un stade collagène, et on peut mettre en évidence dans cette substance fondamentale des fibrilles collagènes originaires de la pulpe dentaire.

Des précisions récentes viennent d'être apportées par A. Prenant dans la formation de l'émail et de l'ivoire. Adamantoblastes et odontoblastes sont tous deux à l'origine pourvus d'une bordure striée, comparable à

des cils. L'apparition de cette bordure en brosse marque le moment où les deux tissus vont fonctionner en sens inverse l'un de l'autre.

*Pulpe.* — La partie centrale de l'ébauche dentaire, occupée par du tissu conjonctif, constitue la pulpe. Elle est richement

vascularisée et innervée. Les filets nerveux s'arrêtent, pour les uns, au niveau des odontoblastes ; pour les autres, ils pénétreraient par l'intermédiaire des canalicules dentaires jusque dans l'ivoire, qui jouit d'une vive sensibilité.

Les cellules de la pulpe, contiguës aux odontoblastes sont aplaties et munies de prolongements. Elles s'anastomosent avec les prolongements internes des odontoblastes.

*Cément.* — Le cément ne se développe que plus tard aux dépens de la couche interne du sac dentaire. L'ossification se produit directement aux dépens du tissu conjonctif, on y retrouvera donc des fibres conjon-



Fig. 206. — Section longitudinale d'une dent canine supérieure de l'Homme. — *é.*, émail; *st. R.*, stries brunes parallèles de Retzius; *st. S.*, stries de Schreger; *i.*, ivoire; *e. i. g.*, espaces interglobulaires de Cermach; *c. g. T.*, courbes granuleuses de Tomes; *l. c. O.*, lignes de contour d'Owen; *c.*, cément; *p. d.*, pulpe dentaire; *n. v.*, nerfs et vaisseaux sanguins.  $\times 13$  (Prenant, d'après Rose et Gysi).

ctives calcifiées, des cellules osseuses ou cémentoblastes. Il n'y a pas de canaux de Havers.

**Dent définitive** (fig. 206). — La dent définitive sera, comme dans le cas de l'os, examinée sur des minces lamelles usées par frottement.

L'émail est constitué de prismes à six pans régulièrement juxtaposés. Chaque prisme représente le produit d'élaboration d'un adamantoblaste. La partie axiale du prisme est plus molle que la partie périphérique. L'émail présente à sa surface une partie très résistante, dite cuticule de l'émail.

Sur une coupe de dent (fig. 206), l'émail a un aspect strié. Les stries longitudinales (stries de Schreger) sont dues à des inflexions des prismes dans le sens de leur longueur. Les stries transversales (stries brunes parallèles de Retzius) sont dues au mode de formation de l'émail par dépôt de couches successives.

L'ivoire est canaliculé. Les canalicules de l'ivoire sont assez régulièrement rectilignes. Ils présentent de fines ramifications latérales, au moyen desquelles ils s'anastomosent avec les tubes voisins. Chaque canalicule est entouré d'une gaine de Neumann.

A un faible grossissement l'ivoire présente lui aussi une striation, en rapport avec son mode de formation ; ce sont les *lignes courbes d'Owen*. On y remarque aussi des espaces irréguliers (espaces interglobulaires de Czermack) ménagés entre les globes dentaires et en rapport avec des troubles de calcification.

Au moment de l'éruption de la dent, les adamantoblastes, situés à l'extérieur de l'émail, disparaissent. Les odontoblastes, situés à l'intérieur de l'ivoire persistent, mais ne tardent pas à se flétrir.

Le germe de la dent de remplacement dont l'évolution se fait de très bonne heure, se développe au niveau de l'extrémité de la lame dentaire, et non aux dépens d'un bourgeon issu du collet de l'ébauche dentaire primitive.

#### 4. — *Cristallin*

L'étude du cristallin, qui est un dérivé épidermique, doit prendre place à la suite des phanères.

**Développement.** — Le cristallin prend naissance aux dépens d'un bourgeon de l'ectoderme tégumentaire, bourgeon qui s'en sépare ultérieurement sous forme d'une vésicule, la *vésicule cristallinienne*. Cette vésicule est tapissée par un épithélium cubique, à une seule couche,

recouvert d'une membrane vitrée ou basale, qui n'est autre que la vitrée épidermique.

L'épithélium antérieur du cristallin persiste sans changement : au contraire, les cellules de l'épithélium postérieur s'allongent en fibres, qui refoulent et finissent par effacer complètement la cavité cristalliniennne primitive (fig. 207, B). Par les divisions cellulaires de la zone équatoriale du cristallin, de nouvelles fibres s'ajoutent aux précédentes, qui se disposent à la périphérie des fibres primitives condensées au centre du cristallin sous forme d'un noyau, le *noyau cristallinien*.

