





QL45
P457t
1897
v.1



TRAITÉ

DE

ZOOLOGIE

Paulo Heringer

PREMIÈRE PARTIE

ZOOLOGIE GÉNÉRALE

CHAPITRE PREMIER

DES PROTOPLASMES, DES PLASMODES ET DES PLASTIDES

Êtres inanimés et êtres vivants. — Tout ce qui existe à la surface du Globe se répartit en deux grandes catégories : 1^o les *êtres inanimés* qu'on désigne souvent sous le nom de *corps bruts* ou *minéraux*; 2^o les *êtres vivants*, auxquels on applique également la dénomination de *corps organisés*, en raison de la structure nettement déterminée que présentent la plupart d'entre eux.

Les êtres inanimés ne sont modifiés dans leur position, leur forme ou leurs dimensions, que lorsqu'une force extérieure vient à agir sur eux. Les êtres vivants, au contraire, changent spontanément, en apparence, de forme et de dimensions pendant une partie de leur durée. Ils modifient incessamment le milieu ambiant que laissent d'ordinaire inaltéré les corps inanimés; mais leur activité n'a qu'un temps, passé lequel ils *meurent*, reviennent à l'état de corps inanimés et se décomposent, au moins en partie.

Corps simples et corps composés. — Dans l'état actuel de nos connaissances, certains êtres inanimés nous apparaissent comme formés d'une substance unique, indécomposable par tous les moyens qui sont à la disposition des physiciens et des chimistes : ce sont les *corps simples*. Les substances qui constituent les corps

simples sont, pour le moment, au nombre de 73; elles forment, en se combinant suivant des règles déterminées, d'innombrables *corps composés*, qui peuvent à leur tour se mélanger entre eux d'une façon quelconque, mais dont la composition demeure immuable tant que la chaleur, l'électricité, la lumière ou la présence de certains autres corps n'interviennent pas pour les modifier.

Tous les êtres vivants sont, au point de vue chimique, des mélanges de corps composés; mais la *vie* réside essentiellement dans une catégorie spéciale de substances qu'on appelle les *protoplasmes*, et ne peut être définie que par les propriétés de ces substances.

Quand les protoplasmes cessent de vivre, ils apparaissent au chimiste comme constitués par un mélange de *composés albuminoïdes*, c'est-à-dire de composés dans lesquels quatre corps simples principaux, le *carbone*, l'*hydrogène*, l'*oxygène* et l'*azote*, entrent dans des proportions telles que, si l'on suppose tout l'oxygène et tout l'azote employés à former de l'eau et de l'ammoniaque, en s'unissant à l'hydrogène, il reste encore un excès de carbone.

A ces quatre corps fondamentaux s'ajoute toujours une petite quantité de soufre; en outre, on trouve fréquemment d'une manière normale, dans l'organisme de beaucoup d'êtres vivants, du *phosphore*, du *fluor*, du *chlore*, du *silicium*, du *potassium*, du *sodium*, du *calcium*, du *magnésium*, du *manganèse*, du *fer*, du *zinc*, du *cuivre*, en tout dix-sept éléments. Toutefois ces dix-sept éléments ne se rencontrent pas simultanément chez tous les êtres vivants. Le zinc, le cuivre, le fluor, le chlore lui-même peuvent manquer, ce qui ramène à treize le nombre des éléments à peu près constants.

Substances albuminoïdes. — La composition centésimale des substances albuminoïdes, abstraction faite de la petite quantité de soufre qu'elles contiennent toujours, peut être représentée approximativement par la formule $C^9H^6O^3Az$; mais si l'on veut tenir compte des propriétés chimiques de ces composés, il faut élever beaucoup dans ces formules les nombres des équivalents, et altérer un peu leurs rapports. Les composés albuminoïdes qui jouent le plus grand rôle dans la constitution des êtres vivants sont : l'*albumine*, la *fibrine* et la *caséine*, et peuvent être considérés comme les trois types autour desquels viennent se grouper ces composés. Les substances albuminoïdes, sauf de rares exceptions, sont amorphes, incristallisables, incolores, sans odeur ni saveur. Elles se présentent sous deux formes, l'une soluble dans l'eau, l'autre insoluble, qui passent facilement l'une à l'autre. Elles sont séparées de leurs solutions par les filtres dialyseurs. Sous leur forme insoluble on dit qu'elles sont *coagulées*. La fibrine, contenue en grande abondance dans le sang, se coagule spontanément, c'est-à-dire sous l'action de causes inconnues, quand on l'abandonne à elle-même; l'albumine se coagule sous l'action de la chaleur; la caséine, incoagulable par la chaleur, se coagule sous l'action des acides. Les recherches les plus précises conduisent à attribuer à l'albumine la formule : $C^{480}H^{392}O^{150}Az^{65}S^6$ (Schützenberger). La caséine contient un peu moins de soufre; la fibrine contient moins de carbone et d'oxygène, mais en revanche plus d'azote que l'albumine. En raison de leur complexité même, ces substances sont altérées avec la plus grande facilité par les actions chimiques, et donnent naissance à une foule de dérivés que nous signalerons plus tard (voir chapitre VI); elles n'en sont pas moins des composés chimiques nettement déterminés.

Les protoplasmes vivants ne sont pas des composés chimiques. — On ne saurait attribuer cette même qualité de *composés chimiques* aux protoplasmes vivants. Effectivement, si au moment où les saisit l'analyse chimique, elle leur trouve une constitution analogue à celle d'un mélange de substances albuminoïdes, cet état fixe ne se manifeste qu'à l'instant où cesse la vie, à l'instant où les protoplasmes cessent par conséquent de mériter leur nom, pour tomber dans le domaine commun des composés chimiques. Jusque-là, ils manifestent, au contraire, une incessante activité qui s'oppose à ce qu'on puisse leur assigner une composition chimique constante.

Au contact de l'air, tous les protoplasmes absorbent de l'oxygène, et exhalent une quantité à peu près égale d'acide carbonique; c'est ce qu'on appelle leur *respiration*. La respiration implique que l'oxygène de l'air enlève incessamment du carbone aux substances protoplasmiques, et altère par conséquent leur constitution d'une manière continue. Les substances albuminoïdes se résolvent ainsi en acide carbonique et en composés momentanément impropres à continuer de faire partie des corps vivants. Si les divers éléments contenus dans ces composés n'étaient pas remplacés le protoplasme se détruirait peu à peu, et disparaîtrait. Cette destruction perpétuelle des protoplasmes ou *désassimilation*, est compensée par la faculté qu'ils possèdent de s'incorporer, en les décomposant, une multitude de substances qui constituent leurs *aliments*. L'acte par lequel ils s'incorporent ces aliments s'appelle lui-même l'*assimilation*.

L'assimilation et la désassimilation sont, en quelque sorte, deux mouvements contraires, aussi essentiels l'un que l'autre à la vie. La somme de leurs effets peut être positive, nulle ou négative. Si elle est positive, la masse protoplasmique *grandit*; si elle est nulle la masse protoplasmique demeure *stationnaire*; si elle est négative, la masse protoplasmique *dépérit*, et finalement toute son activité s'arrête; elle *meurt*. Ces trois périodes que traverse toute masse protoplasmique peuvent être considérées comme représentant sa *jeunesse*, son *état adulte* et sa *vieillesse* suivie de *mort*; mais on ne peut ici attribuer rigoureusement à ces mots la signification qu'ils présentent lorsqu'il s'agit d'organismes proprement dits.

Limitation des dimensions des masses protoplasmiques: leur reproduction; plasmodes et plastides; organismes. — Même dans les meilleures conditions, la croissance d'une masse protoplasmique, qu'elle soit libre ou engagée dans un organisme, n'est jamais indéfinie. Dans quelques cas relativement rares les dimensions atteintes peuvent être cependant considérables; on donne à ces masses volumineuses de protoplasme le nom de *plasmodes*. Les plasmodes du *Champignon de la tannée* ou *Fleur du tan* (*Fuligo septica*) mesurent près de trois décimètres de diamètre et deux centimètres d'épaisseur. Certaines espèces de Foraminifères des genres *Nummulites* et *Orbitolites* atteignaient ou atteignent encore plusieurs centimètres de diamètre. Mais, en général, les dimensions des masses protoplasmiques ne dépassent pas quelques dixièmes de millimètre. Cette règle présente surtout peu d'exceptions pour les masses protoplasmiques associées en plus ou moins grand nombre. Une fois ces dimensions atteintes elles se divisent tantôt en deux (fig. 1), tantôt en un grand nombre de masses, ordinairement semblables, dont chacune revient peu à peu aux dimensions et à la forme de la masse primitive d'où elle est issue, ou en diffère d'une façon déterminée. Il se trouve,

par conséquent, que la masse s'est *multipliée* ou *reproduite*. Ainsi apparaît une nouvelle faculté des masses protoplasmiques, conséquence de la limitation de leur

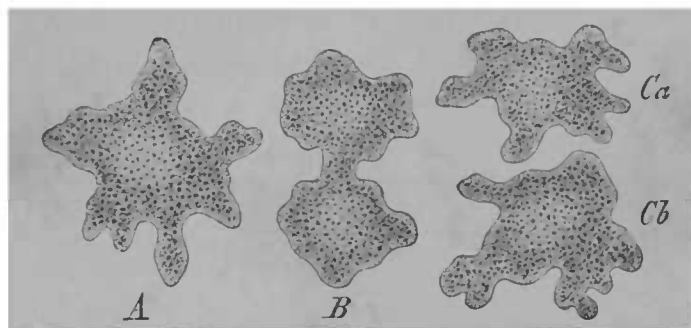


Fig. 1. — A. un plastide (*Protamœba*); B, sa division à son début; Ca, Cb, plastides issus de cette division.

taille et de l'activité incessante de leur nutrition : la faculté de *reproduction*.

A ces masses protoplasmiques, de dimensions limitées, on donne le nom de *plastides* (Hæckel). Beaucoup de plastides demeurent toujours à l'état isolé; mais plus souvent encore les plastides s'associent en nombre, qui peut être très grand, pour constituer un *organisme*.

Tout être vivant dont les dimensions sont quelque peu considérables n'est qu'une association de plastides, et les plastides associés pour le constituer sont ce qu'on appelle ses éléments anatomiques.

Granulations du protoplasme. — Observés au microscope à un grossissement

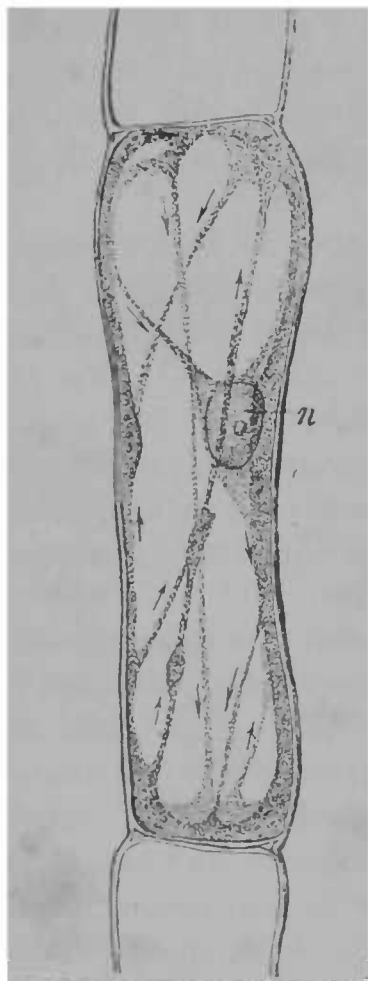


Fig. 2. — Une cellule d'un poil de Chéridoïne. Les parties grises représentent les bandelettes et la couche pariétale du protoplasme, les parties blanches, le suc cellulaire; les flèches indiquent le sens du mouvement des granules protoplasmiques; n, noyau avec son nucléole (d'après Dippel).

modéré, sans le secours d'aucun réactif, les protoplasmes, qu'ils soient à l'état de *plasmodes* ou de *plastides*, apparaissent comme de petites masses d'une substance glaireuse, sans structure, translucide, parfois même aussi transparente que de l'eau, et dans laquelle flottent de nombreux granules de très petites dimensions. Ordinairement ces masses sont incolores, mais elles peuvent revêtir des teintes plus ou moins éclatantes, le protoplasme du *Fuligo septica*, par exemple, est d'un beau jaune; celui de la *Protomyxa aurantiaca* est orangé.

Les granules flottant dans le protoplasme sont ou des débris d'aliments en voie d'assimilation, ou des produits de désassimilation, définitivement inutilisables et souvent destinés à être rejetés (*acide urique, urates, silice, carbonate de chaux, etc.*), ou des substances qui peuvent être incorporées de nouveau dans des conditions déterminées et qu'on doit considérer comme des aliments de réserve (*amidon, paramylon, granulations grasses, etc.*) ou même des particules vivantes. Leur nature est donc extrêmement variable. Les produits de désassimilation et les aliments de réserve peuvent acquérir, au sein du protoplasme, des dimensions notables, former, par exemple, des gouttelettes de graisse, et, en outre, chez les végétaux, des grains d'amidon ou d'aleurone, des cristaux d'oxalate de chaux, des spicules calcaires ou siliceux, de forme déterminée et très variable.

On voit encore s'isoler dans la masse protoplasmique des gouttelettes liquides, gouttelettes d'huiles, d'essences, et surtout de solutions aqueuses de divers pro-

duits minéraux ou organiques. Tantôt ces gouttelettes de solutions aqueuses restent dans le protoplasma, s'agglomèrent et constituent le *suc cellulaire* (fig. 2); tantôt elles sont périodiquement expulsées et forment alors le contenu des *vésicules contractiles* (fig. 3, *Pv*). Les substances dissoutes dans le suc cellulaire se précipitent ou cristallisent, comme d'ordinaire, lorsque l'eau vient à être résorbée.

Association de diverses substances protoplasmiques dans les plasmodes et les plastides. — La plupart des granulations et des corpuscules dont nous venons de parler sont inertes; mais il n'en est pas de même de toutes les

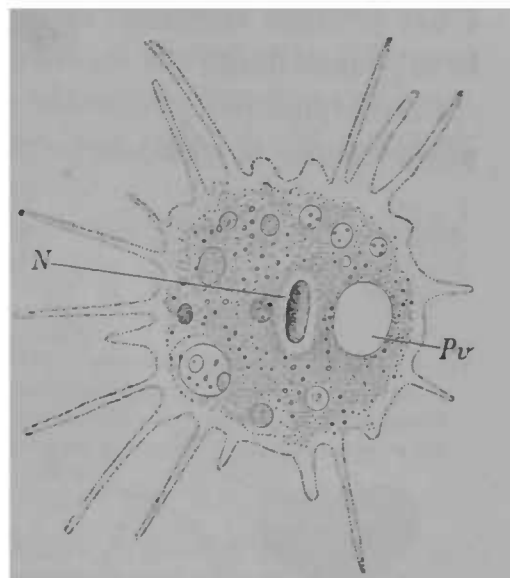


Fig. 3. — *Dactylophæra polypodia*. *N*, noyau. *Pv*, vésicule contractile (d'après Max Schultze).

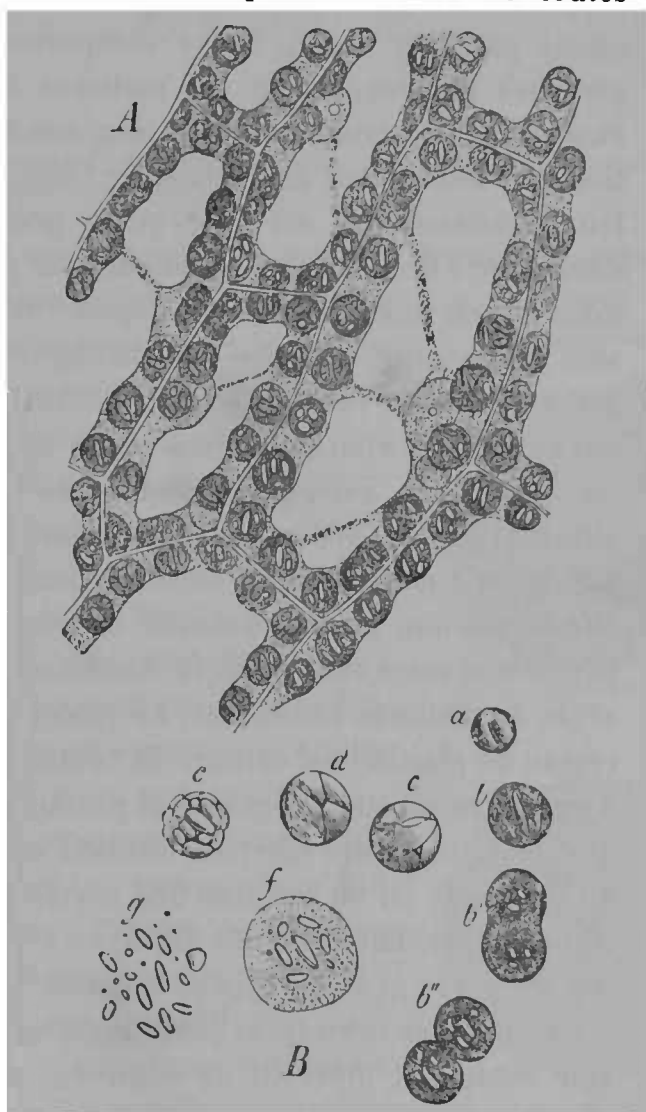


Fig. 4. — Grains de chlorophylle de la *Funaria hygrometrica*: *A*, en place dans les cellules de la feuille; ils sont plongés dans la couche pariétale du protoplasma, qui contient aussi le noyau, et ils renferment des grains d'amidon; *B*, grains de chlorophylle isolés, avec leur contenu amylicé; *a*, jeune grain; *b*, grain plus âgé; *b'*, *b''*, grain en voie de bipartition; *c*, *d*, *e*, grains âgés où l'amidon occupe tout le volume du grain; *f*, grain gonflé par l'eau; *g*, le même après l'action prolongée de l'eau, la substance du leucite est détruite, il ne reste que les grains d'amidon (Sachs).

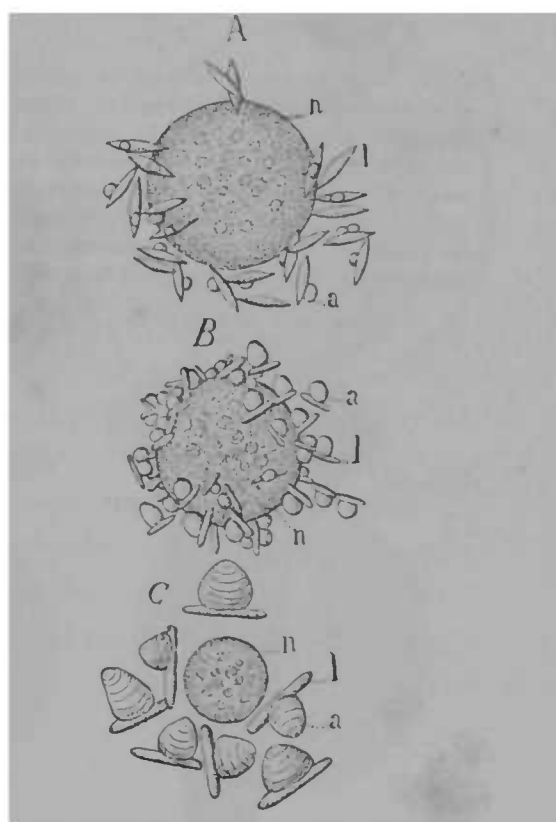


Fig. 5. — Moelle de la racine du *Phajus grandiflorus*: *A*, les leucocytes incolores fusiformes *l*, disposés autour du noyau *n*, produisent chacun en un point de la périphérie un grain d'amidon *a*. — *B*, les grains d'amidon ont grossi, en même temps que les leucocytes se sont amincis en bâtonnets. — *C*, état plus avancé; chaque gros grain d'amidon repose par sa base sur son leucocyte formateur (d'après W. Schimper).

particules qu'on observe dans la substance fluide des plasmodes et des plastides. Quelques-unes de ces particules, d'apparence solide, grandissent, se divisent et se

répartissent entre les masses résultant de la division des plasmodes et des plastides eux-mêmes, lors de leur reproduction : elles se nourrissent, donnent naissance à des produits spéciaux, se reproduisent ; en un mot, elles sont vivantes, comme la substance fluide elle-même, mais vivent d'une façon qui leur est propre.

Ces corpuscules produisent souvent soit des aliments de réserve, soit des composés comme la *chlorophylle* (fig. 4) ou matière verte des plantes, qui intervien-

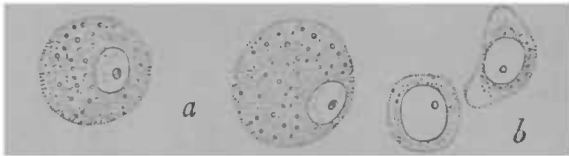


Fig. 6. — *a*, œufs primordiaux d'une Méduse ; *b*, cellules mères des spermatozoïdes d'un Vertébré (spermatoblastes), exemples de plastides pourvus d'un noyau et d'un nucléole.

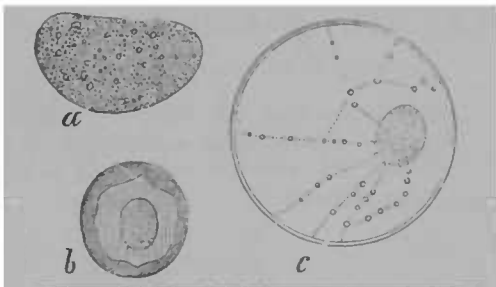


Fig. 7. — Différentes formes de noyaux *a*, noyau cellulaire pris dans les tubes de Malpighi d'une Chenille ; *b*, noyau d'Héliozoaire avec une couche corticale et un nucléole dans le suc cellulaire ; *c*, noyau d'un œuf d'Oursin. Le nucléole est contenu dans un réseau de filaments protoplasmiques entouré de suc nucléaire (d'après R. Hertwig).