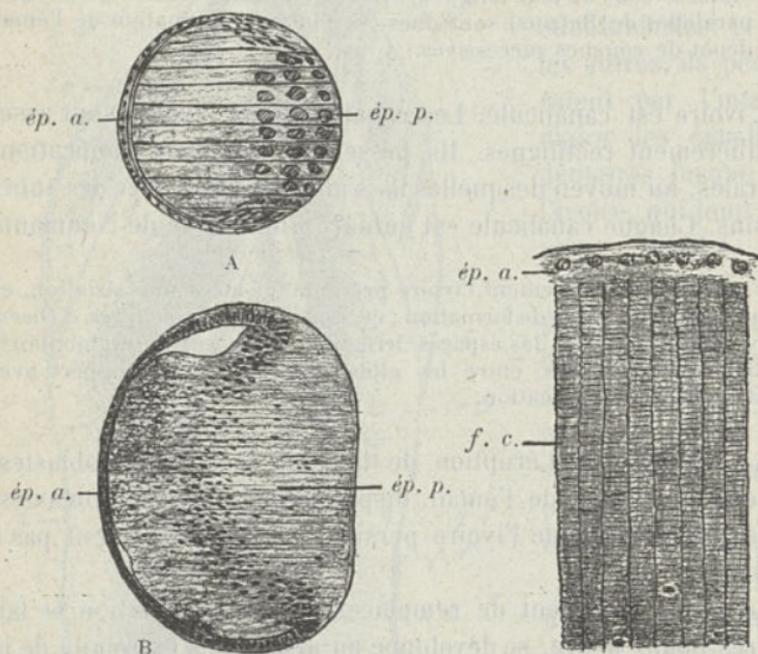


Fig. 207. — A. Cristallin de Triton; — B. Cristallin de fœtus humain; — C. fibres cristalliniennes. — *ép. a.*, épithélium antérieur; *ép. p.*, épithélium postérieur transformé en fibres; *f. c.*, fibres cristalliniennes.

Complètement développé, le cristallin comprend les parties suivantes :

1° Une membrane d'enveloppe appelée *capsule* ou *cristalloïde*. Cette cristalloïde, anhiste pour les uns, lamelleuse pour les autres, se forme en partie aux dépens de l'épithélium cristallinien, en partie aux dépens du mésoderme environnant. On la divise, pour la commodité de l'étude, en cristalloïde antérieure et postérieure.

2° Un *épithélium antérieur*<sup>1</sup>, composé de cellules polyédriques, basses, à noyau arrondi, à protoplasma clair et transparent.

3° Les *fibres cristalliniennes*, qui constituent la presque totalité du cristallin. Ces fibres (fig. 207 C) ont la forme de prismes hexagonaux aplatis ; leurs bords sont finement dentelés et elles s'engrènent les unes dans les autres. Ces fibres sont nucléées et leurs noyaux, régulièrement disposés, sont rassemblés dans la zone équatoriale du cristallin (zone des noyaux).

La direction des fibres cristalliniennes varie avec leur situation. Les fibres centrales sont rectilignes et présentent fréquemment des phénomènes de nécrose. Les fibres périphériques, à direction également antéro-postérieure, suivent un trajet arqué. Elles s'insèrent, en avant et en arrière, sur un appareil de soutien particulier, qui affecte la forme d'une étoile. Il y a une *étoile antérieure* et une *étoile postérieure, inversement orientées*, dont les branches au nombre de 3 à la naissance, augmentent de nombre dans la suite. Chaque fibre dont la longueur est constante, s'insère d'une part, sur l'étoile antérieure et d'autre part, plus ou moins loin (d'après son insertion antérieure) sur l'étoile postérieure.

4° Une *substance amorphe*, disposée en avant au-dessous de l'épithélium, en arrière au-dessous de la cristalloïde, dont la masse constitue les étoiles antérieure et postérieure. Les branches de ces étoiles se perdent insensiblement dans la partie centrale du cristallin.

Le cristallin est entièrement dépourvu de nerfs et de vaisseaux, ce qui lui assure sa transparence particulière ; sa nutrition est assurée par les procès ciliaires.

OUVRAGES A CONSULTER : Branca, Le tégument externe et ses dérivés, *Traité d'Anatomie de Poirier*, nouvelle édition par Charpy et Nicolas, 1912.

1. L'épithélium postérieur s'est transformé en fibres.



## TABLE DES FIGURES

---

### I. — PLANCHES EN COULEURS

	Pages
PLANCHE I. — <i>Cytologie</i> . . . . .	22
Fig. 1. — Grandes cellules de l'organe de Bidder du Crapaud.	
— 2. — Trois œufs de l'ovaire d'un Poisson.	
PLANCHE II. — <i>Épithéliums</i> . . . . .	48
Fig. 1. — Épithélium cylindrique cilié (œsophage d'un Batracien).	
— 2. — Épithélium cylindrique entièrement muqueux (estomac d'un Triton).	
— 3. — Épithélium à plateau strié (intestin d'un Batracien <i>Alytes obstetricans</i> ).	
— 4. — Structure du cil vibratile (Épithélium des lamelles branchiales de la Moule).	
— 5. — Endothélium péritonéal (en coupe perpendiculaire à la surface).	
PLANCHE III. — <i>Sang. Moelle osseuse</i> . . . . .	76
Fig. 1. — Sang humain coloré (fix. Flemming, color. Giemsa).	
— 2. — Sang de Grenouille coloré (fix. Flemming, color. Giemsa).	
— 3. — Frottis de moelle osseuse (fix. Flemming, color. éosine, bleu de toluidine).	
PLANCHE IV. — <i>Muscle</i> . . . . .	114
Fig. 1. — Fibres musculaires striées à sarcoplasme abondant (muscles de l'œil de la Salamandre).	
— 2. — Coupe transversale de muscle strié (même objet que 1).	
— 3. — Coupe transversale des muscles de la ligne latérale d'un jeune poisson.	
— 4. — Coupe de muscle lisse (intestin de Salamandre).	
PLANCHE V. — <i>Injections vasculaires</i> . . . . .	223
Fig. A. — Rein de chat injecté au bleu de Prusse.	
— B. — Détail de la même préparation à un plus fort grossissement.	

Fig. C.	— Intestin de lapin injecté au bleu de Prusse.	
— D.	— Foie de lapin injecté au bleu de Prusse.	
— E.	— Détail de la même préparation au voisinage d'un gros vaisseau porte.	
— F.	— Poumon de grenouille injecté et nitraté.	
PLANCHE VI.	— <i>Système nerveux et organes des sens</i> . . . . .	292
Fig. A.	— Ganglion spinal de lapin (méthode de Nissl).	
— B.	— Cellule pyramidale de l'écorce cérébrale de cobaye (méthode de Nissl).	
— C.	— Un grain du cervelet (même méthode).	
— D.	— Une cellule isolée du ganglion figuré en A.	
— E.	— Ensemble de l'écorce cérébrale d'un cobaye colorée par la méthode de Nissl.	
— F.	— Corpuscule de Pacini avec les terminaisons nerveuses imprégnées au bleu de méthylène.	
— G.	— Corpuscules de Meissner (bleu de méthylène).	
— H.	— Terminaison nerveuse intra-épidermique du groin du porc. Ménisque tactile.	
— I.	— Bourgeon du goût (bleu de méthylène).	

## II. — FIGURES

Fig. 1.	— Cellules sexuelles (Spermatocytes de Lithobius) . . . . .	21
— 2.	— Ovocyte de Grenouille . . . . .	23
— 3.	— Cellules sexuelles (Spermatogonies) d'un Batracien (Bombinator) . . . . .	24
— 4.	— Divers types de centres cellulaires . . . . .	25
— 5.	— Prophase dans une spermatogonie de Salamandre . . . . .	30
— 6.	— Stades successifs de la mitose dans les Spermatogonies de la Salamandre . . . . .	32
— 7.	— Télophase d'une mitose de la figure précédente . . . . .	33
— 8.	— Aspects divers des images de mitose . . . . .	35
— 9.	— Division par clivage d'un noyau (Cellules des canaux efférents du testicule de Salamandre) . . . . .	37
— 10.	— Anomalies de la mitose . . . . .	38
— 11.	— Cartilage à stroma capsulaire (lamproie) . . . . .	42
— 12.	— Différentes cellules de l'épididyme des Batraciens . . . . .	46
— 13.	— Epithélium péritonéal nitraté . . . . .	51
— 14.	— Coupe de cornée . . . . .	52
— 15.	— Coupe de l'épiderme de l'index . . . . .	53
— 16.	— Epiderme et cuticule d'une blatte . . . . .	56
— 17.	— Cellules isolées de l'épithélium de la langue . . . . .	57
— 18.	— Glande cutanée d'une Salamandre (Glande acineuse simple) . . . . .	60
— 19.	— Glande cutanée d'une Salamandre après excrétion . . . . .	61
— 20.	— Pancréas d'un batracien . . . . .	63
— 21.	— Glande sous-maxillaire de Mouton . . . . .	65
— 22.	— Glande sous-maxillaire (méth. de Golgi) . . . . .	66
— 23.	— Glandes gastriques (Alytes) . . . . .	67