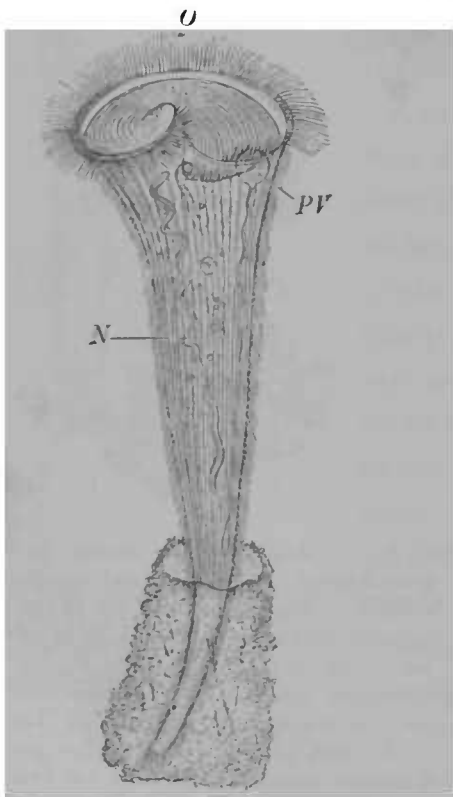


Fig. 8. — *Stentor Roeselii*. — *O*, bouche avec l'œsophage ; *PV*, vacuoles contractiles ; *N*, nucléus (d'après Stein).

nent d'une façon active dans la nutrition des substances protoplasmiques au sein desquelles ils sont plongés ; on leur donne alors la dénomination générale de *leucites* (fig. 5).

D'autres ne produisent aucune substance en rapport avec la nutrition, mais se distinguent par leur façon de se comporter en présence des réactifs ou des matières colorantes, par la complexité de leur constitution, par leur active multiplication, enfin par leur constance qui est telle qu'on peut se demander s'il existe des plasmodes ou plastides qui en soient réellement dépourvus. Ce sont les *noyaux* (fig. 6). On distingue, en général, dans la substance fondamentale des noyaux, des corpuscules plus petits appelés *nucléoles* (fig. 7), ainsi qu'un cordon pelotonné affectant parfois l'apparence d'un réseau d'une substance particulière, la *plastine*, contenant elle-même une grande quantité de granulations d'une autre substance, la *chromatine*, très avide de matières colorantes. Le ruban ou le réseau de plastine est entouré de toutes parts d'une autre substance également protoplasmique, mais de nature spéciale, formant au sein du plasmode ou du plastide une masse sphérique, ellipsoïdale, rubanée (fig. 8) ou ramifiée (fig. 22, p. 14), et qu'on appelle le *suc nucléaire*.

Ces diverses substances jouissent d'un pouvoir réfringent différent de celui du protoplasme ambiant, de sorte qu'assez souvent les noyaux apparaissent nettement et sans aucune préparation au sein des plastides. Mais ils deviennent plus apparents sous l'action de certains réactifs qui agissent sur eux tout autrement que sur le protoplasme proprement dit. L'*acide acétique* éclaircit le protoplasme périphérique et rend ainsi les noyaux plus évidents ; l'*acide chromique*, l'*acide picrique*, le *sublimé corrosif*, l'*alcool*, coagulent le protoplasme et donnent au

noyau un contour plus arrêté; l'acide osmique le colore en noir; la dissolution ammoniacale de carmin, la fuchsine, l'éosine, le vert de méthyle, le violet de Paris, le bleu d'aniline, le brun Bismarck, l'hématoxyline, se fixent sur lui de manière à lui donner une teinte plus foncée que celle du protoplasme, et à accuser la différence de leurs propriétés chimiques. C'est principalement à la chromatine que s'unissent toutes ces substances, de sorte que, après leur action, elle apparaît elle-même au sein des noyaux avec ses dispositions caractéristiques.

Les réactifs que nous venons d'énumérer colorent souvent le nucléole autre-

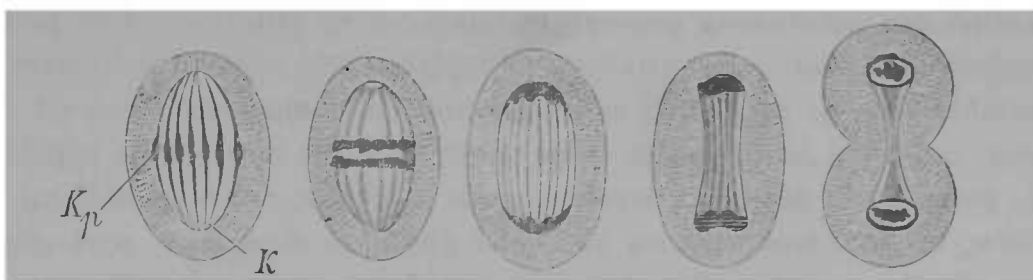


Fig. 9. — Différentes phases de la division d'un globule du sang de Poulet. *K*, filaments méridiens de *parachromatine*; *Kp*, plaque nucléaire ou zone d'épaississement équatoriale surtout formée de *chromatine* (d'après Bütschli).

ment que le reste du noyau : le nucléole paraît donc formé d'une substance particulière qu'on peut appeler la *prochromatine*; enfin, dans des circonstances déterminées, on voit apparaître, dans le suc nucléaire, des filaments régulièrement disposés en étoiles (fig. 10) ou en méridiens allant d'un pôle à l'autre du noyau (fig. 9). La substance de ces filaments peut encore être distinguée; on a proposé pour elle le nom de *parachromatine*.

La substance protoplasmique fluide, lorsqu'elle a été soumise à l'action de certains réactifs et notamment de l'acide osmique, n'apparaît plus elle-même comme une substance simple. On y distingue un réseau plus ou moins serré, plus ou moins régulier, d'une substance hyaline, réfringente, la *substance réticulée, mitome*, ou *hyaloplasme*, plongé dans une substance fluide, moins réfringente, la *substance interfibrillaire, paramitome* ou *paraplasme*.

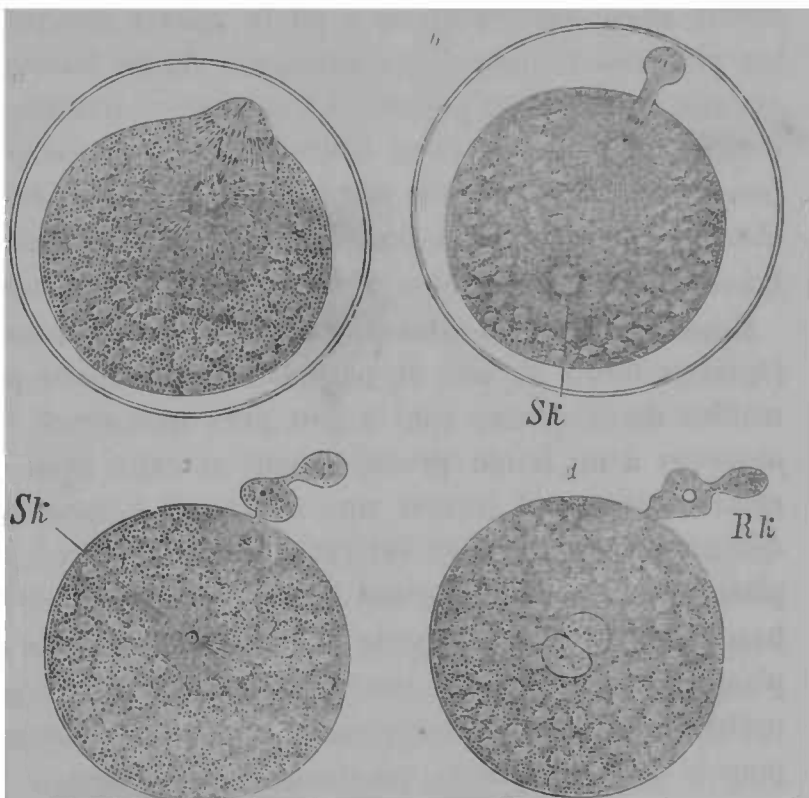


Fig. 10. — OEuf de *Nephelis*, d'après O. Hertwig. — *a*, L'œuf une demi-heure après la ponte. Le protoplasma se soulève en un point de sa périphérie pour former un globule polaire, destiné à être expulsé et montre un fuseau et une étoile de parachromatine. — *b*, Le même œuf une heure après. Une figure étoilée s'est montrée autour d'un spermatozoïde *Sk*, qui a pénétré dans le protoplasme: le corps directeur est au moment d'être expulsé. — *c*, Le même œuf dépourvu de membrane d'enveloppe, deux heures après. Dans son intérieur se trouvent deux étoiles de parachromatine, mais le fuseau a disparu après l'expulsion d'un second globule polaire. — *d*, Le même œuf trois heures après. Les figures étoilées ont disparu et sont remplacées par deux corps nucléaires arrivés au contact et prêts à se fusionner.

Ainsi, dans un même plasmode, dans un même plastide, nous sommes déjà con-

duits à distinguer, abstraction faite de la substance des *leucites*, au moins sept sortes de substances protoplasmiques, et le concours de plusieurs d'entre elles paraît même être nécessaire à l'exercice de la vie. Malgré la diversité de leurs propriétés, ces substances présentent d'ailleurs un certain nombre de réactions communes qui sont celles des substances albuminoïdes. Elles se colorent en jaune par l'iode; en rose, par l'acide sulfurique en présence du sucre; en rouge, par l'azotate acide de mercure; en violet, par l'action successive du sulfate de cuivre et de la potasse; en brun, si l'on fait agir d'abord l'acide azotique, puis la potasse.

Pluralité des substances protoplasmiques. — Si dans un même plasmode ou dans un même plastide les substances protoplasmiques sont déjà diverses, la façon très variable dont les plasmodes et les plastides se comportent vis-à-vis du milieu extérieur, conduit à se demander si les substances que nous avons appelées *hyaloplasme*, *paraplasme*, *plastine*, *chromatine*, *suc nucléaire*, *prochromatine* ou *substance nucléolaire*, et *parachromatine* ou *substance fibrillaire du noyau*, sont elles-mêmes toujours identiques entre elles. On peut expliquer, dans une certaine mesure, la variété des propriétés des plasmodes et des plastides par les proportions dans lesquelles les substances fondamentales sont associées et par la manière dont elles sont groupées. Il n'est donc pas certain que les substances protoplasmiques soient aussi variées qu'on a pu le penser lorsque l'on croyait les plasmodes et les plastides formés d'une substance fluide homogène; mais on n'a à cet égard aucune donnée bien positive. La substance vivante, en tous cas, n'est pas unique, comme semblerait le faire croire le nom de *protoplasme*, si fréquemment employé pour la désigner, et l'on doit admettre, à côté des *corps simples* et des *composés chimiques*, une classe des *substances vivantes* ou *substances protoplasmiques*. Mais on ignore encore de combien d'entités distinctes se compose cette classe.

Rapports de l'hyaloplasme et du paraplasme; membranes d'enveloppe. — L'hyaloplasme forme au sein du paraplasme un réseau plus ou moins lâche. Quand les mailles de ce réseau sont à peu près uniformes, l'hyaloplasme et le paraplasme, observés à un faible grossissement et sans avoir été soumis à l'action d'aucun réactif, paraissent former une substance homogène, le *protoplasme* de la plupart des auteurs. Mais il en est rarement ainsi. Très souvent les mailles de l'hyaloplasme se resserrent, surtout à la périphérie du corps. Il semble alors qu'une membrane d'enveloppe sépare de l'extérieur le reste de la substance du plasmode ou du plastide, et c'est souvent ainsi que cette couche externe a été interprétée. Mais cette prétendue membrane est vivante et nous la désignerons sous le nom d'*ectosarque*, pour la distinguer de la substance sous-jacente ou *endosarque*. Des dépôts de substances inertes se font souvent dans l'épaisseur de l'ectosarque qui devient inerte lui-même lorsqu'ils l'envahissent en totalité; de semblables dépôts peuvent aussi vernisser sa surface, et y former une nouvelle sorte de membrane inerte. Dans les deux cas, on a pu considérer les plastides comme constitués par une sorte de sac membraneux contenant une substance plus ou moins fluide; de là le nom de *cellule* sous lequel les plastides ont été longtemps exclusivement désignés, et qu'on leur donne encore souvent.

La nature des substances ainsi excrétées par les plastides est un de leurs caractères distinctifs les plus importants; elle est liée, en effet, d'une manière intime à leur mode de nutrition; mais elle réagit, en outre, comme nous le verrons, sur leurs

propriétés, et la présence d'une membrane autour des plastides entraîne avec elle des modifications dans leur genre de vie que nous aurons à invoquer plus d'une fois dans la classification, et qui sont parfois d'une importance capitale.

Contractilité des plasmodes et des plastides nus. Tout plasmode ou plastide nu possède la faculté d'exécuter des *mouvements* : sa substance est *contractile*. La contractilité paraît résider plus spécialement dans la substance fibrillaire, hyaloplasme ou mitome. Lorsque les plastides sont dépourvus de membrane d'enveloppe leur contractilité s'accuse nettement par les variations de formes qu'ils présentent. Ces variations sont incessantes : tantôt (*Protamæba*, *Amæba*, *Diffflugia*) le plastide se découpe sur tout ou partie de son pourtour en lobes arrondis plus ou moins profonds (fig. 11, *p*)

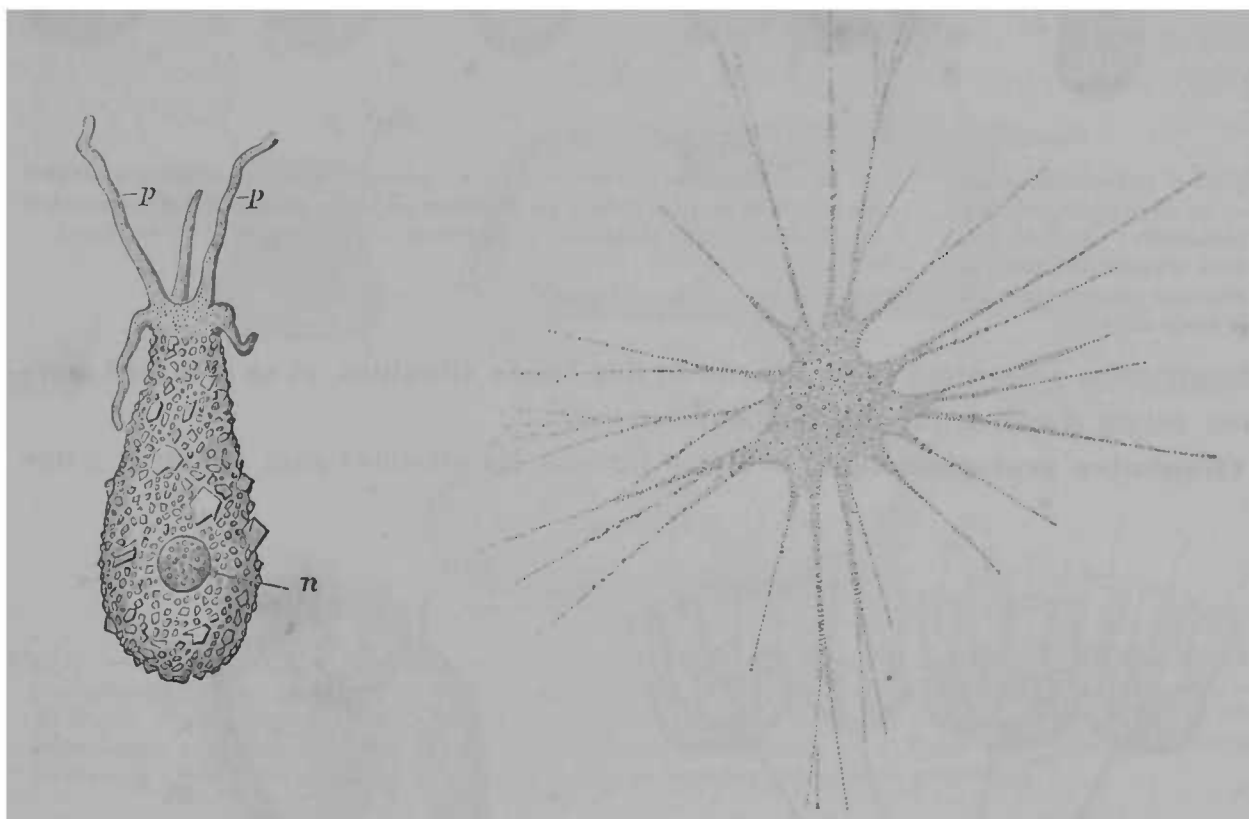


Fig. 11. — *Diffflugia oblonga* (d'après Stein). Fig. 12. — *Protogenes porrecta* (d'après Max Schultze).
p, pseudopodes en forme de lobes ;
n, noyau.

dont les contours changent continuellement, et le plastide progresse lentement à l'aide de ces mouvements irréguliers qu'on nomme *mouvements amiboïdes* ; tantôt la surface du plastide émet de longs filaments simples ou ramifiés, les *pseudopodes* (fig. 12), dont les ramifications s'anastomosent fréquemment entre eux, se soudent, se confondent, se séparent et forment ainsi un réseau dont les mailles se modifient sans cesse (*Protomyxa*, *Myxastrum*, *Protogenes*, *Actinophrys*, *Gromia*, etc.). A l'aide de ces pseudopodes le plastide peut se mouvoir ou saisir les corpuscules qui l'avoisinent.

Lorsqu'il se différencie un ectosarque consistant à mailles suffisamment serrées, ou une membrane d'enveloppe continue, le protoplasme ne saurait plus exécuter de mouvements amiboïdes, ni émettre de pseudopodes temporaires. Le corps prend alors une forme plus ou moins nettement déterminée ; les mouvements de translation, quand ils subsistent, sont obtenus à l'aide de prolongements constants de l'endosarque, qui traversent la membrane, et sont animés de rapides vibrations, grâce auxquelles le plastide peut se déplacer avec une assez grande vitesse. Quand ces

filaments sont très longs et peu nombreux, ils portent le nom de *flagellum* ou de *fouets vibratiles* (fig. 13, 14 et 15); s'ils sont nombreux et disposés à la surface du plastide comme une sorte de toison, ils deviennent des *cils vibratiles*. Ces prolongements se rencontrent d'une manière générale chez les INFUSOIRES FLAGELLIFÈRES et les INFUSOIRES CILIÉS (fig. 16). Beaucoup de corps reproducteurs d'Algues et de

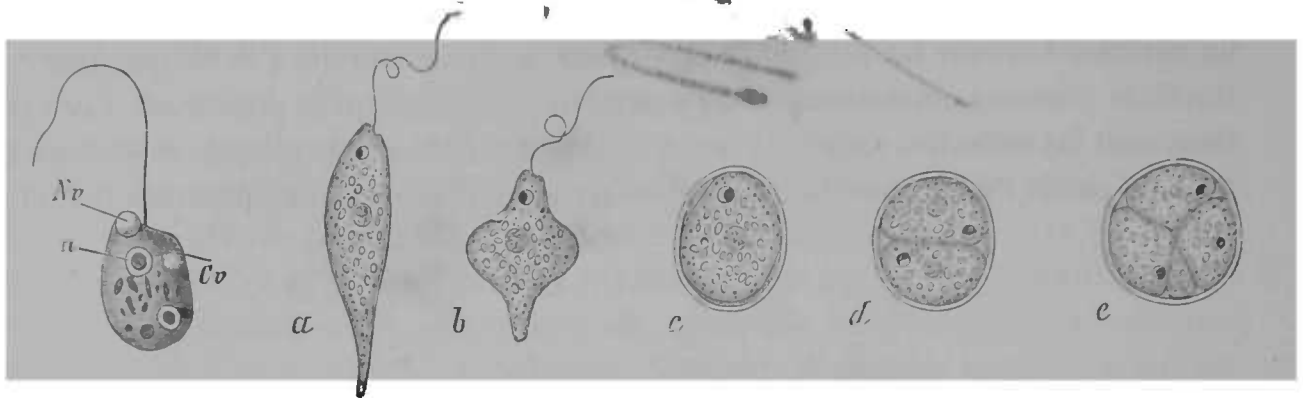


Fig. 13. — *Oikomonas termo*. — a, noyau; Cv, vacuole contractile; Nv, vacuole dans laquelle pénètrent les aliments (vacuole buccale) (d'après Bütschli).

Fig. 14. — *Euglena viridis*. — a, b, phases libres à différents degrés de contraction, pourvues d'un flagellum; c, d, e, phases d'enkystement et de division durant lesquelles le flagellum a été résorbé (d'après Stein).

Champignons présentent aussi des cils ou des fouets vibratiles, et se meuvent alors avec autant d'agilité que des animaux.