	Pages
Fig. 24. — Glande sébacée (Homme) . . . . .	69
— 25. — Sang de Grenouille et sang humain à frais . . . . .	72
— 26. — Globule blanc de cobaye ayant phagocyté des levures . . . . .	72
— 27. — Différents types de leucocytes . . . . .	74
— 28. — Un rectangle de l'hématimètre de Malassez . . . . .	81
— 29. — Mésentère de Rat . . . . .	84
— 30. — Schéma des deux théories de la formation des fibrilles conjonctives . . . . .	87
— 31. — Cellule pigmentaire de la Grenouille . . . . .	88
— 32. — Mastzellen et plasmocytes du tissu conjonctif . . . . .	88
— 33. — Tendon filiforme de la queue du Rat. — I. Dissocia- tion ; — II. Coupe transversale . . . . .	89
— 34. — Cornée de lapin imprégnée par le chlorure d'or . . . . .	90
— 35. — Coupe transversale d'une artère de gros calibre (aorte de Chien) . . . . .	91
— 36. — Dissociation d'une lame élastique . . . . .	91
— 37. — Cartilage hyalin (sclérotique de la Grenouille) . . . . .	94
— 38. — Cartilage du larynx. . . . .	95
— 39. — I. Cartilage articulaire de Veau ; — II. Cartilage sérié (épiphyse tibiale d'un fœtus) . . . . .	96
— 40. — Cartilage élastique (Epiglotte de Chien) . . . . .	97
— 41. — Opercule de Tanche . . . . .	99
— 42. — Coupe transversale d'un fragment d'os sec (diaphyse du tibia) . . . . .	100
— 43. — Détail d'une travée osseuse pendant l'ossification . . . . .	103
— 44. — Coupe d'une travée osseuse en voie d'ossification (pariétal de fœtus humain de trois mois) . . . . .	104
— 45. — Coupe de l'extrémité supérieure du tibia au niveau de la ligne d'ossification chez un fœtus à terme . . . . .	105
— 46. — Coupe longitudinale d'un os long au début de l'os- sification . . . . .	106
— 47. — Schéma des phases successives de la formation d'un os long . . . . .	107
— 48. — Muscle lisse (vessie de Grenouille) . . . . .	109
— 49. — Coupes longitudinales de muscle lisse dans l'intestin de Grenouille . . . . .	110
— 50. — Coupes longitudinale et transversale du muscle lisse de Sangsue . . . . .	111
— 51. — Muscle strié en coupe longitudinale et transversale dans une coupe de langue . . . . .	112
— 52. — Détails de la striation des fibrilles . . . . .	113
— 53. — Muscle cardiaque . . . . .	118
— 54. — Schéma des complications progressives du trajet nerveux . . . . .	120
— 55. — Cellules des cornes antérieures de la moelle . . . . .	122
— 56. — Cellule ganglionnaire de sangsue . . . . .	123
— 57. — Cellule nerveuse avec corps de Nissl . . . . .	124
— 58. — Chromatolyse . . . . .	125
— 59. — Formations diverses de la cellule nerveuse . . . . .	125
— 60. — A. Cellule de Purkinje. B. Cellule pyramidale (méth. de Golgi) . . . . .	126

	Pages
Fig. 61. — Diverses formes de cellules nerveuses . . . . .	127
— 62. — Cellules bipolaires . . . . .	127
— 63. — Schéma des théories réticulaire et neuroniste . . . . .	128
— 64. — Divers modes d'association des cellules nerveuses . . . . .	129
— 65. — Schéma de l'expérience de Bethe . . . . .	130
— 66. — Fibres nerveuses . . . . .	131
— 67. — Moelle épinière d'embryon (Têtard de Grenouille) . . . . .	133
— 68. — Cellules névrogliques . . . . .	133
— 69. — Névroglie des cordons blancs . . . . .	134
— 70. — Dissociation de nerfs . . . . .	136
— 71. — Schéma des deux théories du neurone et de la chaîne nerveuse . . . . .	138
— 72. — Portion du réseau des fibres de Remak du Pneumo- gastrique du Chien . . . . .	139
— 73. — Coupe transversale d'un nerf comprenant trois fais- ceaux . . . . .	140
— 74. — Schéma de la terminaison d'un nerf moteur dans une fibre musculaire striée. . . . .	143
— 75. — Spermatogénèse de l' <i>Ascaris</i> . . . . .	147
— 76. — Spermatogénèse de la Grenouille . . . . .	150
— 77. — Spermatogénèse du Rat . . . . .	154
— 78. — Spermatogénèse chez l'homme . . . . .	155
— 79. — Transformation de la spermatide en spermatozoïde chez la Salamandre . . . . .	156
— 80. — Zoosperme de l'épididyme du Cobaye. . . . .	157
— 80bis — Spermatozoïdes divers. . . . .	157
— 81. — Ovogénèse de l' <i>Ascaris</i> . . . . .	159
— 82. — Stades successifs de l'ovogénèse d'un Oiseau. . . . .	160
— 83. — Schéma comparatif de l'ovogénèse et de la sperma- togénèse . . . . .	161
— 84. — Ovaire embryonnaire . . . . .	161
— 85. — Fragment d'ovaire adulte (Lapine) . . . . .	162
— 86. — Expulsion du deuxième globule polaire dans l'œuf de la lapine . . . . .	162
— 87. — Déhiscence du follicule chez un petit rongeur . . . . .	163
— 88. — Fécondation chez l' <i>Ascaris mégalocephala univalens</i> . . . . .	164
— 89. — Fécondation chez <i>Physa fontinalis</i> . . . . .	165
— 90. — Tubes séminifères embryonnaires . . . . .	167
— 91. — Coupe de l'artère poplitée (Homme) et d'une des vei- nes qui l'accompagnent . . . . .	170
— 92. — Coupe de l'artère poplitée avec coloration du tissu élastique . . . . .	171
— 93. — Aorte du Chien . . . . .	172
— 94. — A. Capillaire du mésentère ; — B. Capillaire nitraté ; — C. Artériole du mésentère vue à plat . . . . .	175
— 95. — Coupe de l'intestin grêle d'un Lapin au niveau d'un follicule clos . . . . .	179
— 96. — Ganglion lymphatique de Chien. . . . .	182
— 97. — Fragment de ganglion lymphatique comprenant un peu de substance médullaire et un nodule lym- phoïde . . . . .	183