Circulation protoplasmique. — Même lorsque les plastides sont entourés d'une

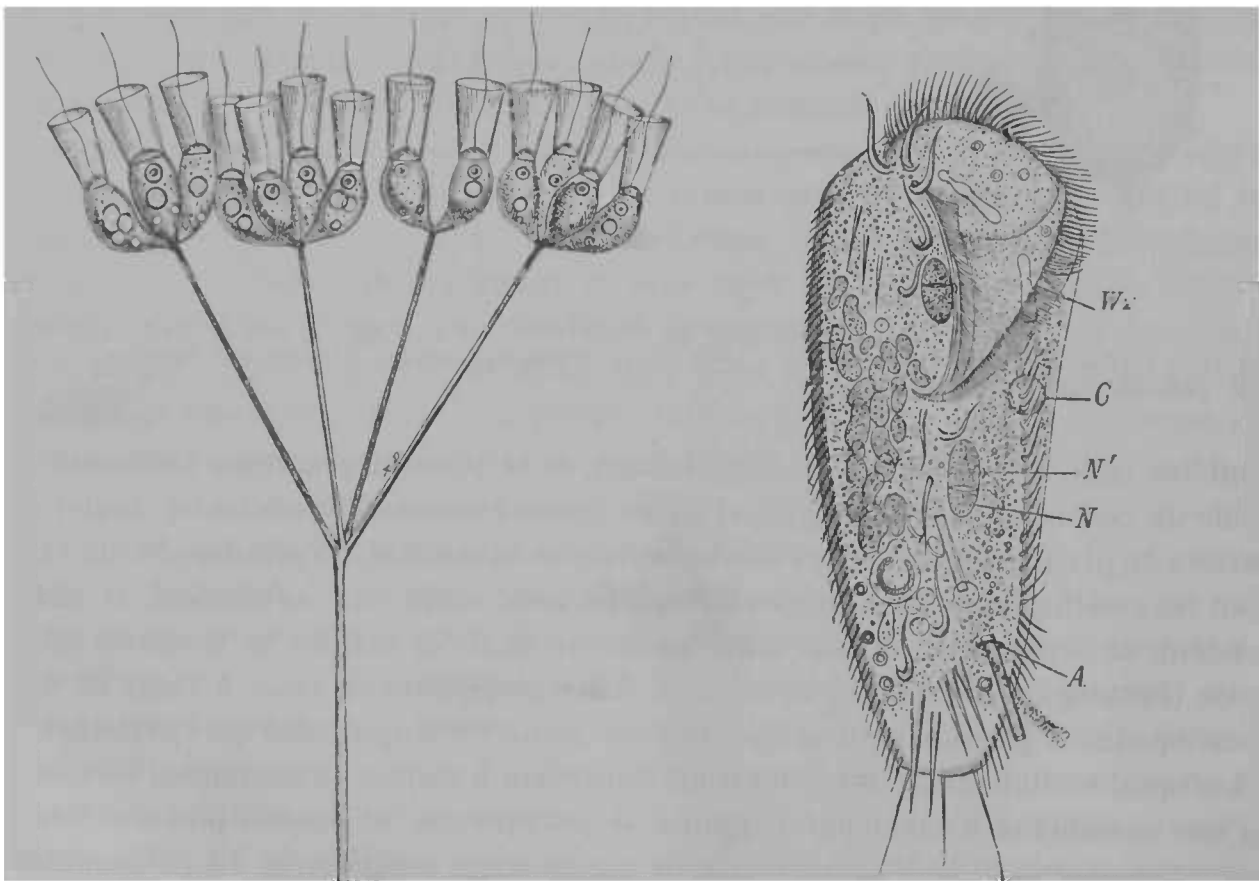


Fig. 15. — Colonie de *Codonocladium umbellatum*, dont chaque plastide est muni d'un flagellum entouré d'une collerette hyaline (d'après Stein).

Fig. 16. — *Stylonychia mytilus* (d'après Stein) vu par la face ventrale. Wz, zone ciliée adonale; C, vacuole contractile; N, nucléus; N', nucléole; A, cytoprocte.

membrane, l'hyaloplasme n'en continue pas moins à manifester sa contractilité par

des mouvements variés qu'il exécute sous son enveloppe protectrice et qui, chez les plastides nus, s'observent aussi soit isolément, soit combinés avec des déformations extérieures. Ces mouvements peuvent s'observer nettement à l'intérieur des jeunes cellules; ils se trahissent chez toutes par un perpétuel mouvement de translation des granulations, mouvement qu'on a souvent appelé, très improprement du reste, la *circulation protoplasmique*. Ces cellules sont d'abord formées de protoplasme

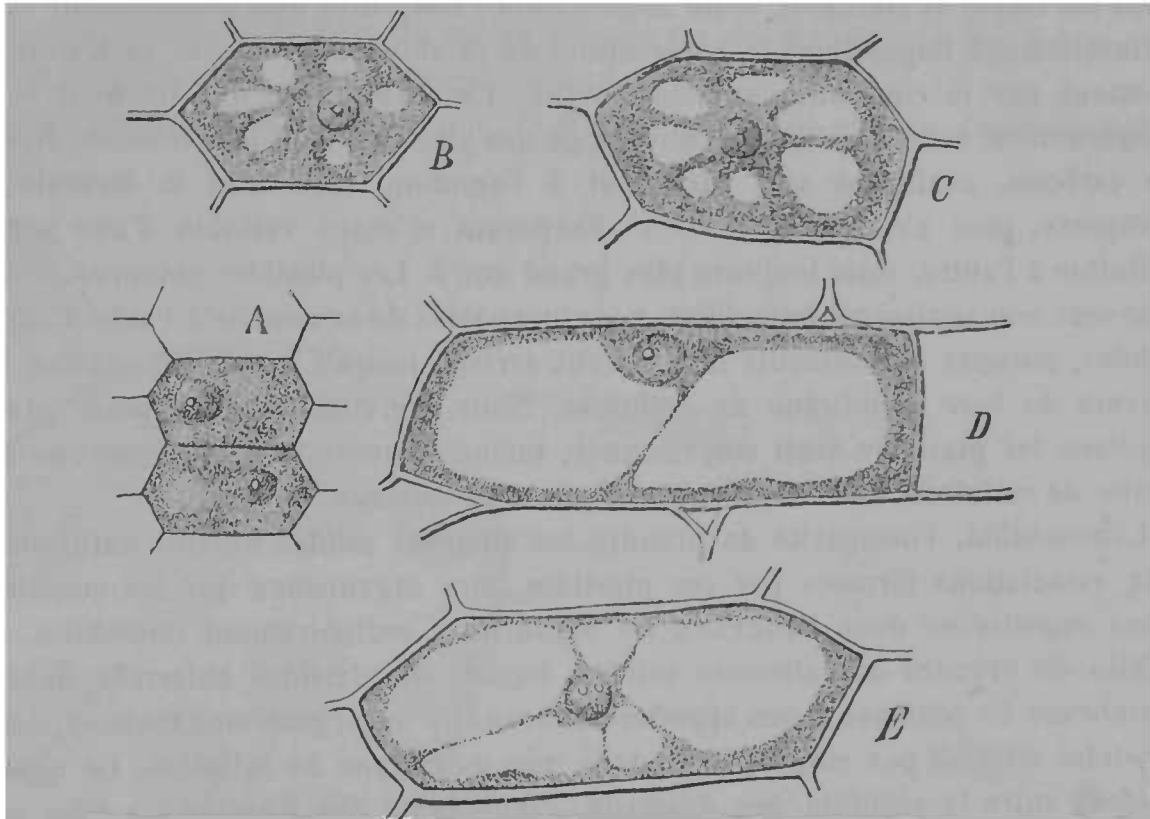


Fig. 17. — États successifs d'une cellule végétale. — *A*, avant l'introduction du suc cellulaire : membrane, protoplasme, noyau et nucléole. — *B, C*, apparition et développement du suc cellulaire (vacuoles). — *E*, fusion des vacuoles, commencement de rupture des trabécules. — *D*, rupture presque complète des bandellettes, noyau ramené dans la couche pariétale du protoplasme. — *A, B, C, D* sont pris dans la racine de Haricot (*Phaseolus vulgaris*), *E*, dans la feuille de Jacinthe (*Hyacinthus orientalis*).

continu; mais peu à peu à leur intérieur apparaissent des vacuoles produites par l'accumulation du suc cellulaire (fig. 17). Ces vacuoles, quand elles sont nombreuses, découpent le protoplasme lui-même en une sorte de réseau dont les trabécules s'étendent du noyau aux parois de la membrane de la cellule (fig. 18); les trabécules changent incessamment de forme, et c'est dans leur intérieur qu'on voit les granules se mouvoir, en formant des courants plus ou moins rapides, suivant les espèces (fig. 2, p. 4). Souvent dans la même trabécule deux courants inverses cheminent côte à côte; parfois tous les granules, entraînés dans une même direction, font dans un intervalle de temps constant le tour entier de la capsule qui enveloppe le plastide. C'est surtout le paraplasme qui est le siège de la circulation protoplasmique; elle paraît avoir pour cause les contractions incessantes du réseau hyaloplasmique,

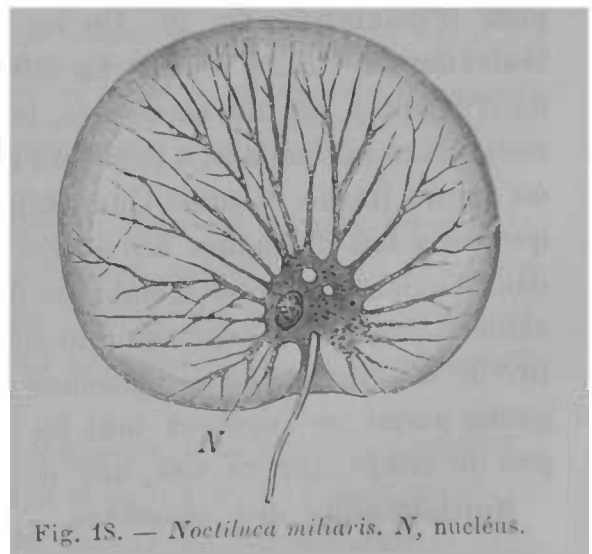


Fig. 18. — *Noctiluca miliaris*. *N*, nucléus.

contractions] dont l'activité dépend elle-même des conditions de nutrition et de température. Elle a pour conséquence de répartir également les matières assimilables dans toute la masse de la substance vivante, et contribue à la production des lobes amiboïdes et des pseudopodes.

Membrane de cellulose; effets de sa présence; distinction des plastides animaux et des plastides végétaux. — Lorsque la membrane d'enveloppe des plastides est rigide et continue, toute déformation extérieure, tout déplacement devient naturellement impossible; la contractilité de la substance vivante se traduit simplement par la circulation protoplasmique. Les substances qui amènent le plus fréquemment cette rigidité de l'enveloppe des plastides sont les *celluloses*, hydrates de carbone, analogues aux sucres et à l'amidon, mais dont la formule, plus complexe, peut s'écrire $(C^{12}H^{10}O^{10})^n$ l'exposant n étant variable d'une sorte de cellulose à l'autre, mais toujours plus grand que 5. Les plastides entourés de cellulose sont non seulement immobiles, mais incapables de se nourrir à l'aide d'aliments solides, puisque les aliments ne peuvent arriver jusqu'à leur protoplasme qu'au travers de leur membrane de cellulose. Nous conviendrons d'appeler *plastides végétaux* les plastides ainsi emprisonnés, même temporairement, dans une membrane de cellulose; les autres sont les *plastides animaux*.

L'immobilité, l'incapacité de prendre les aliments solides s'étend naturellement aux associations formées par ces plastides, aux organismes qui les constituent. Nous appellerons donc VÉGÉTAUX les organismes ordinairement immobiles, incapables de prendre des aliments solides, formés de plastides enfermés dans une membrane de cellulose; nous appellerons ANIMAUX les organismes mobiles, dont les plastides ne sont pas emprisonnés dans une membrane de cellulose. Le contraste évident entre la mobilité des Animaux, l'immobilité des Végétaux a fixé de tout temps l'attention: de là cette répartition des êtres vivants en deux Règnes, qui, sous une forme plus ou moins nette, a été exprimée dans toutes les langues. Il semble facile, au premier abord, de répartir tous les êtres vivants entre ces deux Règnes. Il n'y a effectivement de difficulté que pour certains êtres inférieurs, réduits à un seul plastide, qui sont mobiles à la façon des animaux pendant une partie de leur vie et ne s'enveloppent de cellulose que tardivement et pour un temps parfois assez court (VOLVOCINÆ, etc., fig. 19), ou quelquefois encore d'une manière incomplète (PÉRIDIINIENS, fig. 20). On les a souvent rangés tantôt dans le Règne animal, tantôt dans le Règne végétal. La difficulté de leur classement a fait naître une foule de critères, les uns chimiques, les autres morphologiques, tous également artificiels, grâce auxquels on a prétendu distinguer les êtres qu'il fallait classer dans l'un ou l'autre Règne. Comme l'immobilité des Végétaux est certainement le caractère qui les a fait distinguer des autres êtres vivants, comme nous venons de trouver, dans l'existence d'une membrane de cellulose, la cause de cette immobilité, il est évident que le seul critérium qui soit conforme à l'idée même de végétal doit être tiré de la présence ou de l'absence de cette membrane. En conséquence, nous rangeons parmi les Végétaux tous les plastides qui sont capables de produire, pour si peu de temps que ce soit, une membrane de cellulose, si incomplète qu'elle soit.

Multiplication des plastides. — Les diverses substances que nous avons vues concourir à la formation des plasmodes et des plastides peuvent se développer et se multiplier indépendamment les unes des autres. Le noyau, en particulier, se

divise souvent, sans que les substances qui l'entourent prennent part à sa division. C'est ainsi qu'une masse continue de protoplasme peut contenir un plus ou moins grand nombre de noyaux issus de la division d'un noyau primitivement unique (*Lieberkuhnia*, *Opalina*, etc.), ou qu'inversement une masse protoplasmique, divisée en plusieurs parties à peu près complètement séparées, peut ne contenir qu'un seul noyau (beaucoup de FORAMINIFÈRES POLYTHALAMES). Toutefois, chez les plastides qui se groupent de manière à constituer des organismes, il existe, en général, un synchronisme entre la division du noyau et celle du plasma, de telle sorte que ces plastides ne présentent ordinairement qu'un seul noyau.

Que ce synchronisme existe ou non, la multiplication des noyaux s'accomplit de

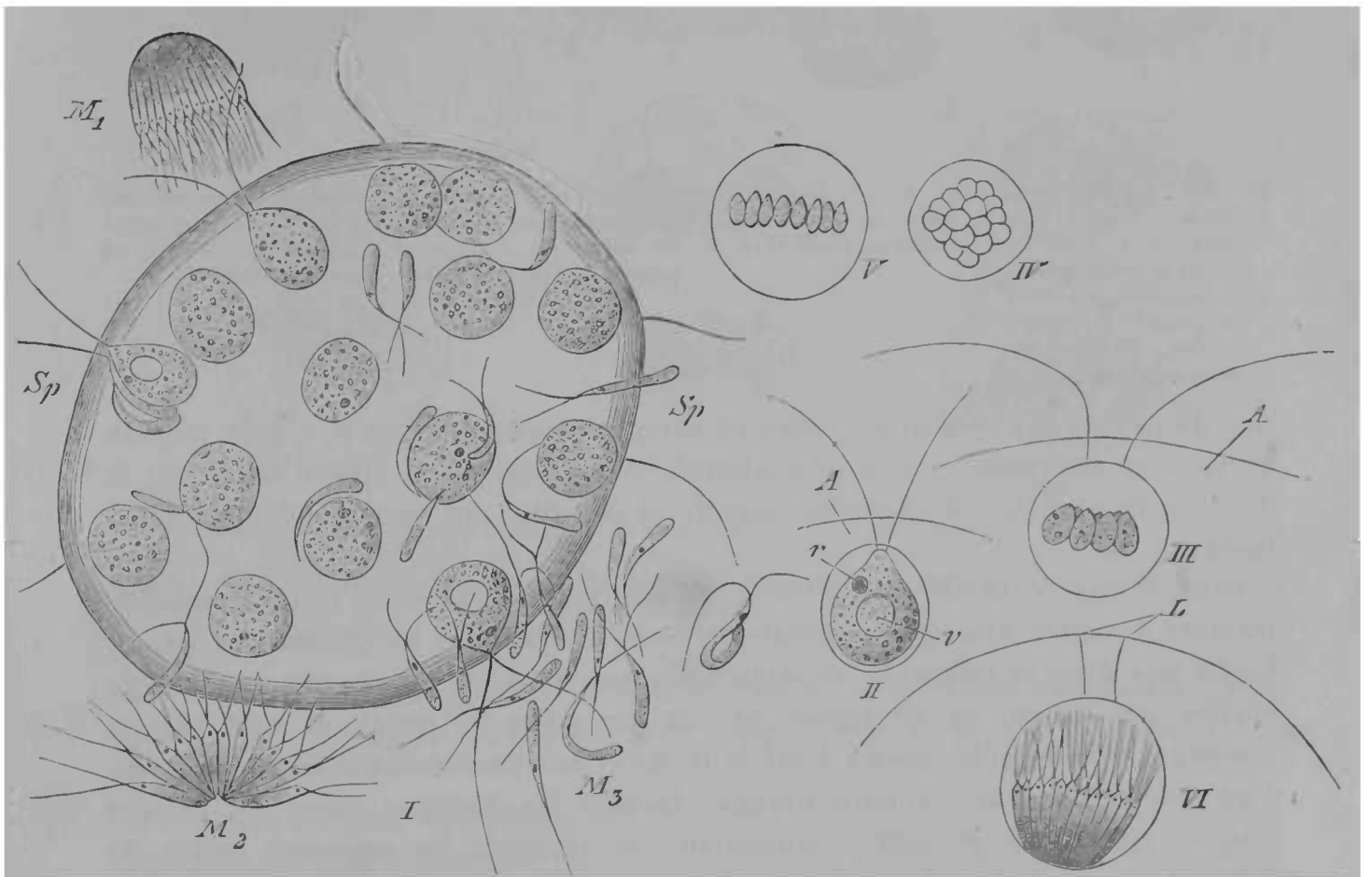


Fig. 19 — *Eudorina elegans*. sous ses formes diverses. I, colonie femelle; M_1 , M_2 , M_3 , colonies mâles; M_4 vient d'arriver au contact de la colonie femelle; M_5 est en voie de dissociation; M_6 est entièrement désagrégée en antherozoïdes, qui pénètrent dans la gelée entre les oosphères et viennent s'y fusionner. II, cellule mère d'une colonie mâle; III, IV, V, VI, états successifs de la formation d'une colonie mâle, encore enfermée dans la colonie mère dont A est la surface externe (d'après Gæbel).

deux façons : elle est *directe* ou *indirecte* (Flemming). Elle est directe lorsque la structure interne du noyau ne subit aucune modification appréciable au cours de la division; elle est indirecte lorsque la structure interne du noyau présente, au cours de la division, des transformations successives qui constituent les phénomènes de *karyokinèse*.

Dans le cas de la *division directe* (*Dactylosphæra polypodia*, leucocytes de l'Axolotl), les nucléoles s'allongent, s'étranglent en leur milieu et se divisent en deux moitiés; les noyaux produisent des bourgeons qui prennent chacun un nucléole, puis la base du bourgeon se resserre, le bourgeon se pédiculise et finalement se sépare du

noyau primitif (fig. 21). Le cas le plus simple est celui où un noyau de forme allongée se resserre peu à peu en son milieu de manière à se diviser en deux parties qu'unit d'abord un mince filament, bientôt rompu. Lorsque après la divi-

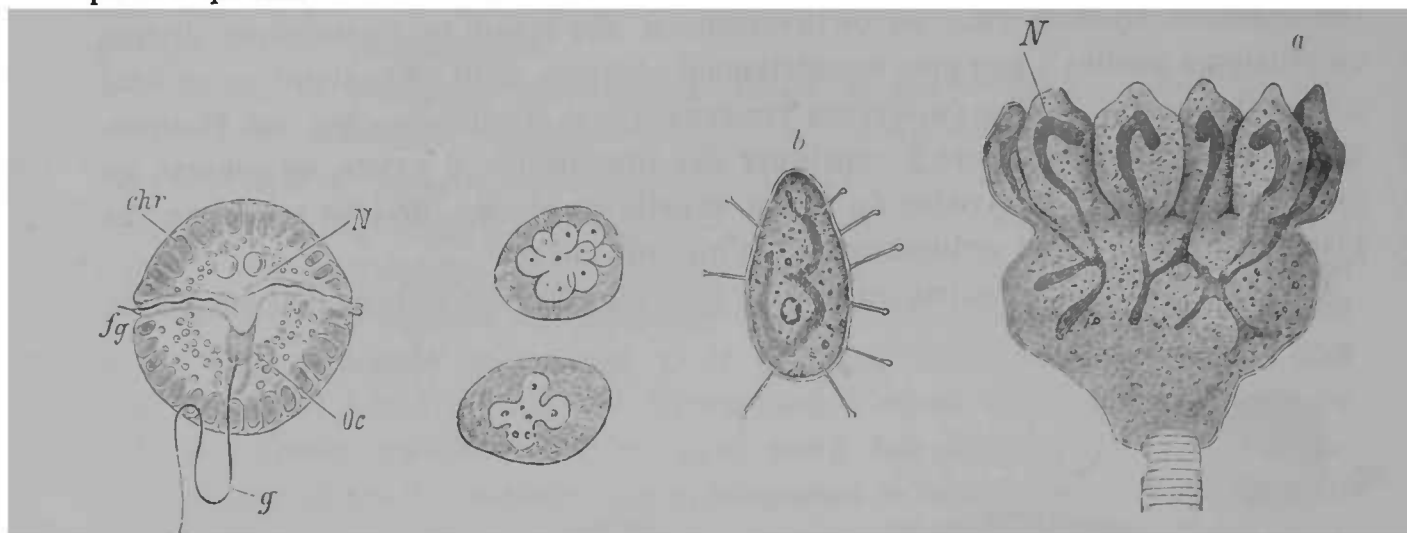


Fig. 20. — *Glenodinium cinctum* (d'après Bütschli). — *g*, flagellum du sillon longitudinal; *fg*, flagellum du sillon transversal; *N*, noyau; *Oc*, tache oculaire; *chr*, chromatophores.

Fig. 21. — Globules blancs du sang de la rate d'un jeune chat.

Fig. 22. — *a*, *Podopleurya gemmipara* présentant des bourgeons dans lesquels pénètrent les prolongements du noyau *N*. — *b*, jeune individu qui vient de se séparer de l'individu-mère (d'après R. Hertwig).

sion du noyau, le protoplasme s'étire en autant de bourgeons qu'il y a de noyaux et que ces bourgeons, en se pédiculisant, se séparent de la masse primitive, la division du plastide est elle-même directe et constitue un véritable bourgeonnement (fig. 22).

Dans le cas de la *division indirecte*, tout le réseau nucléaire se rassemble de manière à former une figure spéciale, la *figure chromatique* ou *spirème* (fig. 23, *a*), tandis que dans la substance restante du noyau apparaît un double système de fibrilles qui partent en divergeant de l'un des pôles du noyau et vont ensuite converger vers le pôle opposé. C'est là la *figure achromatique*, qui affecte la forme d'un fuseau ou d'un cylindre fibreux. Bientôt les diverses anses du peloton sinueux qui forme la figure chromatique se séparent les uns des autres de manière à former des segments indépendants. Les segments se rassemblent en une sorte de *plaque équatoriale*, perpendiculaire à l'axe de la figure achromatique, autour de laquelle ils se disposent (*b*). Ces segments ont la forme d'un U ou d'un fer à cheval; ils se placent dans le plan équatorial de manière à tourner leur sommet vers le centre du noyau, formant ainsi une figure radiée à laquelle on donne le nom d'*aster*. Cependant les grains de chromatine contenus dans les anses se sont dédoublés de manière à former deux rangées symétriques; ce mouvement se continuant, chaque segment en forme d'U se divise dans toute sa longueur, de manière à former deux U semblables entre eux, qui ne tardent pas à se séparer l'un de l'autre. Dans leur mouvement de séparation les deux U provenant d'un même segment primitif s'orientent peu à peu de manière à tourner respectivement leur sommet vers les pôles opposés du noyau (*c*). Ils arrivent ainsi à constituer deux plaques composées d'un nombre égal d'U. Les U correspondants des deux plaques s'éloignent peu à peu en cheminant le long des filaments

de la figure achromatique et arrivent jusqu'aux pôles opposés du noyau primitif, où ils se disposent en rayonnant de manière à constituer à chacun de ces pôles un nouvel *aster* (*d, e*). Un peu plus tard, les segments de chacun de ces *aster* secon-

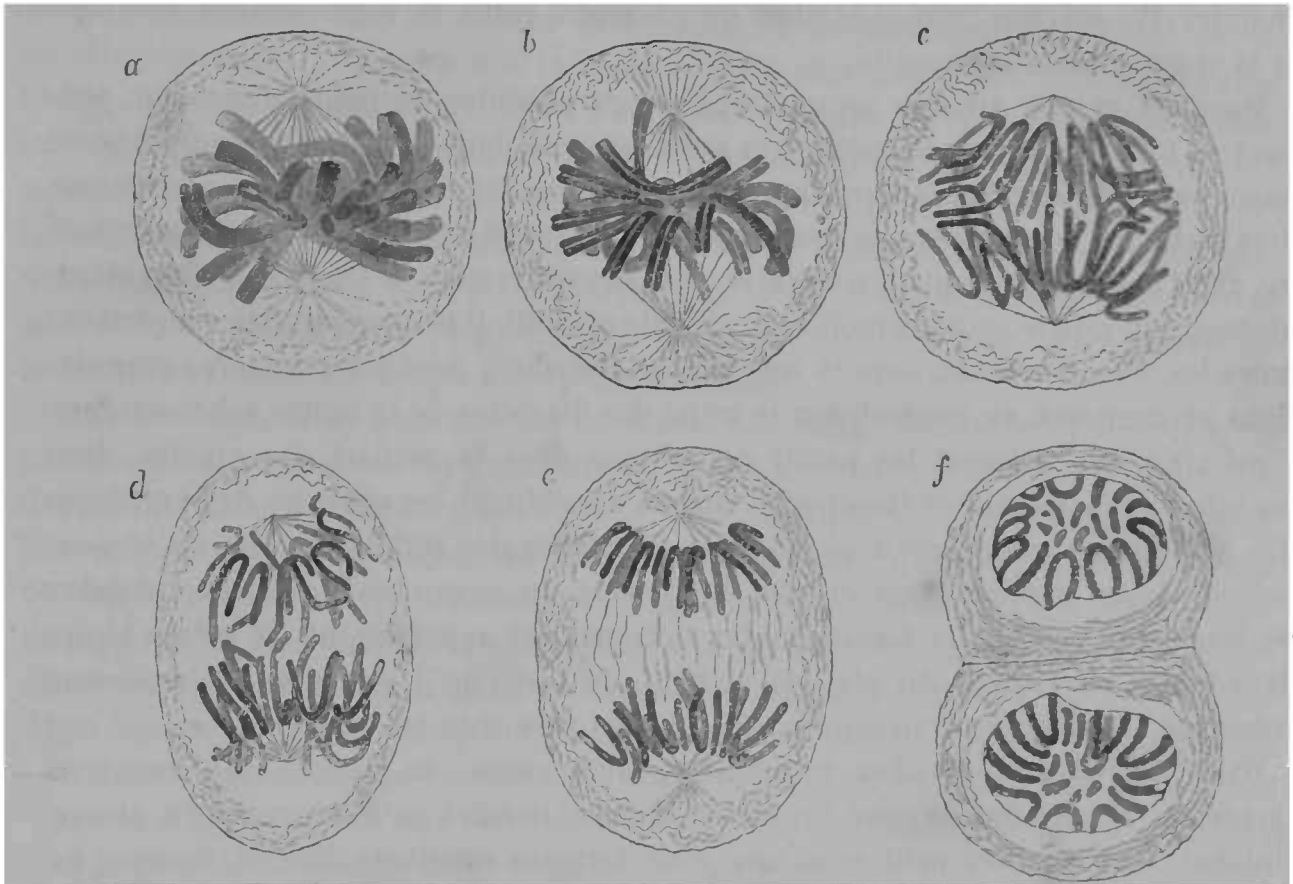


Fig. 23. — Cellules épidermiques de la larve de Salamandre en voie de division karyokinétique. — *a* et *b*, stades de l'aster unique (stade *monaster*); *c*, stade de séparation des U d'une même paire; *d* et *e*, deux stades successifs de la formation des nouveaux asters (stade *dyaster*); *f*, pelotons reformés après la division complète du corps de la cellule (stade *dispirème*) (d'après C. Rabl).

daires se réunissent en peloton et forment finalement le réseau chromatique d'un noyau nouveau destiné à l'une des deux cellules dans lesquelles la cellule mère va se diviser (*f*).

Il résulte de cette description que les deux cellules filles contiennent exactement autant d'U que la cellule mère. Cette identité se reproduit dans les divisions suivantes de sorte que le nombre des U que l'on observe dans les cellules appartenant à une même lignée demeure constant, au moins durant un certain nombre de générations successives.

Pendant que ces phénomènes s'accomplissent au sein du noyau, le plasma qui l'entoure ne demeure pas inactif. Au moment où les deux *aster* secondaires commencent à se transformer en deux pelotons chromatiques, un sillon apparaît sur l'un des côtés du plastide. Ce sillon s'approfondit peu à peu et se transforme en une constriction annulaire qui bientôt divise le plastide primitif en deux autres, emportant chacun un des noyaux normaux. Mais il n'en est pas toujours ainsi et la part prise par le plasma du plastide primitif à la formation des nouveaux plastides est très variable. Les noyaux peuvent, en effet, se multiplier au sein d'une masse protoplasmique qui demeure parfaitement continue (*Lieberkuhnia*, *Opalina*, etc.).

Division incomplète et division complète des plastides; rénovation. — Lorsque la totalité du plasma primitif est employée à la formation des nouveaux

plastides, on dit que la division est *complète*; la division est *incomplète* lorsqu'une partie seulement du plasma primitif entre dans la constitution des plastides nouveaux. On trouvera dans les différents modes de segmentation de l'œuf (voir chapitre IV) un très grand nombre de passages entre la segmentation complète et la segmentation incomplète.

Dans les cas de division complète plusieurs plastides de petite dimension peuvent se former simultanément sur un autre plastide dont la masse demeure encore supérieure à la leur, après leur séparation; c'est ce mode de division que nous avons déjà distingué sous le nom de *bourgeonnement* (*Arcella*, INFUSOIRES TENTACULIFÈRES, fig. 22). La division complète n'entraîne pas nécessairement la formation d'un étranglement qui sépare en deux moitiés le plastide primitif. Il peut apparaître simplement entre les deux nouveaux noyaux une cloison résistante dont les premières granulations se montrent, en général, sur le trajet des filaments de la figure achromatique. C'est ainsi que naissent les parois de cellules dans la plupart des plantes, dans les tubes de Malpighi des Insectes, et que se constituent les capsules des cartilages des Amphibiens; on donne à ce mode de séparation des cellules le nom de *cloisonnement*. Assez souvent, dans ce cas, la division du noyau en un certain nombre de fragments précède la formation des cloisons, qui apparaissent en même temps dans toutes les régions du plastide primitif, de sorte qu'il y a alors *cloisonnement simultané*. Ce mode de division des plastides est rare chez les animaux.

Dans les cas de division incomplète, une partie du plasma seulement se rassemble autour des noyaux de nouvelle formation, et se différencie du plasma ambiant. Chacune des petites masses ainsi formées s'individualise, et souvent est mise en liberté pour constituer un corps reproducteur. C'est ainsi que se forment les spores de beaucoup de Champignons ascomycètes (*Peziza*), et ce qu'on appelle les embryons internes des INFUSOIRES TENTACULIFÈRES; on doit aussi considérer comme une division incomplète la segmentation périphérique de l'œuf des Arthropodes, le mode de formation des spermatozoïdes des Oligochètes et de nombreux Mollusques (p. 141). Enfin il peut arriver qu'un plastide se débarrasse simplement d'une partie de sa substance pour former un plastide nouveau jouissant de propriétés spéciales, il y a alors simplement *renovation* ou *rajeunissement* du plastide (spermatozoïdes des Vertébrés).

Propriétés évolutives des plasmodes et des plastides. — Placés dans des conditions déterminées, les plasmodes et les plastides ou leurs parties constituantes se comportent fréquemment d'une manière évidemment déterminée elle-même. Cela est surtout manifeste chez les plasmodes et les plastides que l'on s'accorde généralement à considérer comme végétaux. Quand le milieu nutritif où ils vivent commence à s'épuiser, les éléments isolés ou *myxamibes* des Myxomycètes ou Champignons muqueux se réunissent en masses plasmodiques ou *symplastés*, obéissant aux agents externes. Le symplaste de la Fleur du tan (*Fuligo septicum*), par exemple, marche vers la lumière diffuse, tandis qu'il fuit la lumière vive, l'humidité, et se meut dans une direction opposée à la résultante des pressions qu'il éprouve. Aussi bien pendant la période d'isolement que pendant la période symplastique, le froid, une sécheresse prolongée déterminent les myxamibes et les symplastés des mêmes Myxomycètes à s'enfermer dans une membrane protectrice qui leur constitue un kyste, et dans ce cas les symplastés se subdivisent en autant

de kystes secondaires qu'ils présentent de noyaux. Le protoplasma contenu dans ces kystes attend parfois des années le retour de circonstances favorables pour reprendre son activité. Les changements survenus dans le milieu extérieur sont ici bien nettement les conditions déterminantes des changements d'état de la substance vivante. L'histoire des Infusoires nous présentera des faits analogues. Les plastides et les plasmodes issus d'un même plastide ou d'un même plasmode par une succession ininterrompue de divisions, présentent généralement, dans les mêmes circonstances, les mêmes changements d'état, et peuvent être distingués par la définition de ces changements, d'autres séries de plastides ou de plasmodes qui, dans ces circonstances, se comporteraient autrement. Il existe donc diverses *sortes* ou *espèces* de plastides ou de plasmodes, et chaque espèce a une façon propre de se comporter quand le milieu extérieur se modifie.

Mais les espèces de plastides ou de plasmodes, dont certains états sont le plus nettement déterminés par les conditions du milieu extérieur, peuvent aussi présenter des modifications qui semblent spontanées, en ce sens que nous ne connaissons aucun lien actuel entre ces modifications et celles que présente le milieu; ces modifications se succèdent dans un ordre déterminé; elles semblent dans un grand nombre de cas inévitables, et faire partie des propriétés caractéristiques des plasmodes et des plastides, aussi bien que leur façon de se nourrir, de croître et de subir l'action du milieu. Ainsi les petites masses de protoplasme qui sortent des kystes des Myxomycètes, au retour de circonstances favorables, produisent, après un court instant de repos (ENDOMYXÉES) ou après s'être divisées en huit masses semblables (CÉRATIÉES), un long flagellum, à l'aide duquel elles se meuvent en tournoyant dans le milieu ambiant; ce sont des *zoospores*; bientôt le mouvement se ralentit, le flagellum est résorbé, et la zoospore, ne conservant que le pouvoir d'effectuer des mouvements amiboïdes, devient un myxamibe. Les plastides possèdent donc un *pouvoir évolutif* inné, qui assigne d'avance à chacun d'eux un certain nombre de transformations fatales.

Polymorphisme des plastides nés les uns des autres. — En vertu de ce pouvoir, non seulement un même plastide revêt successivement plusieurs formes, mais il arrive aussi que les plastides nés les uns des autres par division, ne se ressemblent pas, et que leurs formes diverses se succèdent elles-mêmes dans un ordre déterminé, indépendant des variations du milieu. Par cette succession on est d'ailleurs toujours ramené à la forme initiale, et la façon dont les formes se succèdent caractérise encore des *espèces* qui, se présentant sous plusieurs états, sont dites *polymorphes*. Les Urédinées sont, parmi les Champignons, un exemple saisissant de ce *polymorphisme*. Ce sont des plantes parasites dont l'une, la *Puccinia graminis* (fig. 24), vit tour à tour sur le Blé et sur l'Épine-vinette. Pendant l'hiver on rencontre ces plantes sur les feuilles et les tiges des Graminées, sous forme de cellules brunes, accolées deux à deux, couvertes d'une membrane protectrice fort résistante; ces cellules sont les *teleutospores* (II); au printemps le protoplasme de chacune d'elles se transforme en un tube qui s'allonge au travers d'un orifice ménagé dans la membrane de la cellule, et se cloisonne, sans que les parties ou *articles* ainsi isolés se séparent pour cela. Les quatre articles terminaux de ce tube ne tardent pas à produire un ramuscule latéral que termine bientôt un petit renflement, une cellule nouvelle, qui se détache et constitue ainsi une *sporidie*. Enlevées par le vent, un certain nombre de sporidies sont transportées sur les

feuilles naissantes de l'Épine-vinette. Là leur contenu se transforme de nouveau en un tube qui perfore de part en part les cellules épidermiques de la feuille, s'allonge dans les interstices de sa substance, s'y ramifie en tous sens, et ses rameaux finissent par atteindre les deux surfaces de la feuille. Ceux qui atteignent la surface supérieure se serrent par places en pelotons ayant la forme d'une bouteille (écidiolles) dont les parois seraient couvertes de poils qui font saillie par le goulot

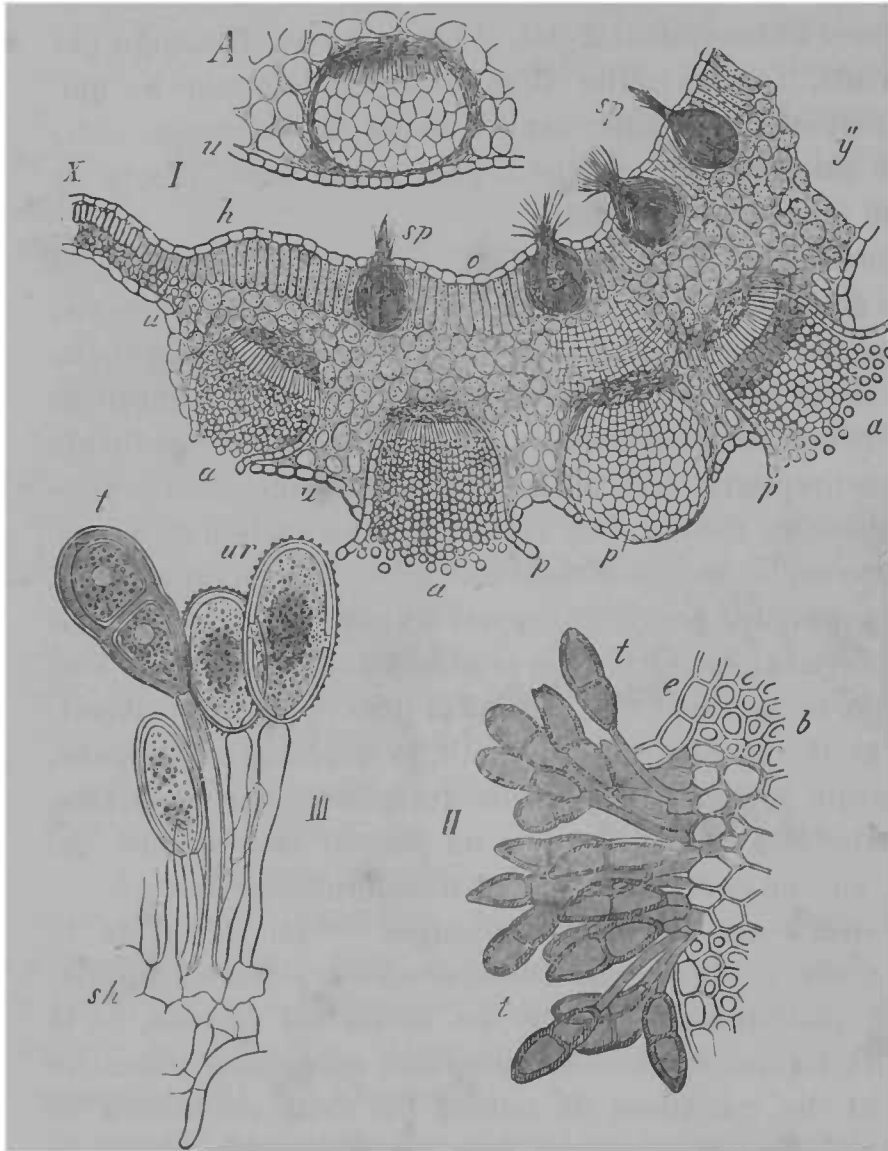


Fig. 24. — *Puccinia graminis*. I, section transversale de la feuille du *Berberis vulgaris*, avec des écidiolles *sp* sur la face supérieure, et des écidies *a* sur la face inférieure; *p*, enveloppe de l'écidie. A, un écidie jeune. II, un amas de téléospores *t* sur une feuille de *Triticum repens*; *e*, épiderme déchiré; *b*, hypoderme. III, portion d'un *Uredo*, avec urédospores *ur*, contenant déjà une téléospore *t*; *sh*, couche sous-épidermique des filaments du thalle (d'après de Bary).

de la bouteille, à la surface de la feuille (I, *sp*). Au fond de la bouteille, entre ces poils, d'autres filaments ramifiés, en se cloisonnant à leur sommet, produisent des chapelets de très petites spores. Ces spores quand elles tombent sur une feuille d'Épine-vinette, y grossissent, et produisent un filament qui pénètre dans la feuille et s'y comporte comme celui dont les spores sont issues.

Les rameaux de ce dernier qui arrivent à la surface inférieure de la feuille s'y groupent aussi par places en pelotons serrés ayant l'aspect de tubercules (écidies) dont le fond est formé de cellules allongées supportant chacune un chapelet de spores orangées. Ces spores transportées sur une feuille de Graminée s'y allongent chacune en un tube qui pénètre dans la feuille, où il se ramifie abondamment

et produit au bout d'une dizaine de jours un grand nombre de rameaux perpendiculaires à la surface de la feuille. Chacun de ces rameaux produit à son sommet une spore rouge (urédospore) qui se détache et, retombant sur la même feuille ou les feuilles voisines, y produit des tubes semblables à ceux d'où elle provient. Cela se continue pendant tout l'été; enfin à l'automne apparaissent, sur les tubes qui existent alors, les téléospores destinées à passer l'hiver. Chaque année ces phénomènes se renouvellent; chaque année 12 sortes de plastides isolés ou demeurant plus ou moins unis, constituent, par leur ensemble, une même espèce de Champi-

gnon, et se succèdent dans un ordre invariable. L'évolution de tout cet ensemble s'accomplit dans cet ordre ou ne s'accomplit pas. La plante semble faite pour certaines conditions dont elle ne doit pas s'écarter et, ces conditions une fois réalisées, elle évolue toujours de la même façon.

Rapport entre les formes des plastides de même espèce et les conditions extérieures. — Hérité. — Il est à remarquer cependant que certaines phases de cette évolution présentent avec les saisons un rapport évident, paraissant indiquer qu'elles sont indirectement liées à la température. Le cas n'est pas isolé: la forme et les fonctions d'un très grand nombre d'êtres vivants éprouvent ainsi des variations périodiques, qui suivent le renouvellement périodique des conditions extérieures, sans être cependant déterminées par ces conditions. On a expliqué cette sorte de synchronisme imparfait en admettant que les variations en question avaient été originellement déterminées par les conditions extérieures elles-mêmes, et que, se renouvelant périodiquement, elles étaient devenues pour les êtres vivants une sorte d'habitude. En vertu de cette habitude, elles auraient fini par se produire, même en l'absence de leur stimulant habituel. Cette explication tout hypothétique a l'avantage de ramener le cas des modifications, en apparence spontanées, des plastides, au cas de leurs modifications directement provoquées; elle suppose l'existence dans les substances vivantes d'une sorte de tendance à reproduire, sans stimulant actuel, les modifications qu'elles ont déjà éprouvées sous l'action répétée d'un stimulant déterminé. Cette tendance, quand elle se manifeste chez des êtres plus ou moins hautement organisés, est ce qu'on nomme l'hérité.