Fig. 98. — Coupe sagittale d'un ganglion lymphatique de Chien dont les voies lymphatiques ont été injectées. . . . .	184
— 99. — Rate de Chien . . . . .	186
— 100. — Frottis de rate . . . . .	189
— 101. — Frottis de moelle osseuse. . . . .	191
— 102. — Foie hématopoïétique . . . . .	194
— 103. — Schéma de la néphridie d'une Annélide . . . . .	196
— 104. — Coupe de trois segments du corps de Wolff . . . . .	198
— 105. — Schéma de la structure du rein. . . . .	199
— 106. — Rein de Cobaye (substance corticale) . . . . .	201
— 107. — Rein de Cobaye (substance médullaire) . . . . .	202
— 108. — Tube de Malpighi de Blatte . . . . .	204
— 109. — Epithélium vésical (enfant nouveau-né) . . . . .	205
— 110. — Urètre : A. jeune chat. — B. chien (portion pavimenteuse) . . . . .	206
— 111. — Coupe de verge d'un fœtus de Veau de 0 m. 50. . . . .	207
— 112. — Corps caverneux d'un jeune Veau (coupe transversale). . . . .	208
— 113. — Œsophage de fœtus humain. . . . .	210
— 114. — Langue de Chien (coupe au niveau de la base) . . . . .	212
— 115. — Œsophage de chien (coupe transversale) . . . . .	213
— 116. — Muqueuse stomacale (Chien) ensemble . . . . .	215
— 117. — Coupe longitudinale d'une glande gastrique au niveau du collet (cardia ; Chien). . . . .	216
— 118. — Muqueuse pylorique (Chien) . . . . .	217
— 119. — Intestin grêle (Chien) ; coupe transversale de la muqueuse . . . . .	218
— 120. — Coupe d'un repli de la muqueuse intestinale d'un Batracien . . . . .	219
— 121. — Modifications des cellules intestinales pendant l'absorption. . . . .	220
— 122. — Duodénum (Homme) . . . . .	221
— 123. — Appendice (Homme) coupe transversale . . . . .	224
— 124. — Muqueuse rectale de Cobaye. . . . .	225
— 125. — Ensemble d'un lobule de la parotide de l'homme . . . . .	227
— 126. — Pancréas d'un Batracien . . . . .	228
— 127. — Pancréas (Homme). . . . .	229
— 128. — Glande salivaire mixte sous-maxillaire de Mouton. . . . .	230
— 129. — Glande sous-maxillaire de Mouton. Détail. . . . .	231
— 130. — Sous-maxillaire de l'homme . . . . .	232
— 131. — Sous-maxillaire de l'homme (fort grossissement) . . . . .	232
— 132. — Foie d'Amphibien (Axolotl) . . . . .	234
— 133. — Divers types de cellules hépatiques. . . . .	235
— 134. — Foie de Porc. . . . .	236
— 135. — Coupe de foie humain . . . . .	237
— 136. — Cellules du foie de l'Homme avec canalicules biliaires remplis par la bile . . . . .	238
— 137. — Foie de Porc. Espace porte . . . . .	239
— 138. — Vésicule biliaire de Lapin. . . . .	240
— 139. — Thyroïde et parathyroïde. . . . .	243
— 140. — Coupe sagittale de l'hypophyse de l'Homme . . . . .	244