Phénomènes de sexualité. Gamètes. — Éléments mâle et femelle. — Nous avons déjà vu que, dans certains cas, des plastides isolés, appartenant à la même espèce, peuvent, après avoir mené une existence solitaire, s'unir en symplastes de volume variable. Le cas le plus simple d'unions de ce genre est réalisé lorsque les plastides s'unissent deux à deux, et l'union est aussi intime que possible lorsque non seulement le protoplasme, mais encore les noyaux se fusionnent respectivement: c'est ce qu'on nomme une conjugaison. Les deux plastides ne forment pas alors seulement un plasmode binucléé, mais un plastide nouveau, jouissant, en général, de propriétés particulières: c'est ce que les botanistes appellent un œuf. Des exemples d'une semblable conjugaison, s'accomplissant dans des conditions déterminées, s'observent aussi bien chez les Champignons (OOMYCÈTES) et chez les Algues, qui sont des Végétaux, que chez les Rhizopodes et les Infusoires, qui sont des animaux; elle n'a aucun caractère de nécessité: il y a, en effet, des familles tout entières de Végétaux (USTILAGINÉES, URÉDINÉES, BASIDIOMYCÈTES, ASCOMYCÈTES, CYANOPHYCÉES, HYDRURÉES, certaines DIATOMÉES) ou d'animaux (RADIOLAIRES, FORAMINIFÈRES) où la division des plastides se poursuit indéfiniment, sans que jamais une conjugaison ait été sûrement observée; d'autres où la division ne se poursuit que dans certaines conditions déterminées, mais où une modification même légère de ces conditions la fait apparaître (MUCORINÉES); d'autres enfin où la division s'arrête si la conjugaison n'intervient pas (INFUSOIRES). Plusieurs plastides peuvent s'unir pour former un œuf (HYDRODICTYON), phénomène qui se rapproche de celui de la formation des symplastes; d'habitude cependant non seulement l'union n'a lieu qu'entre deux plastides, mais encore les deux plastides destinés à se conjuguer, et que les botanistes appellent des gamètes, diffèrent profondément l'un de l'autre. L'un d'eux est

petit, agile, se meut le plus souvent et à l'aide d'un ou plusieurs longs flagellum ; c'est l'élément *mâle*, qui chez les végétaux cryptogames s'appelle *anthérozoïde*¹ et chez les animaux *spermatozoïde*. L'autre, l'élément *femelle*, est d'un volume plus considérable ; il doit son volume à ce que dans son protoplasme abondant, se déposent des matériaux de réserve qui seront employés comme matériaux nutritifs lors de son évolution ultérieure. Dans la grande majorité des cas l'élément femelle est dépourvu de la faculté de se mouvoir ; il demeure même souvent dans l'organisme maternel (Plantes phanérogames, animaux vivipares), et l'élément mâle, doué de motilité, doit en conséquence se porter à sa rencontre. Les botanistes appellent *oosphère* l'élément femelle des plantes ; les zoologistes donnent le nom d'*ovule* à ce même élément chez les animaux².

Fécondation ; son importance. — La fusion de l'élément mâle et de l'élément femelle, d'où résulte la formation de l'œuf, est ce qu'on nomme la *fécondation*. La série des phénomènes qu'on observe chez les Champignons et les Algues autorise à penser que la fécondation n'est qu'une modification de la conjugaison résultant d'un partage des rôles, d'une division du travail physiologique entre deux éléments primitivement égaux. Dans la fécondation les deux éléments unis gardent le même rôle essentiel et le grand volume relatif de l'élément femelle a seul pu conduire à penser que son rôle était prépondérant et que l'élément mâle disparaissait, se fondant en quelque sorte dans l'oosphère ou l'ovule, après lui avoir imprimé une impulsion particulière.

¹ Dans l'embranchement des Cryptogames vasculaires, on voit apparaître un nouveau mode de sexualité. La plante produit à la fin de l'été des *spores* qui passent l'hiver, et forment au printemps un appareil végétatif de petite taille, qui porte le nom de *prothalle*. Sur ce prothalle se développent les *archégones* dans lesquelles naissent les *oosphères*, dont il va être question plus loin, et les *anthéridies*, où se produisent les *anthérozoïdes*. Lorsque le même prothalle porte des archégones et des anthéridies, il est hermaphrodite ; lorsque deux prothalles différents portent, l'un des archégones, l'autre des anthérozoïdes, le premier est femelle, le second est mâle. Dans ce cas, les spores produites par la plante, à la fin de l'été, peuvent elles-mêmes être de deux sortes : les unes, petites, les *microspores*, produisent les prothalles mâles ; les autres, grandes, les *macrospores*, produisent les prothalles femelles. Ces spores sont, par conséquent, déjà sexuées elles-mêmes. On voit alors, dans la série de ces plantes, les prothalles se réduire peu à peu, au point de demeurer enfermés dans l'enveloppe de la spore qui les produit. Les macrospores arrivent, chez les Phanérogames, à ne plus se différencier sur la plante mère, où, dans l'intérieur du macrosporangium, devenu l'*ovule végétal*, se développe directement un tissu représentant l'ensemble des macrospores et de leurs prothalles, et dans lequel apparaissent les oosphères. Ce tissu est l'*endosperme* des Gymnospermes ; il est simplement représenté chez les Angiospermes par les *cellules antipodes* du sac embryonnaire. Les microspores se développent comme d'habitude, et, au lieu de produire un prothalle, vont directement s'unir aux oosphères : elles prennent alors le nom de *grains de pollen* : le prothalle mâle, les anthéridies et les anthérozoïdes sont presque entièrement supprimés ; la microspore qui aurait dû les produire se substitue à eux et devient ainsi l'élément mâle. Le *pollen* joue le même rôle physiologique que les anthérozoïdes, mais n'est pas leur équivalent.

² Il serait évidemment avantageux qu'un accord intervint entre les botanistes et les zoologistes au sujet des termes à employer pour désigner des parties fondamentalement identiques dans les deux Règnes. Le seul obstacle à cet accord vient de ce que les anciens botanistes, assimilant inexactement la graine des Phanérogames à l'œuf des Animaux, ont donné le nom d'*ovule*, c'est-à-dire de *petit œuf*, à l'organe dans lequel se formera l'œuf lui-même, et qui, après la fécondation, deviendra la *graine*. Ce seul rapprochement montre combien le mot *ovule*, issu d'une assimilation erronée, est impropre dans la langue des botanistes. Son adoption les a du reste entraînés à créer toute une nomenclature en forme désaccord avec les idées actuelles. Le mot *ovule* ayant été manifestement imaginé pour désigner l'œuf non encore mûr des animaux, il est illogique de le détourner de son sens primitif pour appeler ainsi un organe dont le véritable ovule des plantes, l'*oosphère*, ne sera

De phénomène accidentel, approprié à certaines conditions de développement, qu'elle était chez certaines plantes et certains animaux simples, la fécondation devient dans les formes plus élevées des deux Règnes un phénomène normal. Loin d'être commandée seulement par les circonstances extérieures, elle prend un tel caractère de nécessité que dans nombre d'espèces animales et végétales, chaque individu disparaît après qu'il s'est accouplé, comme si cet acte était le but suprême de son existence. L'œuf devient lui-même le point de départ d'un cycle évolutif qui se recommence indéfiniment, pour chaque espèce, sans modification importante actuellement appréciable, toutes les fois qu'un œuf arrive à se constituer. Ainsi apparaît la reproduction sexuée, dont la prépondérance est telle qu'on a pu longtemps la considérer comme le seul mode de la reproduction des individus, dans le Règne animal, et qu'elle est, en effet, le seul mode de conservation des types spécifiques.

Bien que l'œuf ne soit pas un élément d'une existence générale, l'importance qu'il acquiert dans les deux Règnes, si peu que les organismes se compliquent, conduit à le prendre pour point de départ dans la description du mode de constitution et de développement des êtres vivants.

Association des plastides en organismes; différenciation des plastides associés; loi de la division du travail physiologique. — Après la fusion des deux plastides qui le constituent, l'œuf n'est en réalité lui-même qu'un plastide présentant, comme d'ordinaire, une masse protoplasmique, une membrane d'enveloppe, un noyau, un ou plusieurs nucléoles et quelques autres corps, inclus dans son protoplasma. Il partage avec les plastides ordinaires la propriété de se diviser, lorsqu'il se trouve dans des conditions convenables, et de donner ainsi naissance à des plastides nouveaux. Ces plastides se séparent quelquefois complètement les uns des autres, et chacun demeure indépendant toute sa vie (nombreuses DESMIDIÉES, DIATOMÉES OVIGÈNES, la plupart des INFUSOIRES CILIÉS) ou, fonctionnant comme une spore ou une zoospore, devient l'origine de formations variées (OOMYCÈTES). Le plus souvent les plastides résultant de la *segmentation* de l'œuf demeurent unis entre eux, ou ne s'isolent que par groupes. Les plastides qui demeurent unis entre eux, étant plus ou moins solidaires les uns des autres, constituent un *organisme*, que l'on peut concevoir comme une unité nouvelle, disparaissant dès qu'on en sépare les parties intégrantes, et à laquelle on attribue, en conséquence, la qualification d'*individu*.

Ces mêmes phénomènes s'observent aussi bien lorsque le plastide initial est un plastide simple, une spore, comme dans les familles de Champignons et d'Algues citées plus haut, que lorsque le plastide est un œuf; il y a donc des organismes qui ne proviennent pas d'œufs, mais de simples spores.

qu'une très faible partie, et il suffit de le remplacer par un autre pour que la langue des zoologistes et celle des botanistes se correspondent exactement. Les éléments destinés à s'unir pourront porter dans les deux Règnes le nom de *gamètes*, qu'on leur donne en botanique; il n'y a aucun inconvénient à laisser l'élément mâle s'appeler *anthérozoïde* chez les plantes, *spermatozoïde* chez les animaux; à conserver à l'élément femelle des plantes le nom d'*oosphère*, à celui des animaux le nom d'*ovule*, et à appeler *œuf* dans les deux Règnes l'élément résultant d'une conjugaison ou d'une fécondation. Les zoologistes ont d'autre part créé tout un arsenal de noms qui s'appliqueraient à l'organe, équivalent en réalité à un macrosporange, que les botanistes appellent un ovule chez les Phanérogames: tels sont les mots *oothèque*, *oécie*, *oogone*, *embryophore*, *matrice*, *matricule*, etc. Les mots *oogone* et *matricule* conviendraient particulièrement, mais le dernier conduirait au remplacement des mots *placenta* et *placentation*, ce qui ne serait pas un mal.

Même lorsqu'ils vivent isolés, les plastides d'espèce déterminée peuvent, nous l'avons vu, revêtir successivement plusieurs formes diverses, et, lorsqu'ils se multiplient, leurs formes peuvent aussi se succéder dans un ordre constant. On doit donc s'attendre à ce que les plastides qui s'associent pour former un organisme ne soient pas tous identiques entre eux. Effectivement on ne connaît que fort peu d'organismes tellement homogènes que, pendant toute leur existence, tous leurs plastides se ressemblent, passent par les mêmes phases de développement et ne produisent que des plastides semblables à eux-mêmes (certaines Algues de la famille des NOSTOCACÉES, telles que les *Oscillaria*, *Merismopædia*, *Glæocapsa*, etc.). Les plasmodes des Myxomycètes sont déjà plus compliqués : ils sont cependant formés d'éléments tous semblables entre eux, qui éprouvent ensemble les mêmes modifications, mais produisent en outre diverses formations secondaires, contribuant à la constitution du singulier appareil fructificateur de ces Champignons. Dans presque tous les autres organismes, les plastides reproducteurs, tout au moins, prennent des caractères particuliers, se *différencient*. A mesure que les plastides qui s'associent deviennent plus nombreux, on observe parmi eux des modes de différenciation plus variés, et souvent en rapport avec la position que les plastides occupent dans l'organisme; les plus externes s'enveloppent, par exemple, de membranes résistantes et constituent pour l'organisme tout entier un appareil de protection; d'autres, plus internes, secrètent des substances solides diverses, qui deviennent très résistantes, et forment avec eux un appareil de soutien pour les éléments de l'organisme demeurés plus délicats; ceux-ci, à leur tour, peuvent revêtir des formes variées auxquelles correspondent, en général, des fonctions déterminées. Il en résulte que chaque sorte d'éléments concourt désormais d'une façon qui lui est propre au maintien et à la prospérité de l'organisme dont elle fait partie. L'activité totale de l'organisme est la somme d'autant d'activités s'exerçant d'une façon différente qu'il y a de sortes d'éléments associés, et, quand on considère le résultat de cette somme d'activités comme un but vers lequel tendrait l'association des plastides, on peut dire, comme le faisait dès 1827 H. Milne Edwards, qu'il s'est fait entre les diverses sortes d'éléments associés une *division du travail physiologique*. L'aptitude des plastides associés dans un organisme à se différencier les uns des autres, à acquérir des propriétés différentes, à se partager le travail qui assure la persistance de leur association et la durée de l'organisme, présente une importance de premier ordre. Les éléments anatomiques différenciés, n'ayant plus qu'un petit nombre de fonctions à remplir, les remplissent d'une manière plus parfaite. Ces éléments ne jouant plus le même rôle, n'ont plus à se trouver tous exactement dans les mêmes rapports avec le milieu ambiant. Si certains d'entre eux, par exemple, deviennent aptes à puiser dans le milieu un excès d'oxygène ou de matériaux nutritifs, si d'autres éléments acquièrent la faculté d'emprunter aux premiers cet excès qui leur est inutile, ces éléments pourront cesser d'avoir des rapports directs avec le milieu, et l'organisme, dont tous les plastides étaient d'abord obligés de se disposer en série linéaire ou en une seule couche, pourra maintenant se composer de plusieurs couches de plastides, les unes superficielles et nourricières, les autres profondes, aptes à remplir des rôles nouveaux. Un plus grand nombre de plastides pourront demeurer associés, et l'activité physiologique de l'organisme sera augmentée d'autant. Cet accroissement de puissance sera lui-même d'autant

plus grand que les conditions dans lesquelles pourront vivre les plastides seront plus variées, et, ce qui revient au même, leurs fonctions et leurs formes plus différentes. On peut donc mesurer, en quelque sorte, la puissance et la perfection d'un organisme au nombre et à la variété des plastides qui le composent. On peut, avec Henri Milne Edwards, énoncer cette proposition sous forme de loi, en disant que : *La division du travail physiologique est la condition du progrès et du perfectionnement des organismes*, comme elle est la condition du progrès, du perfectionnement et de la puissance des industries et des sociétés humaines.

Indépendance et solidarité des plastides constituant un organisme. — Les plastides associés pour constituer un organisme, qui se sont différenciés et entre lesquels s'est accomplie une division du travail physiologique, deviennent par cela même solidaires. Chacun dépendant des autres pour l'accomplissement d'une partie des fonctions nécessaires à son existence, ne peut être sans dommage séparé de ses compagnons, et la mort est ordinairement la suite de cette séparation. D'autre part, la disparition d'une certaine catégorie de plastides, supprimant ou amoindrissant une fonction nécessaire à tous les autres, amène également leur mort et, par conséquent, la destruction de l'organisme qu'ils constituaient. Les plastides ainsi associés paraissent donc inséparables dans une certaine mesure; ils semblent faits les uns pour les autres, en vue de la constitution d'un organisme qui apparaît alors non plus comme une unité idéale, mais comme une unité réelle, indivisible, dont les plastides ne sont plus que les parties constituantes, incapables de vivre si elles n'occupent pas la place qui leur est destinée dans l'organisme: cet organisme devient donc désormais pour l'observateur, l'être véritable, l'*individu*, et les plastides ne sont que les plus infimes de ses parties intégrantes. C'est bien ainsi qu'on a compris tout d'abord les organismes supérieurs, et c'est pourquoi on désigne encore habituellement les plastides sous le nom d'*éléments anatomiques*, que nous emploierons fréquemment, pour nous conformer à un langage reçu et qui n'a d'ailleurs rien d'inexact. Mais s'ils deviennent ainsi solidaires dans les organismes hautement différenciés, les *plastides* devenus *éléments anatomiques* ne perdent pour cela complètement ni leur autonomie, ni leur indépendance. Ils ne font pas nécessairement partie de tel ou tel individu et leur inséparabilité n'est pas absolue. L'organisme dans lequel ils sont engagés leur fournit certaines conditions d'existence, auxquelles ils sont accoutumés, qui leur sont impérieusement nécessaires, et qu'ils sont incapables de réaliser par eux-mêmes. Voilà pourquoi ils meurent dès qu'on les isole; mais que ces conditions soient artificiellement réalisées autour d'eux, ils continueront à vivre, et même à se développer et à se multiplier. On observe du reste toutes les transitions entre l'indépendance à peu près complète et la solidarité absolue, à mesure que l'on considère des organismes plus hautement différenciés ou, dans un même organisme, des parties plus complètement spécialisées. C'est ainsi qu'il suffit souvent de planter dans la terre une jeune branche de Peuplier, de Saule, de Vigne, etc., pour que cette branche produise des racines et se développe en un végétal nouveau: c'est une *bouture*. Un fragment de tige de Saule, de tubercule de Pomme de terre, pourvu d'un bourgeon, reproduit aussi, si on l'enterre, le végétal; un fragment de racine suffit dans certains cas (*Paulownia*, *Aralia papyrifera*, *Dahlia*, *Orchis*, etc.), ou un fragment de feuille (*Begonia*, *Gloxinia*, *Maclura*.

Peperomia, *Marattia*, etc.); mais il est déjà rare que de simples fragments de tige, de racine, ou que des feuilles même entières se comportent ainsi; cela est plus rare encore pour les feuilles différenciées qui constituent la fleur et le fruit, quoiqu'on arrive parfois dans de bonnes conditions à leur faire produire des racines adventives.

Les conditions de nutrition sont au moins réalisées lorsqu'on laisse attaché à la plante mère le fragment qui doit servir à la multiplication, et qu'on se borne à favoriser le développement des parties qui lui manquent; c'est ce qu'on fait dans le *marcottage*, employé par exemple à la multiplication des *lauriers-roses*. Il arrive assez souvent que ce phénomène s'accomplit naturellement: certaines branches rampantes du Fraisier produisent ainsi des racines et des feuilles, et se détachent spontanément de l'individu principal, ce sont des *stolons*. Les racines de nombreuses plantes (*Ophioglossum*, *Epipactis microphylla*, *Neottia nidus-avis*, *Cirsium arvense*, *Robinia pseudo-acacia*, *Populus tremula*, *Pyrus malus*, etc.) peuvent produire des bourgeons, par conséquent une tige, et donner naissance à une plante tout entière; elles constituent ce qu'on nomme des *drageons*; les bourgeons axillaires de la Ficaire, certains bourgeons des *Orchis* produisent des racines, et se transforment les premiers en *bulbilles*, les seconds en *tubercules* qui se détachent ainsi spontanément et multiplient la plante; les feuilles d'un grand nombre de Fougères et de quelques Phanérogames (*Bryophyllum calycinum*, *Cardamine pratensis*, *Atherurus ternatus*, *Hyacinthus Ponzolsii*), les cotylédons du *Streptocarpus polyanthus*, produisent de même soit des bourgeons capables de s'enraciner, soit des racines et des bourgeons qui forment finalement un certain nombre de plantes distinctes. La reconstitution d'une plante nouvelle n'est pas même nécessaire pour qu'un organe accidentellement isolé continue à vivre. Une feuille détachée de Caoutchouc, placée dans de bonnes conditions, produit des racines adventives et vit pour son propre compte sans former un nouveau végétal; les fleurs de la *Cuscuta strobilaris* et de la *C. sidarum*, plantes parasites, peuvent s'enraciner sur leur support et mener une existence indépendante¹. On peut encore transplanter, en quelque sorte, une portion de végétal soit sur un végétal de même espèce, soit sur un végétal d'espèce différente, quoique de même famille; le fragment ainsi transplanté continue à se développer en même temps que son support; tous deux ne constituent qu'un seul et même individu végétal; cependant les parties nées de l'un et de l'autre, bien qu'elles soient en continuité de substance, conservent leurs caractères propres. Ce phénomène, qui constitue la *greffe*, est trop connu pour que nous y insistions.

Jusqu'aux recherches de Trembley sur l'Hydre d'eau douce on a considéré le bouturage, le marcottage, la greffe comme des phénomènes propres aux Végétaux. Ils sont tout aussi répandus, tout aussi remarquables dans le Règne animal. Les phénomènes de multiplication par division des Protozoaires (fig. 25) sont un véritable bouturage spontané; chez les Eponges et les Polypes (fig. 26 et 27) il existe presque toujours un marcottage spontané; mais on peut en outre provoquer artificiellement la formation de nouveaux individus: des fragments déta-

¹ Voir pour ces divers phénomènes relatifs aux végétaux: Van Tieghem, *Traité de Botanique*, p. 205, 208, 210, 246, 914 (2^e édition).

chés de ces animaux peuvent reconstituer chacun un organisme complet, si on les place dans de bonnes conditions, tandis que l'organisme d'où ils ont été détachés se complète lui-même. La même chose a lieu pour un certain nombre d'Étoiles de mer et d'Ophiures. L'*Asterias tenuispina*, l'*Asterias calamaria*, le *Stichaster albus*, l'*Asterina Wega* et quelques autres espèces paraissent se multiplier par bipartition spontanée de leur corps; il en est de même, parmi les Ophiures, de l'*Ophiothela isidicola*, des *Ophiactis Savignyi sexradiata*, *virescens*, *Krebsii*, *Mulleri*, *virens*, des *Ophiocoma pumila* et *Valenciennii*. Chez d'autres Étoiles de mer, les *Mithrodia* et plusieurs *Linckia*, les bras se détachent un à un, suivant Hæckel, pour produire chacun une nouvelle Étoile. Il est en tous cas certain que les bras détachés spontanément ou artificiellement jouissent de cette remarquable propriété, non seulement dans ces deux genres, mais aussi dans presque toutes les Étoiles de mer où les bras sont profondément séparés les uns des autres (ASTERIADÆ, ECHINASTERIDÆ); dans les familles dont le corps a la forme d'un pentagone plus ou moins échancré les parties détachées sont simplement remplacées. Ce pouvoir de reconstitution est encore poussé très loin chez presque tous les Echinodermes. Les Holothuries et les Comatules, par exemple, se refont leurs viscères lorsqu'elles en ont été privées.