	Pages
Fig. 141. — Hypophyse (détail) . . . . .	245
— 142. — Coupe d'ensemble de la capsule surrénale de l'Homme . . . . .	246
— 143. — Éléments d'une capsule surrénale (Vache) . . . . .	247
— 144. — Ganglion sympathique lombaire de Grenouille avec cellules paraganlionnaires . . . . .	248
— 145. — Corps jaunes de l'ovaire . . . . .	249
— 146. — Paroi d'un corps jaune au début . . . . .	250
— 147. — A. Cellules interstitielles de l'ovaire (Lapine). B. Cellules du corps jaune (Femme) . . . . .	251
— 148. — Cellules interstitielles du testicule . . . . .	252
— 149. — Thymus de nouveau-né . . . . .	255
— 150. — Thymus de nouveau-né (détail). . . . .	256
— 151. — Poumon de fœtus humain . . . . .	257
— 152. — Trachée de Cobaye. . . . .	258
— 153. — Muqueuse trachéale (Homme) . . . . .	259
— 154. — Bronche de moyen calibre (poumon de Rat). . . . .	261
— 155. — Poumon de Cobaye (nouveau-né). Coupe demi-sché- matique d'un lobule pulmonaire. . . . .	262
— 156. — Coupe de poumon de Cobaye. . . . .	263
— 157. — Passage de la bronche terminale aux alvéoles . . . . .	263
— 158. — Schéma du lobule pulmonaire . . . . .	264
— 159. — Imprégnation de l'endothélium pulmonaire . . . . .	265
— 160. — Poumon de Cobaye ayant respiré des poussières de silice. . . . .	266
— 161. — Coupe transversale de testicule passant au niveau de la tête de l'épididyme . . . . .	268
— 162. — A. Epididyme; — B. Canal déférent . . . . .	269
— 163. — Vésicule séminale (Taureau) . . . . .	271
— 164. — Coupe totale de l'ovaire d'une Guenon. . . . .	272
— 165. — Ovaire embryonnaire (Ourse nouveau-née) . . . . .	273
— 166. — Fragment d'ovaire de jeune Femme . . . . .	274
— 167. — Structure de la trompe utérine . . . . .	275
— 168. — Coupes de la muqueuse utérine . . . . .	277
— 169. — Un lobule de la glande mammaire de Femme . . . . .	279
— 170. — Glande mammaire (détail). . . . .	279
— 171. — Villosité placentaire d'un embryon humain de 16 mm. Coupe transversale . . . . .	281
— 172. — Cerveau de chien (méthode de Golgi) . . . . .	283
— 173. — Écorce cérébelleuse. — A. Schéma par méthode de Golgi; — B. Figure réelle pour une méthode banale. . . . .	285
— 174. — Cervelet. A. Cellule de Purkinje. B. Fibres grim- pantes . . . . .	286
— 175. — Moëlle épinière (schéma). . . . .	288
— 176. — Cellules cordonales. . . . .	289
— 177. — Ganglion sympathique du lapin. . . . .	291
— 178. — Muqueuse olfactive de l'Homme. . . . .	294
— 179. — Bulbe et muqueuse olfactive. . . . .	295
— 180. — Lapin. Organe folié . . . . .	297
— 181. — Coupe demi-schématique d'un bourgeon du goût d'un Lapin . . . . .	298

Fig. 182.	— Oreille interne. — A. Coupe d'un des tours de spire du Limaçon ; — B. Détail de l'organe de Corti . . . . .	299
— 183.	— Schéma de la rétine . . . . .	303
— 184.	— Rétine (figure réelle, rétine de Chien) . . . . .	304
— 185.	— Un cône et trois bâtonnets dans la rétine d'un Triton. . . . .	305
— 186.	— Rétine ciliaire . . . . .	306
— 187.	— Cornée de Lapin imprégnée par le chlorure d'or . . . . .	308
— 188.	— Coupe verticale du bord libre de la paupière supérieure . . . . .	309
— 189.	— Coupe dans la membrane ciroïde du Canard. . . . .	311
— 190.	— Bouquet de corpuscules de Pacini dans le mésentère du Chat. . . . .	312
— 191.	— Corpuscules de Meissner . . . . .	313
— 192.	— Peau du doigt . . . . .	316
— 193.	— Peau de l'index. Coupe au niveau d'une crête papillaire. . . . .	317
— 194.	— Glomérule sudoripare . . . . .	320
— 195.	— Glande sébacée (cuir chevelu) . . . . .	322
— 196.	— Cuir chevelu de fœtus à terme . . . . .	325
— 197.	— Follicule pileux. Schéma. . . . .	326
— 198.	— Racine et bulbe du poil (coupe longitudinale demi-schématique) . . . . .	327
— 199.	— Coupe transversale d'un follicule pileux au niveau du tiers inférieur. . . . .	329
— 200.	— Cuir chevelu de fœtus à terme (remplacement des poils) . . . . .	330
— 201.	— Coupe totale de l'ongle du Singe (coupe antéro-postérieure) . . . . .	332
— 202.	— Dent placôïde d'un sélacien (raie) . . . . .	334
— 203.	— Deux stades successifs du développement de la dent. . . . .	335
— 204.	— Dent en voie de développement (Cobaye). . . . .	336
— 205.	— A. adamantoblastes ; B. prismes de l'émail . . . . .	337
— 206.	— Section longitudinale d'une dent canine supérieure de l'Homme . . . . .	338
— 207.	— Cristallin. — A. De Triton ; — B. De fœtus humain ; — C. Fibres cristalliniennes . . . . .	340

112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500

112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500

- Fibres moussues, 287.  
 — musculaires, 411.  
 — nerveuses, 435.  
 Fibrilles épidermiques, 48.  
 — musculaires, 413.  
 — nerveuses, 437.  
 Fibro-cartilage, 97.  
 Filament axile, 158.  
 — spiral, 457.  
 Flagelle, 158.  
 Foie, 233.  
 Follicule clos, 178.  
 — de de Graaf, 163.  
 Fuseau central, 30.  
  
 Gaine de Henle, 328.  
 — de Huxley, 328.  
 — de Schwann, 436.  
 Ganglions cérébro-spinaux, 291.  
 — lymphatiques, 181.  
 — sympathiques, 292.  
 Glandes à sécrétion interne, 242.  
 Glande de Bartholin, 278.  
 — bronchiques, 259.  
 — cardiaques, 217.  
 — cutanées, 54, 319.  
 — d'Ebner, 213.  
 — de l'intestin, 222.  
 — de Meibomius, 309.  
 — digestives, 226.  
 — en grappe, 59.  
 — en tube, 66.  
 — holocrines, 68.  
 — mammaires, 278.  
 — mixtes, 65.  
 — parathyroïde, 244.  
 — pyloriques, 217.  
 — salivaires, 226.  
 — sébacées, 321.  
 — séreuses, 62.  
 — sous-maxillaire, 230.  
 — sudoripares, 319.  
 — thyroïde, 242.  
 Globules blancs, 72, 74.  
 — polaires, 162.  
 — rouges, 71, 73.  
 — sanguins, 71.  
 Glomérule de Malpighi, 200.  
 Glycogène, 234.  
 Goût (organe du), 296.  
 Grains de sécrétion, 60.  
 — du cervelet, 286.  
  
 Hématies, 71, 73.  
 Hypophyse, 245.  
  
 Hots de Langerhans, 252.  
 Incisures de Schmidt-Lantermann, 437.  
 Inclusion, 7.  
 Intestin grêle, 218.  
 Ivoire, 339.  
  
 Karyokinèse, 33.  
 Kératinisation, 54.  
 Kittleisten, 49.  
  
 Lame spirale, 300.  
 Langue, 211.  
 Larynx, 260.  
 Leucocytes acidophiles, 75.  
 — basophiles, 75.  
 — éosinophiles, 75.  
 — granuleux, 75.  
 — hyalins, 74.  
 — mononucléaires, 74.  
 Ligament spiral, 300.  
 Ligne d'ossification, 405.  
 Limitantes, 304.  
 Loi de Mendel, 452.  
 Lobule hépatique, 237.  
 — pulmonaire, 263.  
 — thymique, 255.  
 Lymphatiques, 176.  
 Lymphocytes, 74.  
  
 Mamelle, 278.  
 Mastzellen, 85.  
 Mégacaryocytes, 493.  
 Mégaloblastes, 192.  
 Membrane basale, 53.  
 — de Corti, 300.  
 Ménisques tactiles, 310.  
 Mésonéphros, 185.  
 Mitochondries, 24.  
 Mitose, 30.  
 — hétérotypique, 451.  
 Moelle épinière, 287.  
 — osseuse, 491.  
 Mononucléaire, 74.  
 Muqueuse anale, 225.  
 Muqueuse olfactive, 295.  
 — utérine, 276.  
 Muscle, 109.  
 — cardiaque, 417.

- Muscle lisse, 110.  
 — strié, 111.  
 Myéline, 136.  
 Myélocytes, 192.  
 Myocarde, 175.  
 Myofibrilles, 113.  
  
 Nerf, 139.  
 — à myéline, 136.  
 — amyélinique, 139.  
 Nerveuse (cellule), 122.  
 — (fibre), 135.  
 — (terminaison), 142.  
 Nerveux (système), 282.  
 Neurofibrilles, 137.  
 Neurone, 129.  
 Névrogie, 132.  
 Nodule lymphoïde, 178.  
 Normoblaste, 192.  
 Noyau, 17.  
 Nucléole, 17.  
 Numération des globules sanguins, 81.  
  