La série des Vers présente des phénomènes entièrement analogues. Les Planaires rhabdocèles des genres *Catenula*, *Strongylostomum* (fig. 28), *Microstomum*, *Stenostomum*, *Alaurina* se divisent spontanément par scission transversale, d'après des règles déterminées, en un certain nombre d'individus qui demeurent plus ou moins longtemps associés en chaîne. Les Planaires plus élevées ne possèdent pas cette faculté, mais si on les divise en plusieurs morceaux, chaque morceau se reconstitue et devient une Planaire complète. Parmi les Vers annelés plusieurs SYLLIDIENS (fig. 29), formes inférieures de la classe des Annélides, se divisent de même spontanément par le travers en plusieurs individus, et il en est de même des NAÏDIENS, formes inférieures de la classe des Lombriciens; mais dans les formes supérieures de ces deux classes il ne reste plus de cette faculté que le

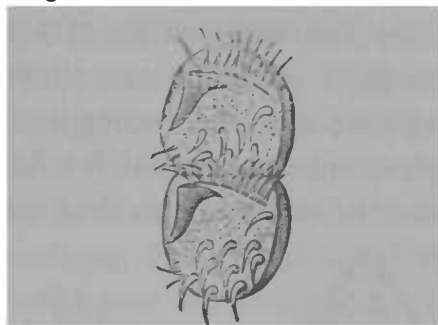


Fig. 25. — *Aspidisca lynceaster* en voie de division transversale (d'après Stein).

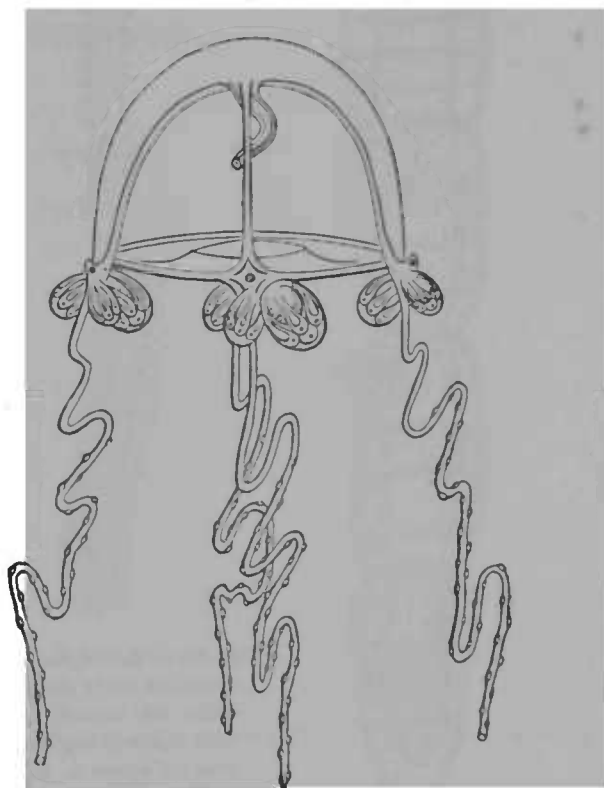


Fig. 26. — Méduse de *Syncoryne* portant des bourgeons médusoïdes, à la base renflée des tentacules marginaux (d'après Allman).

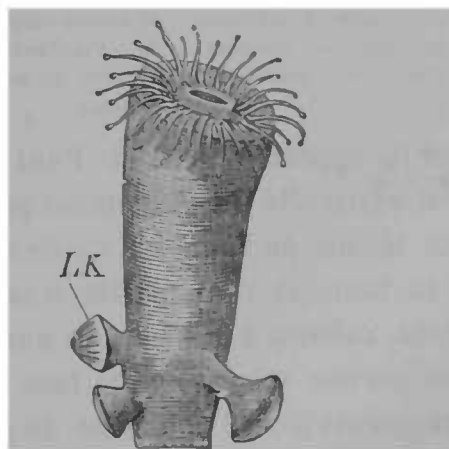


Fig. 27. — *Blastotrochus nutritor*. Lk, bourgeons latéraux (d'après C. Semper).

pouvoir de reconstituer, dans une large mesure, les parties perdues à la suite d'une mutilation. Les phénomènes de bouturage spontané ou artificiel reparaissent chez les TUNICIERS où ils caractérisent la classe entière des Ascidies composées, tandis qu'ils prennent une allure toute particulière chez les Pyrosomes, les Barillets et les Salpes. La reconstitution des parties perdues est le seul phénomène de ce genre que présentent les Arthropodes et les Vertébrés, encore cette reconstitution n'a-t-elle lieu que chez certaines formes et dans de certaines conditions. Les

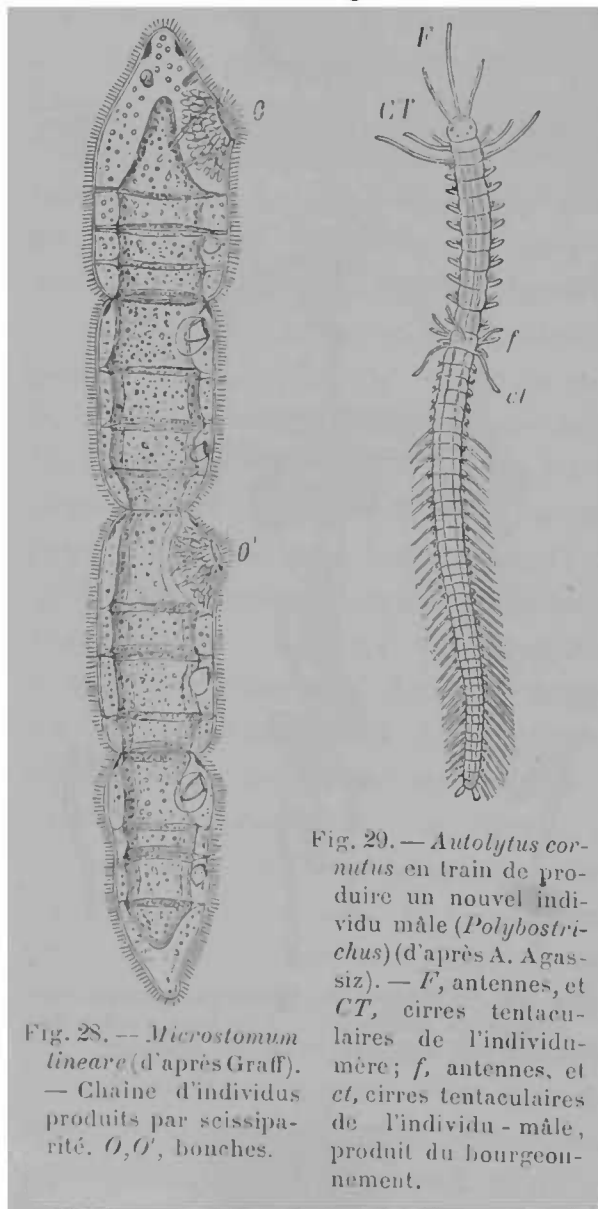


Fig. 28. — *Microstomum lineare* (d'après Graff). — Chaîne d'individus produits par scissiparité. O, O', bouches.

Fig. 29. — *Autolytus cornutus* en train de produire un nouvel individu mâle (*Polybostrichus*) (d'après A. Agassiz). — F, antennes, et CT, cirres tentaculaires de l'individu-mère; f, antennes, et ct, cirres tentaculaires de l'individu-mâle, produit du bourgeonnement.

Crustacés, même les plus élevés, reconstituent les appendices qui leur ont été enlevés; quelques Insectes, tels que les Phasmides, peuvent aussi recouvrer les pattes dont un accident les a privés; mais les choses se passent chez les Insectes doués de cette faculté d'une façon toute particulière. Le pouvoir de réparer un membre mutilé n'a été constaté que chez un petit nombre de Vertébrés: les pattes des Salamandres repoussent si on les excise en ayant soin d'en ménager la partie basilaire; ces animaux peuvent aussi refaire une partie de leur tête; la queue des Lézards se reconstitue également assez vite, mais toujours d'une façon imparfaite; en général, chez les autres Vertébrés, la réparation des blessures se borne à une simple cicatrisation; non seulement l'organisme est indivisible, mais, ses diverses parties une fois constituées, il est incapable de les refaire quand il vient à les perdre.

Là comme chez les animaux inférieurs cependant, les éléments anatomiques et les organes eux-mêmes ne demandent pour vivre que d'être placés dans des conditions non pas identiques, mais simplement analogues à celles où ils se trouvent sur l'individu à

qui ils appartiennent. M. Paul Bert a montré que la queue d'un rat, implantée par son extrémité préalablement privée de son épiderme, dans une légère entaille faite sur le dos de l'animal, s'y fixait et dès lors continuait à vivre quand on la coupait à sa base; la rhinoplastie n'est possible que parce qu'un lambeau de la peau du front, rabattu à la place du nez accidentellement disparu, peut se souder à la peau des parties voisines de la face et vivre dans cette nouvelle situation. Bien plus, des fragments d'os, d'épiderme, de peau transplantés d'un individu à un autre, continuent non seulement à vivre, mais à grandir, et cette sorte de greffe est entrée aujourd'hui dans la pratique chirurgicale. Les effets heureux de la transfusion du sang démontrent aussi que les globules de ce liquide continuent à accomplir leurs fonctions quand ils passent des vaisseaux d'un individu dans ceux d'un autre. Il n'est même pas nécessaire, pour que les opérations réussissent, que les deux individus soient

de même espèce; toutefois quand les espèces sont différentes le succès n'est jamais aussi complet.

Chez les animaux peu différenciés, comme l'Hydre d'eau douce, les phénomènes de greffe peuvent être poussés très loin. Trembley ayant coupé des Hydres en plusieurs morceaux, a réussi à associer indistinctement les morceaux provenant d'Hydres différentes, et à constituer ainsi de véritables mosaïques dont chacune a fini par devenir une Hydre nouvelle, sans se soucier de l'origine de ses éléments. Dans ce cas, comme dans tous les autres, l'indépendance des plastides s'affirme hautement; mais leur solidarité n'est pas moins nette, car les lambeaux qu'ils constituent ne grandissent pas d'une façon quelconque; ils s'accroissent de manière à reconstituer tous ensemble une Hydre, comme s'ils avaient besoin de se retrouver les uns par rapport aux autres dans une position déterminée.

CHAPITRE II

MORPHOLOGIE EXTERNE

Division du sujet. — Le corps des animaux peut être, nous l'avons vu, constitué soit par un seul plastide, soit par une association de plastides. Dans le premier cas, la forme extérieure du corps est la résultante des actions extérieures qui s'exercent sur le plastide et des réactions que leur opposent les diverses substances qui le constituent. C'est, en grande partie, des formes que revêtent les plastides libres dans des conditions déterminées que nous pouvons déduire les lois de ces réactions. Il n'y a donc pas, en général, à expliquer les formes des plastides; il faut, au contraire, les considérer comme des phénomènes primitifs, relativement simples, dont l'étude pourra nous fournir l'explication de phénomènes plus compliqués.

Chez les animaux dont le corps est une association de plastides, la forme extérieure résulte non seulement de la forme des plastides associés, mais aussi de leur mode d'arrangement. Si la forme des plastides doit être considérée comme un phénomène primitif, dans la mesure où elle dépend des propriétés intimes des substances vivantes, il n'en est plus de même de leur arrangement dans un organisme, et nous pouvons chercher à déterminer les lois de cet arrangement, qui domine non seulement la forme extérieure du corps, mais aussi sa structure interne. C'est seulement de la forme extérieure que nous nous occuperons dans ce chapitre.

Dès le début, nous sommes d'ailleurs amenés à une distinction importante entre les associations de plastides. *Dans quatre des grandes divisions naturelles du Règne animal, celle des ÉPONGES, des POLYPPES, des ARTHROPODES et des VERS, les formes non frappées de rétrogradation peuvent être groupées dans un ordre de complication croissante, et les formes compliquées sont telles, que les moins élevées d'entre elles se laissent facilement décomposer en parties, dont chacune est l'équivalent des formes les plus simples de la division correspondante.* Les Échinodermes, les Mollusques et les Vertébrés adultes présentent tous, au contraire, à peu près le même degré de complication. Mais les Echinodermes et les Mollusques traversent, eux aussi, dans leur jeune âge, une forme simple analogue à celles qu'on rencontre dans les quatre autres divisions, et le corps des Vertébrés présente dans sa constitution des traces de composition, analogues à celles qui sont si nettes chez les Vers annelés. Nous sommes amenés, par conséquent, à distinguer, dans le Règne animal, des formes simples fondamentales et des formes composées qui résultent de la répé-

tition de ces formes simples, modifiées et combinées de diverses façons. Nous aurons à étudier successivement les animaux formés d'un seul plastide, ceux composés d'une association simple de plastides, ceux qui résultent d'une combinaison d'un plus ou moins grand nombre de ces associations simples.

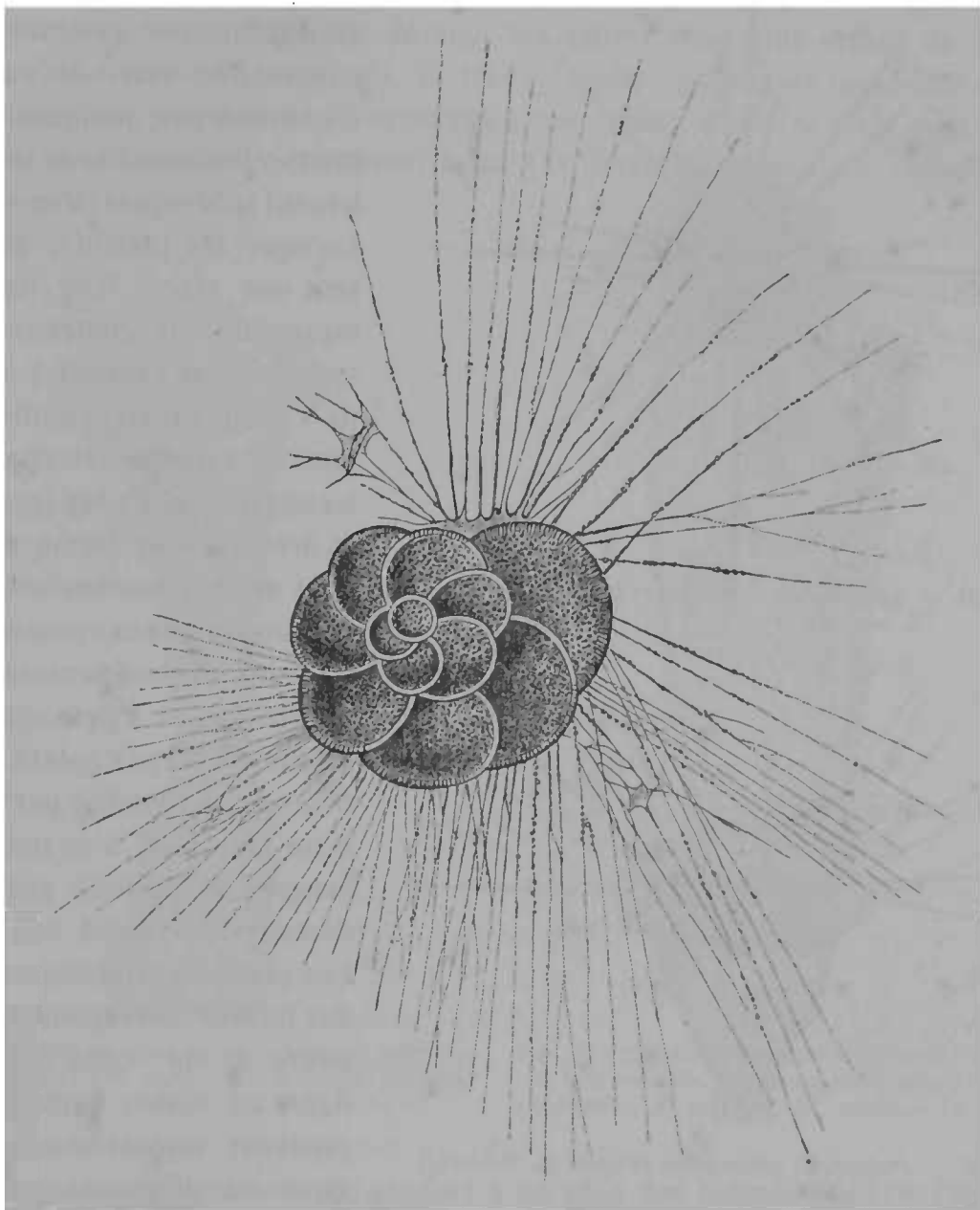


Fig. 30. — *Rotalia veneta*, Foraminifère à loges disposées en spirale (d'après Max Schulze).

Rapport des formes de plastides avec leurs conditions d'existence; symétrie par rapport à un point, par rapport à un axe, par rapport à un plan. — Les plastides libres et qui ne secrètent pas une enveloppe rigide sont capables de modifier incessamment leur forme (MYXOMYCÈTES, RHIZOPODES); cette forme est cependant adaptée d'une manière générale à certaines conditions d'existence. C'est ainsi que les Foraminifères, qui vivent presque tous au fond de l'eau, disposent leurs loges en série linéaire, en hélice, en spirale (fig. 30), mais ne présentent que bien rarement la forme sphérique. Cette forme est au contraire dominante chez les Radiolaires, qui sont flottants, et dont le corps trouve, par conséquent, dans toutes les directions, les mêmes conditions de milieu (fig. 31). Les plastides couverts d'une membrane rigide, et dont le contour est par consé-

quent déterminé, adoptent aussi une forme dominante suivant les conditions dans lesquelles ils doivent vivre. La forme sphérique n'est pas rare chez ceux qui doivent être transportés d'une façon passive par l'intermédiaire d'un milieu

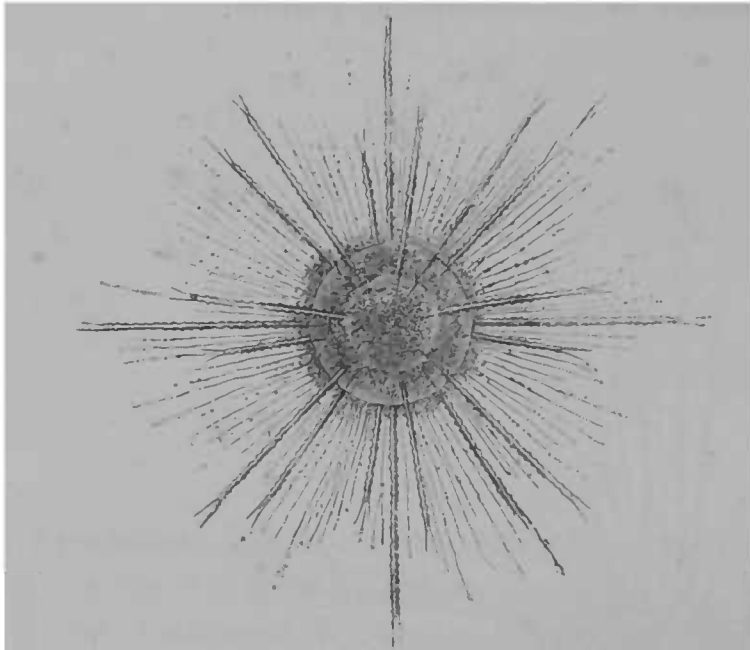


Fig. 31. — *Acanthometra Mülleri* (d'après E. Hæckel).

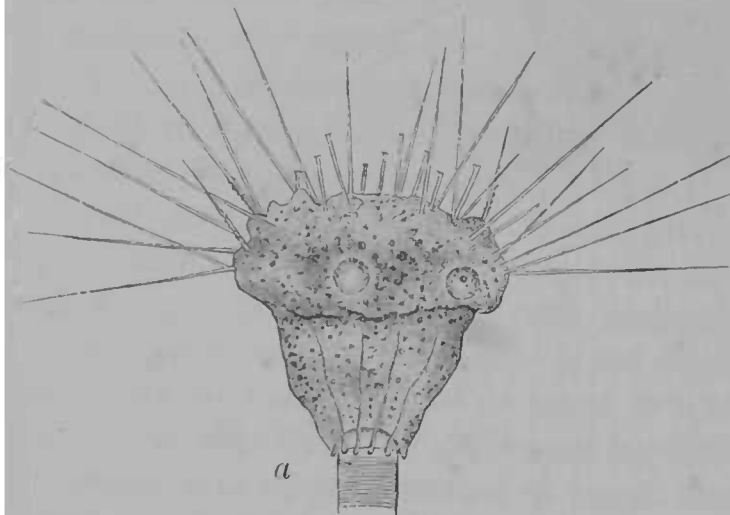


Fig. 32. — *Podophrya gemmipara* (d'après R. Hertwig).

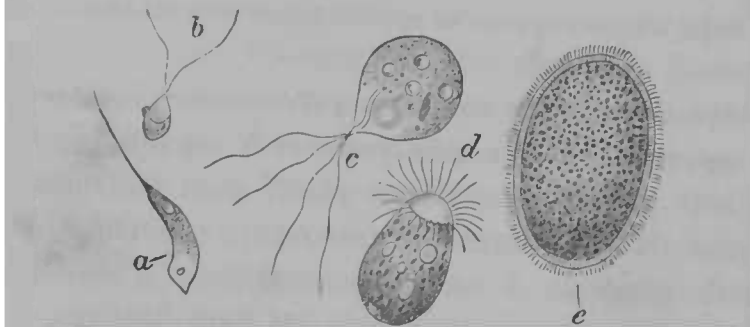


Fig. 33. — Zoospores. *a*, de *Physarum*; *b*, de *Monostroma*; *c*, de *Illothrix*; *d*, de *Edogonium*; *e*, de *Vaucheria* (d'après Reinke).

fluide (spores, grains de pollen, œufs, kystes de Champignons ou d'Infusoires, gemmules d'Éponges), ou vivre en parasites (*Sphærophrya*); quelques Algues monocellulaires libres sont également sphériques (*Micrococcus*). Lorsque les plastides grandissent sur place, leur forme se rapproche au contraire de la symétrie par rapport à un axe; ils s'allongent en cylindres simples ou ramifiés (MUCORINÉES); lorsqu'ils sont fixés par un point et dressés, leur forme est souvent celle d'une surface de révolution dont l'axe passerait par ce point (divers INFUSOIRES FLAGELLIFÈRES et TENTACULIFÈRES, fig. 32). Le corps s'aplatit au contraire, et la symétrie par rapport à un plan tend à se manifester lorsque le plastide grandit en demeurant couché sur le sol. Les plastides mobiles ont aussi des formes correspondant à leur genre de vie : ceux qui nagent dans un milieu homogène demeurent sensiblement sphériques ou ellipsoïdaux lorsque leurs organes de locomotion sont uniformément répartis (zoospores des *Vaucheria*, fig. 33 *d*, formes ciliées des Acinétiens); si ces organes occupent une position déterminée, comme chez les Infusoires flagellifères et nombre des zoospores ou d'anthérozoïdes de Cryptogames, le corps s'allonge de manière à être symétrique par rapport à un axe (fig. 33, *a*, *b*, *c*). Il en est de même lorsqu'un orifice se constitue sur la membrane enveloppante pour l'introduction des aliments, comme chez certains Infusoires ciliés (ENCHELYIDÆ). D'autres fois le corps s'enroule

en hélice (anthérozoïdes des MOUSSES, des FOUGÈRES, des PRÊLES, des LYCOPODES, nombreuses BACTÉRIACÉES). Enfin, les plastides rampants sont le plus souvent aplatis (DESMIDIÉES, DIATOMÉES, la plupart des INFUSOIRES CILIÉS), sans que la symétrie bilatérale soit toujours la conséquence de cet aplatissement. Les Infusoires ciliés, en particulier, ne présentent ce mode de symétrie que lorsqu'ils saisissent directement leurs aliments; lorsqu'ils doivent les attirer dans leur orifice de déglutition par les battements de leurs cils, la frange ciliaire principale (*zone adorale*) tend à se disposer en une spirale aboutissant à cet orifice, et altère ainsi plus ou moins gravement la symétrie par rapport à un axe des Infusoires fixés (*Stentor*, fig. 34,

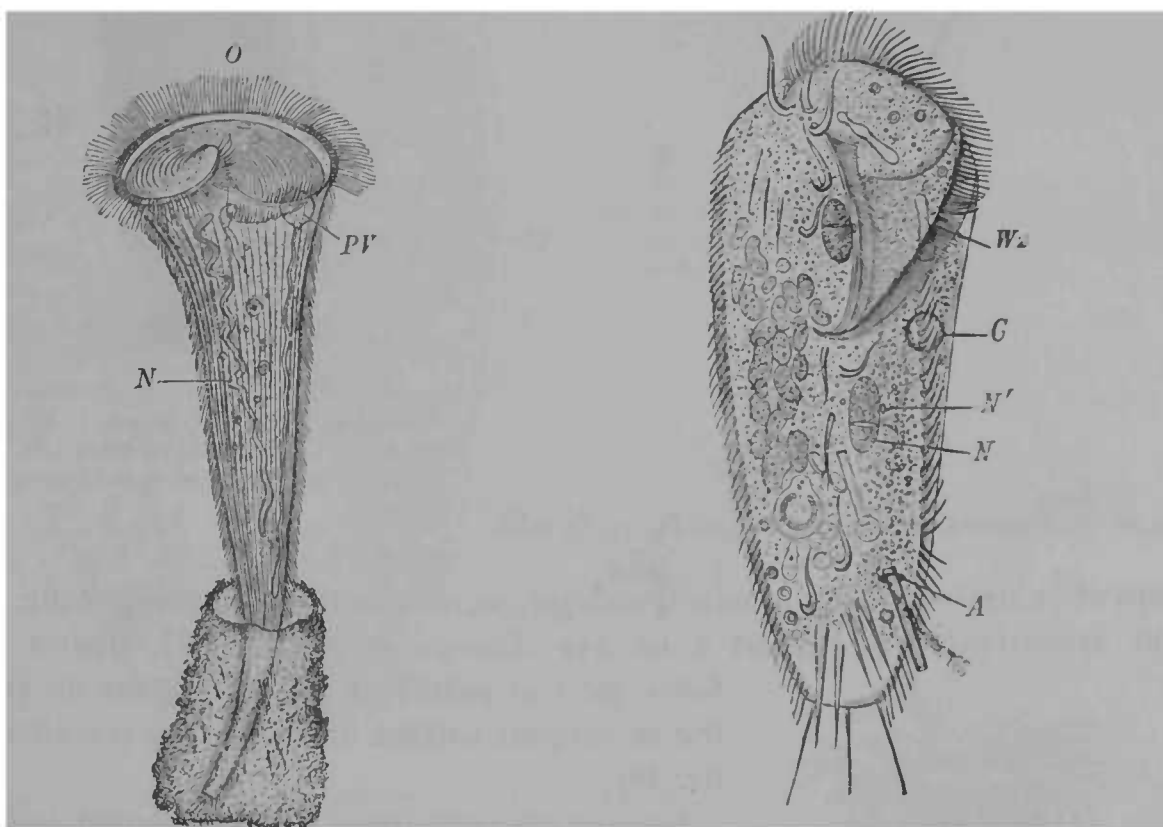


Fig. 34. — *Stentor Roeslii*. O, cytostome suivi du cytopharynx; PV, vacuole pulsatile; N, nucléus (d'après Stein).

Fig. 35. — *Stylonychia mytilus* (d'après Stein), vue par la face ventrale. Wz, zone ciliée adorale; C, vacuole pulsatile; N, nucléus; N', nucléole; A, cytoprocte.

VORTICELLIDÉ), la symétrie par rapport à un plan des Infusoires libres (*Stylonychia*, fig. 35). Là encore on peut constater, entre les formes des plastides considérés isolément, et les conditions dans lesquelles ils vivent, une certaine correspondance générale; mais comme toujours, lorsqu'il s'agit d'êtres vivants, aux causes extérieures qui peuvent déterminer l'apparition de certaines catégories de formes, viennent se superposer des causes internes qui en modifient profondément l'action, et qu'il n'est pas toujours possible d'apprécier. *L'hérédité vient encore compliquer le problème en permettant à certaines formes de subsister alors qu'ont disparu depuis longtemps les causes qui les ont déterminées.*

Formes diverses et divers modes de symétrie des associations de plastides. — Ces observations subsistent lorsqu'on cherche à déterminer les rapports que peuvent présenter les formes des organismes résultant *immédiatement* d'une association de plastides, avec les conditions dans lesquelles ces associations simples se constituent. Toutefois les règles se dégagent ici avec une plus grande netteté.

La très grande majorité des organismes qui vivent fixés par un point de leur

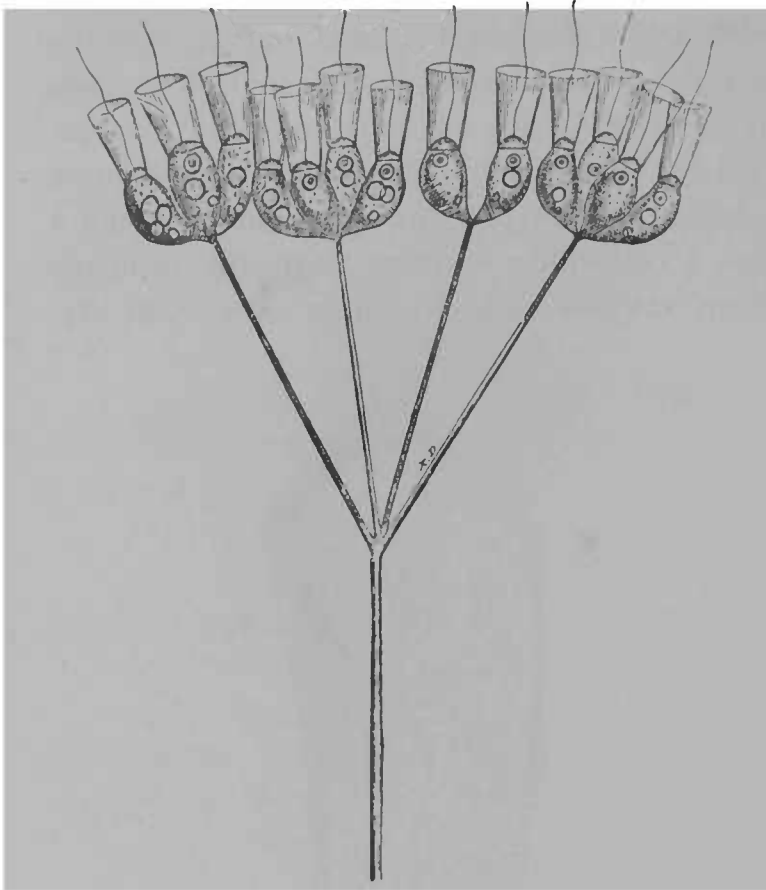


Fig. 36. — Colonie de *Codonocladium umbellatum* (d'après Stein).

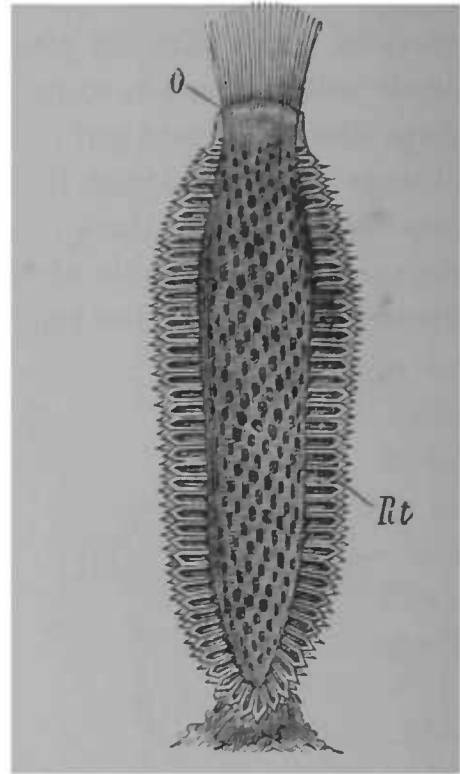


Fig. 37. — Coupe longitudinale d'un *Sycon raphanus*, faiblement grossi. — *O*, oscule avec une collerette de spicules; *Rt*, tubes radiaires qui s'ouvrent dans la cavité centrale.

corps et se dressent dans le milieu ambiant, se ramifient régulièrement (fig. 36), sont symétriques par rapport à un axe (*Éponges simples*, fig. 37, *Hydres solitaires*, etc.) ou possèdent plusieurs plans de symétrie se coupant suivant un même axe (*Coralliaires*, fig. 38).

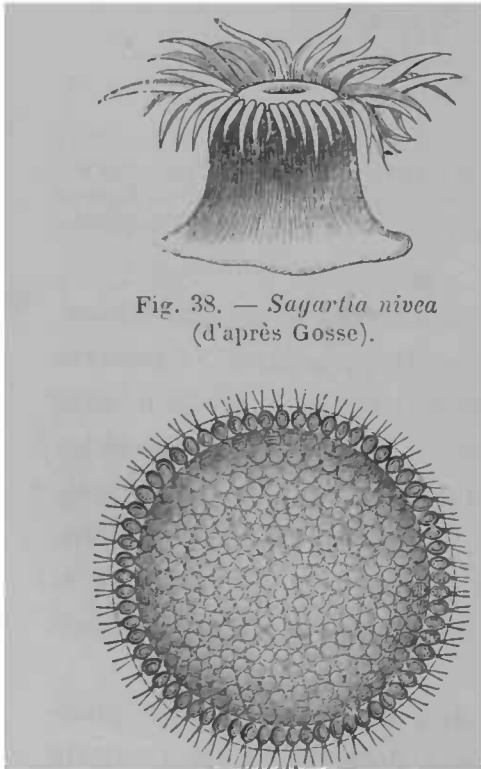


Fig. 38. — *Sagartia nivea* (d'après Gosse).

Lorsque ces organismes fixés demeurent couchés sur le sol ou flottent près de la surface de l'eau, ils sont aplatis, même dans le Règne végétal (*Ulva*, *Fucus*, thalle de nombreuses HÉPATIQUES), et l'on voit souvent se manifester chez eux une tendance à la symétrie bilatérale, la dissymétrie de milieu n'existant pour de tels organismes qu'en ce qui concerne leur face tournée vers le sol, ou *face ventrale*, et leur face tournée vers le ciel, ou *face dorsale*.

Les organismes libres n'affectent guère que deux formes : 1° la forme sphérique (fig. 39) lorsqu'ils se meuvent dans un milieu homogène, leurs organes de locomotion étant uniformément répartis (*Volvox*, *Magosphæra*) ; 2° la forme symétrique par rapport à un plan lorsque l'organisme est destiné à se mouvoir sur une surface solide, comme c'est le cas pour un très grand nombre d'animaux, les Turbellariés (fig. 40), par exemple.

Chez les Animaux inférieurs et chez les très jeunes embryons des Animaux supérieurs, une circonstance nouvelle vient préciser les conditions de la symétrie. Chez eux les plastides se disposent de manière à former deux sacs emboîtés l'un dans l'autre (fig. 41). Le sac externe s'appelle l'*exoderme*; le sac interne l'*ento-*

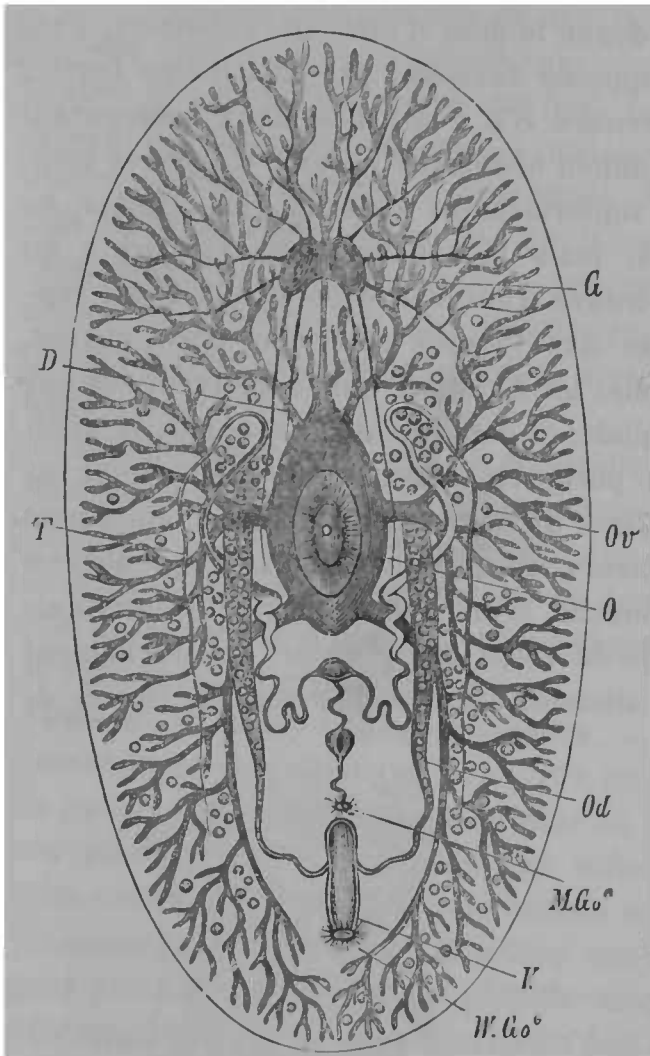


Fig. 40. — Un Turbellarié (*Polycelis pallida*), vu par transparence, d'après de Quatrefages. — *G*, ganglion cérébral avec les nerfs qui en partent; *B*, bouche; *D*, ramifications de la cavité digestive; *Ov*, ovules; *Od*, oviducte; *V*, vagin; *WGoe*, orifice génital femelle; *T*, testicule; *MGoe*, orifice génital mâle.

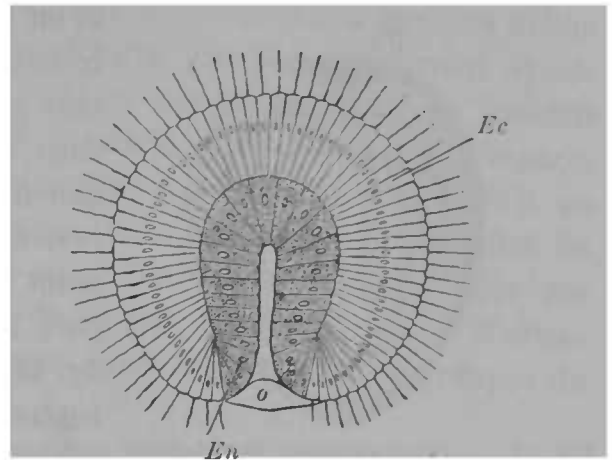


Fig. 41. — Phase de gastrula d'une larve d'Acalèphe (*Aurelia aurita*); *Ec*, ectoderme; *En*, entoderme; *o*, bouche de la gastrula (blastopore).

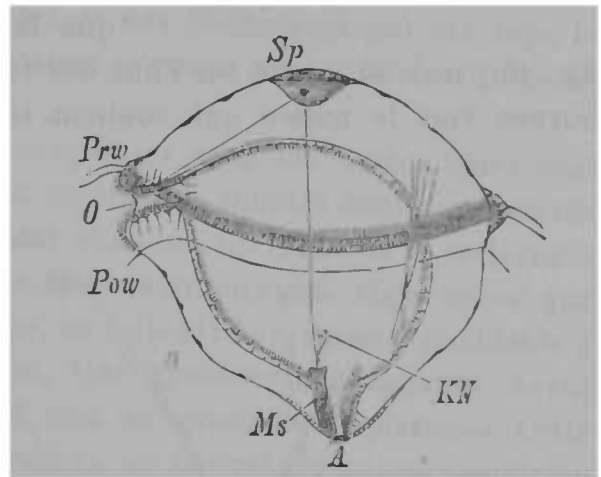


Fig. 42. — Larve de *Polygordius* (d'après B. Hatschek). — *O*, bouche; *A*, anus; *KN*, rein céphalique; *Ms*, rudiment du mésoderme; *Sp*, plaque apicale; *Prw*, couronne ciliée pré-orale; *Pow*, couronne ciliée post-orale.

derme. Dans l'espace compris entre les deux sacs se développe un tissu nouveau, issu de l'un des deux autres, le *mésoderme* (fig. 42), qui peut oblitérer complètement cet espace (ÉPONGES, POLYPES), ou s'accoler en partie à l'exoderme, en partie à l'entoderme, de manière à circonscrire une cavité nouvelle, la *cavité générale* ou *cœlome*. Le sac entodermique circonscrit lui-même une cavité qui communique avec l'extérieur par un orifice dont les bords sont formés par l'accolement de ce sac avec le sac exodermique. Cette cavité est la *cavité digestive primitive* ou *archenteron*; l'orifice est la *bouche* chez les Polypes, la *bouche primitive* ou le *prostomum* chez les embryons. Par cet orifice, qui ne demeure pas toujours la bouche définitive chez les animaux les plus élevés, les matières qui doivent servir à l'alimentation pénètrent dans la cavité entodermique, et y sont transformées en matières assimilables. Par ce même orifice, chez les animaux les plus simples, les déchets de la digestion sont rejetés au dehors.

L'existence d'une bouche détermine naturellement chez les Animaux une direction prédominante de locomotion. La nécessité de rechercher leur nourriture et de s'en emparer les oblige à se mouvoir en portant en avant l'extrémité du corps où se trouve la bouche; cette extrémité se trouve de la sorte différenciée,

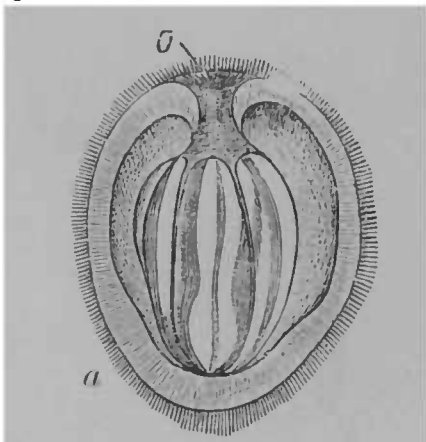


Fig. 43. — Développement de l'*Actinia mesembryanthemum* (d'après de Lacaze-Duthiers). — *a*, larve avec huit cloisons et deux cordons pelotonnés; *O*, la bouche.

et on lui donne le nom d'*extrémité antérieure*, l'extrémité opposée devenant par cela même l'*extrémité postérieure*. S'il s'agit d'animaux se mouvant dans un milieu homogène à l'aide d'organes locomoteurs uniformément répartis, les choses en restent là, mais la symétrie par rapport à un point se trouve transformée en symétrie par rapport à un axe (jeunes embryons des POLYPES, fig. 43). Chez les Animaux qui se meuvent sur une surface solide, et dont le corps est aplati, la différenciation porte, en outre, très ordinairement sur les deux faces du corps. Cette différenciation peut avoir plusieurs causes; l'une des plus fréquentes est que la bouche n'est pas exactement terminale

(fig. 40), mais se trouve sur l'une des faces du corps qui est alors habituellement tournée vers le milieu qui contient les aliments. Quelle que soit la région de

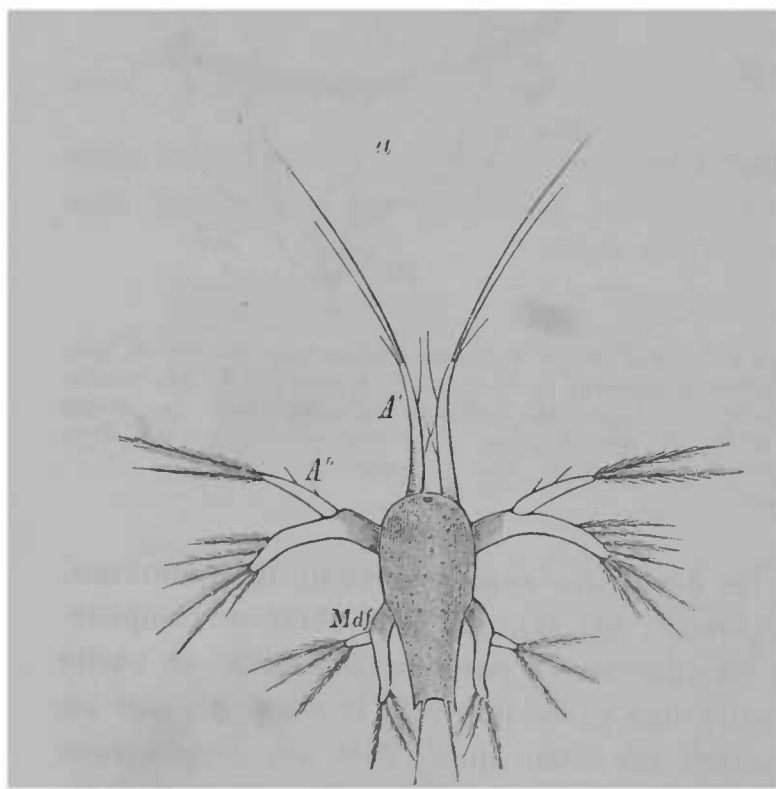


Fig. 44. — Larve *Nauplius* de *Penaeus*, vue par la face dorsale (d'après Fr. Müller). — *A'* et *A''*, antennes antérieures et postérieures.