 Odontoblastes, 337.  
 Œil, 302.  
 Olfactive (cellule), 295.  
 Ongle, 331.  
 Oreille, 298.  
 Organes chromaffines, 248.  
 — de Corti, 300.  
 — de l'émail, 334.  
 — folié, 297.  
 — sensoriels, 295.  
 Origine du sang, 194.  
 Os, 99.  
 Osséine, 102.  
 Osseux (canalicules), 401.  
 Ossification, 102.  
 Otcystes, 301.  
 Ovaire, 271.  
 Ovocytes, 161.  
 Ovogénèse, 158.  
 Ovogonie, 158.  
 Ovule, 162.  
  
 Pancréas, 229.  
 Papilles caliciformes, 213.  
 — dermiques, 318.  
 Papilles filiformes, 212.  
 — fongiformes, 212.  
 Paraganglions, 248.  
  
 Parathyroïde, 244.  
 Parotide, 226.  
 Passage de Boll, 227.  
 Paupière, 308.  
 Peau, 315.  
 Périoste, 104.  
 Pigment, 88.  
 Pituitaire (muqueuse), 296.  
 Placenta, 280.  
 Plaque de Peyer, 223.  
 Plaquettes, 76.  
 Plateau, 49.  
 Poil, 323.  
 Polycaryocytes, 193.  
 Poumon, 260.  
 Prolongements protoplasmiques, 126.  
 Pronéphros, 197.  
 Prostate, 270.  
 Protoplasma, 49.  
 Pulpe de la rate, 187.  
 — dentaire, 338.  
 Purkinje (cellules de), 284.  
 Pyrénine, 21.  
  
 Racine ciliaire, 44.  
 Rampe de Corti, 300.  
 — tympanique, 300.  
 — vestibulaire, 300.  
 Rate, 185.  
 Réflexes, 121.  
 Rein, 196.  
 Réseau capillaire, 174.  
 — interne de Golgi, 27.  
 — de Purkinje, 176.  
 Résidu fusorial, 33.  
 Réticulum du ganglion, 183.  
 — de la rate, 188.  
 Rétine, 302.  
 — ciliaire, 307.  
  
 Sac dentaire, 334.  
 Sang, 71.  
 Sarcolemme, 112.  
 Sarcoplasme, 113.  
 Schwann (gaine de), 136.  
 Sécrétion, 60.  
 — externe, 60.  
 — holocrine, 68.  
 — interne, 69.  
 Segment de Weissmann, 117.  
 — de Ranvier, 136.

- Spermatide, 147.  
 Spermatocyte, 146.  
 Spermatogénèse, 145.  
 Spermatogonie, 146.  
 Spermatozoïde, 157.  
 Spermiogénèse, 155.  
 Sphère attractive, 26.  
 Spirème, 31.  
 Statocystes, 301.  
 Stratum compactum, 54.  
 — cornéum, 54.  
 — granuloseum, 54.  
 — lucidum, 54.  
 Strie d'Amici, 115.  
 — de Frommann, 136.  
 — vasculaire, 300.  
 Substance grise, 287.  
 Suc nucléaire, 21.  
 Surrénale, 246.  
 Sympathique, 273.  
 Synapsis, 149.  
 Syncytium, 19.  
 Système de Havers, 101.  
 — nerveux, 282.  
  
 Tact, 310.  
 Tendon, 88.  
 Terminaisons nerveuses, 142.  
 Testicule, 266.  
 Théorie du neurone, 129.  
 Thèque, 274.  
 Thrombocytes, 76.  
 Thymus, 254.  
 Thyroïde, 242.  
 Tissu adipeux, 86.  
 — conjonctif, 83.  
 — élastique, 91.  
 — épithélial, 42.  
 — érectile, 206.  
  
 Tissu membraneux, 83.  
 Tissu musculaire, 109.  
 — nerveux, 120.  
 — osseux, 99.  
 Tonofibrilles, 41.  
 Trachée, 258.  
 Trait scalariforme, 117.  
 Trompe, 275.  
 Tube contourné, 200.  
 — de Bellini, 200.  
 — droit, 200.  
 — urinaire, 199.  
  
 Urètre, 205.  
 Urètre, 205.  
 Urinaire (appareil), 196.  
 Utérus, 276.  
  
 Vagin, 278.  
 Vaisseaux, 169.  
 — lymphatiques, 176.  
 — sanguins, 169.  
 Vasa vasorum, 172.  
 Veine, 173.  
 Verge, 206.  
 Vésicule biliaire, 241.  
 — séminale, 270.  
 Vessie, 205.  
 Villosité intestinale, 218.  
 — chorale, 280.  
 Vitellus, 20.  
 Voies urinaires, 205.  
 — respiratoires, 268.  
 — spermatiques, 268.  
 Vulve, 278.  
  
 Zone glomérulaire, 247.  
 — réticulée, 247.  
 — fasciculée, 247.

---

LAVAL. — IMPRIMERIE BARNÉOUD.

---