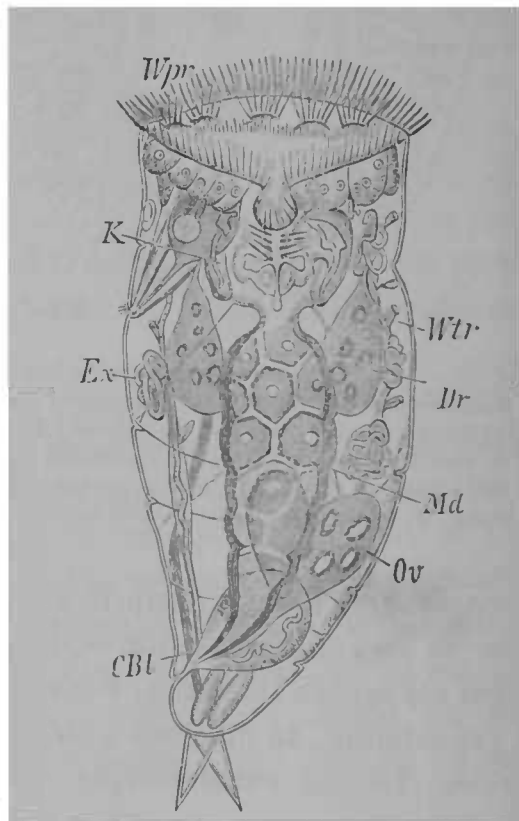


Fig. 45. — *Hydatina senta*, femelle (d'après F. Colm). — *Wpr*, appareil rotateur; *CBl*, vésicule contractile; *Wtr*, pavillon cilié de l'appareil excréteur (*Ex*); *K*, mâchoires; *Dr*, glandes salivaires; *Md*, intestin moyen; *Ov*, ovaire.

l'espace où ceux-ci doivent être puisés, les deux faces du corps n'en sont pas moins presque toujours tournées l'une vers le ciel, c'est la *face dorsale*; l'autre vers le sol, c'est la *face ventrale*. C'est ordinairement sur cette dernière qu'est située

la bouche, de sorte que l'on a pris très souvent cet orifice comme *criterium* de la face ventrale et qu'on a même quelquefois désigné cette dernière sous le nom de *face buccale*. L'animal ayant une extrémité antérieure, une extrémité postérieure, une face dorsale et une face ventrale différenciées, a par cela même un *côté droit* et un *côté gauche*, qui sont d'ordinaire presque exactement symétriques par rapport au plan médian. Les diverses parties du corps de l'animal présentent alors, par rapport à nos points habituels de repère dans l'espace, une orientation nettement déterminée. Nous verrons un peu plus tard qu'il ne faut pas confondre, comme on l'a fait souvent, cette orientation des parties de l'animal par rapport au monde extérieur avec leur orientation les unes par rapport aux autres. Il sera nécessaire de distinguer ces deux modes d'orientation lorsque nous serons amenés à comparer entre eux les divers groupes du Règne animal.

La symétrie par rapport à un plan, telle que nous venons de la définir existe, chez les très jeunes embryons d'Échinodermes (fig. 54, p. 40), chez les *nauplius* (fig. 44) ou formes embryonnaires primitives des Arthropodes, chez les Rotifères (fig. 45) et les formes embryonnaires primitives des Vers et des Mollusques qui ont reçu le nom de *trochosphères* (fig. 42), et dont l'organisation présente avec celle des Rotifères de remarquables ressemblances.

Phénomènes de bourgeonnement. — Lorsque les éléments anatomiques sont parvenus, en se multipliant, à produire un des organismes simples dont nous venons de parler, cet organisme grandit plus ou moins vite, soit par suite de la croissance des plastides eux-mêmes, soit par suite de leur multiplication. Mais après que cette croissance s'est opérée un certain temps, en laissant l'organisme semblable à lui-même, elle prend une direction nouvelle. Une protubérance apparaît, ayant pour point de départ soit un plastide unique, soit un ensemble de plastides. Cette excroissance grandit, et se transforme peu à peu en un nouvel organisme semblable à celui sur lequel elle s'est constituée : c'est ce qu'on nomme un *bourgeon*¹. Les bourgeons peuvent être très diversement constitués suivant les animaux que l'on considère. En général, les diverses couches de tissus de l'organisme simple sur lequel ils se développent, prennent part à leur formation, de sorte qu'ils contiennent dès le début les rudiments de leurs futurs appareils. Les organismes résultant de ces bourgeons peuvent, une fois formés, se séparer de l'organisme parent, dont ils conservent la simplicité, ou bien l'organisme primitif et les organismes résultant des bourgeons qui se sont successivement développés, demeurent unis, et forment tous ensemble un organisme unique, de complication très variable. La forme de cet organisme dépend en premier lieu de l'arrangement des bourgeons qui ont contribué à sa formation, arrangement différent lui-même, suivant que l'organisme est libre ou fixé au sol.

¹ Cette expression, empruntée au langage des botanistes, est, comme tant d'autres, une expression impropre quand on veut l'appliquer rigoureusement aux Animaux. Un bourgeon végétal est un rameau en voie de formation, portant des feuilles en train de se développer et dont les premières sont transformées en écailles protectrices. Les derniers éléments du bourgeon sont encore à peine différenciés, ou même pas du tout vers son sommet. Les bourgeons chez les Animaux peuvent aussi être dans ce cas; mais ils peuvent également résulter d'une simple protubérance née sur les parois du corps, et à la formation de laquelle prennent part les diverses catégories de tissus qui constituent l'animal.

Disposition des bourgeons chez les organismes fixés. — Organes et organismes radiés.

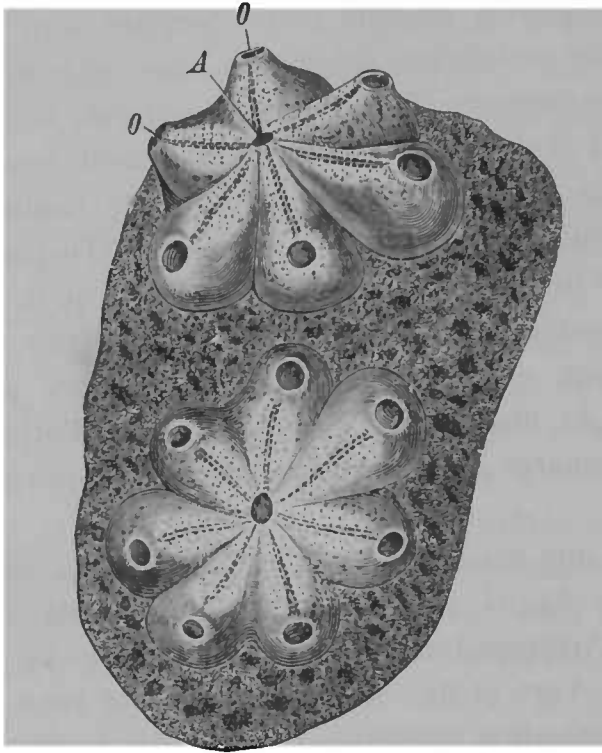


Fig. 46. — *Botryllus violaceus* (d'après H. Milne Edwards). — *O*, bouche; *A*, orifice cloacal commun d'un groupe d'individus.

— Chez les organismes fixés au sol les bourgeons peuvent présenter une orientation très variable par rapport à l'organisme sur lequel ils se développent. Tantôt l'accroissement et le bourgeonnement ne s'accomplissent que dans le sens latéral; le corps s'étale alors sur le sol, encroûte les objets sur lesquels il se développe, et, s'il demeure libre, présente souvent une face ventrale, une face dorsale ainsi qu'une plus ou moins vague symétrie bilatérale (certaines ALGUES, HÉPATIQUES, certaines LYCOPODIACÉES, etc., diverses ÉPONGES, POLY- PÈS, BRYOZOAIRES et TUNICIERS, fig. 46). Tantôt l'accroissement se produit dans le sens vertical, et les bourgeons se forment plus ou moins obliquement, sur un organisme primitif dressé; alors le corps se ramifie en tous sens et ne présente en général aucune symétrie déterminée; c'est la forme *arborescente*, si fréquente chez les végétaux supérieurs, les Eponges, les Polypes (fig. 47), les Bryozoaires (fig. 48). Cette forme arborescente n'exclut pas un certain ordre dans l'arrangement des ramifications du corps qui, si variée que soit la nature de ces ramifications,

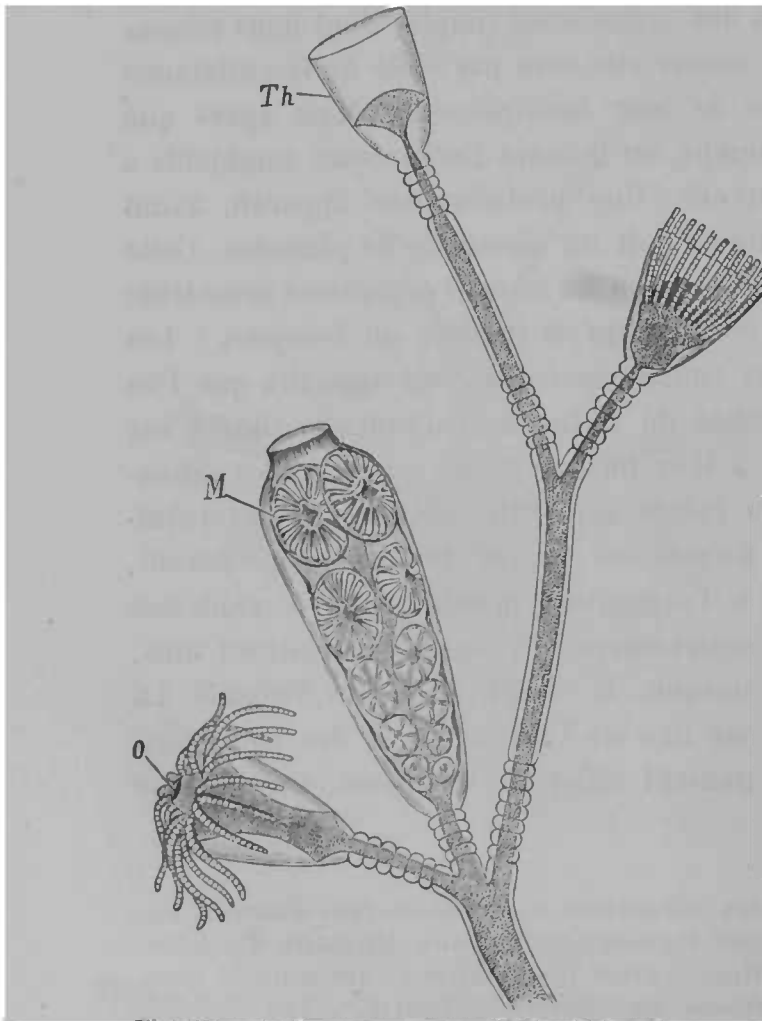


Fig. 47. — Polype à corps ramifié (*Obelia gelatinosa*). — *O*, bouche d'un Polype ramifié; *M*, bourgeons médusoides; *Th*, thèque d'un Polype nourricier.

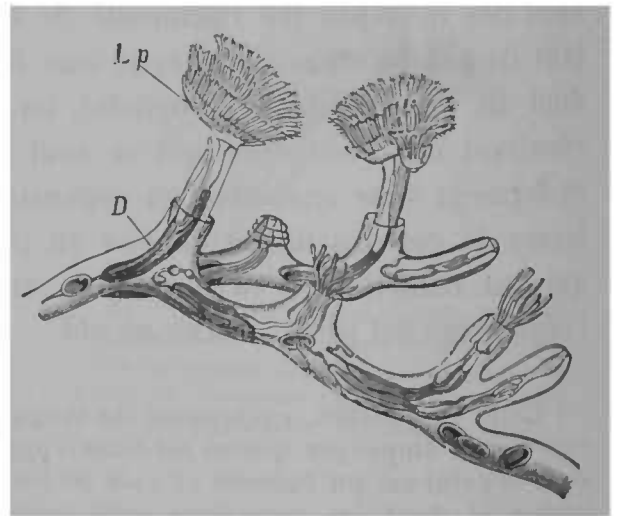


Fig. 48. — Bryzoaire (*Plumatella repens*) fortement grossi (d'après Allman). — *Lp*, lophophore; *D*, tube digestif.

est parfois remarquablement régulier (disposition rectiligne des radicelles, disposition

des feuilles et par conséquent des rameaux axillaires en verticilles ou en spirales régulières, arrangement distique des loges de Sertulaires, de Bugules, etc.).

On peut appeler *nœuds* les points où les ramifications s'attachent les unes aux autres, *entre-nœuds* les intervalles entre les ramifications consécutives.

Dans les organismes ainsi ramifiés, il peut arriver que les entre-nœuds qui séparent un certain nombre de ramifications consécutives, se réduisent au point que ces ramifications se disposent en une spirale très serrée; les exemples en sont fréquents dans le Règne végétal : feuilles de Joubarbes, écailles des cones de Conifères, bractées de l'involucre de l'Artichaut, périanthe des *Nymphæa*, des *Magnolia*, etc. Ailleurs ces ramifications se rapprochant au point de naître au même niveau, forment un *verticille*, comme chez la plupart des fleurs. On observe les mêmes faits chez les Animaux; là aussi les ramifications rapprochées en un même verticille demeurent indépendantes ou se soudent sur une partie variable de leur

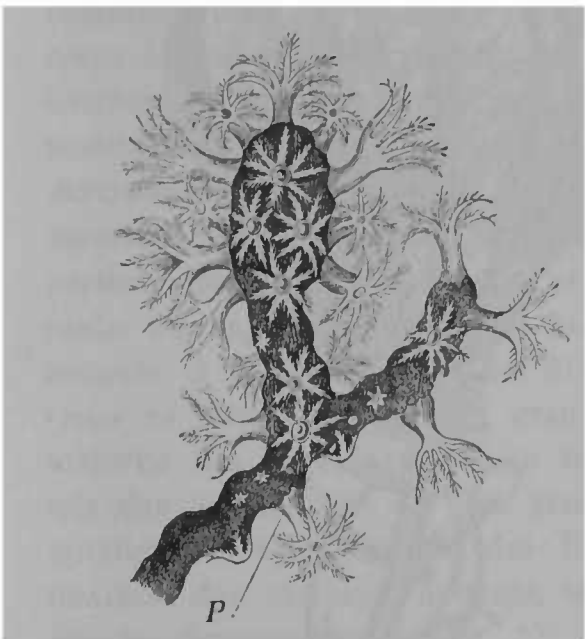


Fig. 49. — Branche d'un polypier de *Corallium rubrum*. P, Polype (d'après de Lacaze-Duthiers).

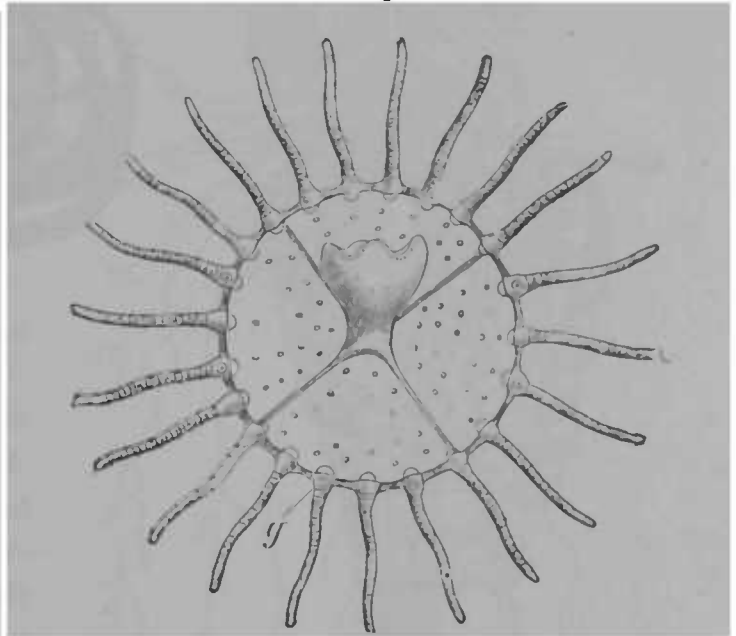


Fig. 50. — Méduse de l'*Obelia gelatinosa* encore dépourvue d'organes génitaux. g, vesicules auditives.

longueur comme chez les fleurs dialypétales ou gamopétales. Leur ensemble constitue alors des *organes* à structure radiée : tels sont les tentacules des Polypes coralliaires (fig. 49), les rayons des Méduses (fig. 50), la couronne brachiale des Crinoïdes (fig. 52), où l'arrangement des parties rappelle ce qu'on observe chez les fleurs régulières des Végétaux. Quand ces *organes* deviennent libres, comme cela arrive pour la plupart des Méduses, ils constituent autant d'*organismes* distincts, souvent capables de mener longtemps une existence indépendante, comme nous l'avons indiqué pour les fleurs de certaines Cuscutes. Bien que cette disposition rayonnée des parties soit liée à la fixation au sol dans un très grand nombre de cas, beaucoup d'*organismes* radiés appartenant au Règne animal demeurent libres toute leur vie : tels sont beaucoup de Méduses et de Coralliaires, les Etoiles de mer, les Ophiures, les Oursins et les Holothuries. Nous verrons plus tard qu'il n'est pas impossible que ces Animaux rayonnés libres doivent leur structure radiée à des ancêtres fixés.

Disposition des bourgeons chez les organismes libres. — Chez les organismes libres et mobiles autres que ceux dont nous venons de parler, les bourgeons, lorsqu'il s'en produit, se disposent en série linéaire. Le corps ne donne alors que des

ramifications latérales d'une importance subordonnée, les *membres*; et ses parties constituantes, placées bout à bout, sont souvent désignées sous les noms de *segments*, d'*anneaux* ou d'*articles*. La division du corps en articles placés en série linéaire peut d'ailleurs se manifester chez des organismes fixés : la tige des Prêles, celle des Graminées, le strobile des Discoméduses (fig. 51), en sont des exemples frappants; et il en est de même de la tige des Isidées parmi les Coralliaires, de celles des *Pentacrinus* parmi les Échinodermes (fig. 52); de sorte que si la libre locomotion concorde d'une manière presque constante avec la disposition linéaire des parties du corps, la réciproque de cette proposition est loin d'avoir le même degré de généralité. Tout se passe comme si la disposition des bourgeons en série linéaire, à laquelle rien ne

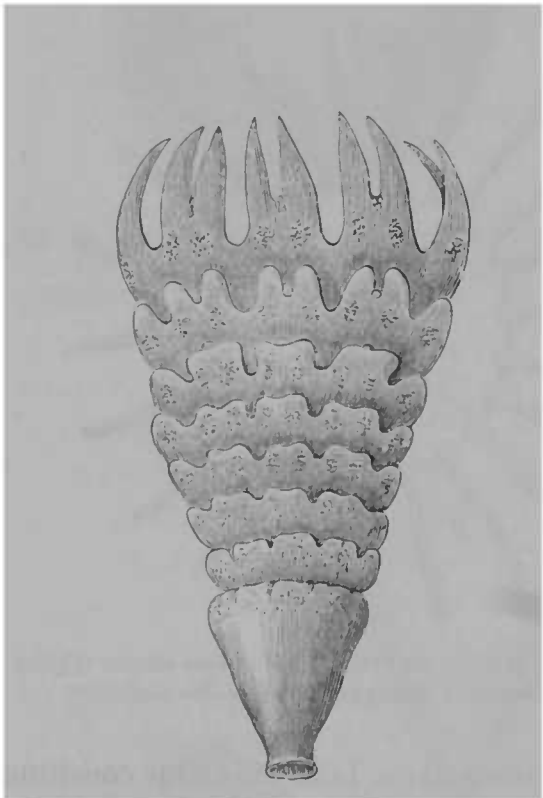


Fig. 51. — Strobile divisé en segments successifs, qui, en se séparant, constitueront autant de Méduses dites *Ephyra*.

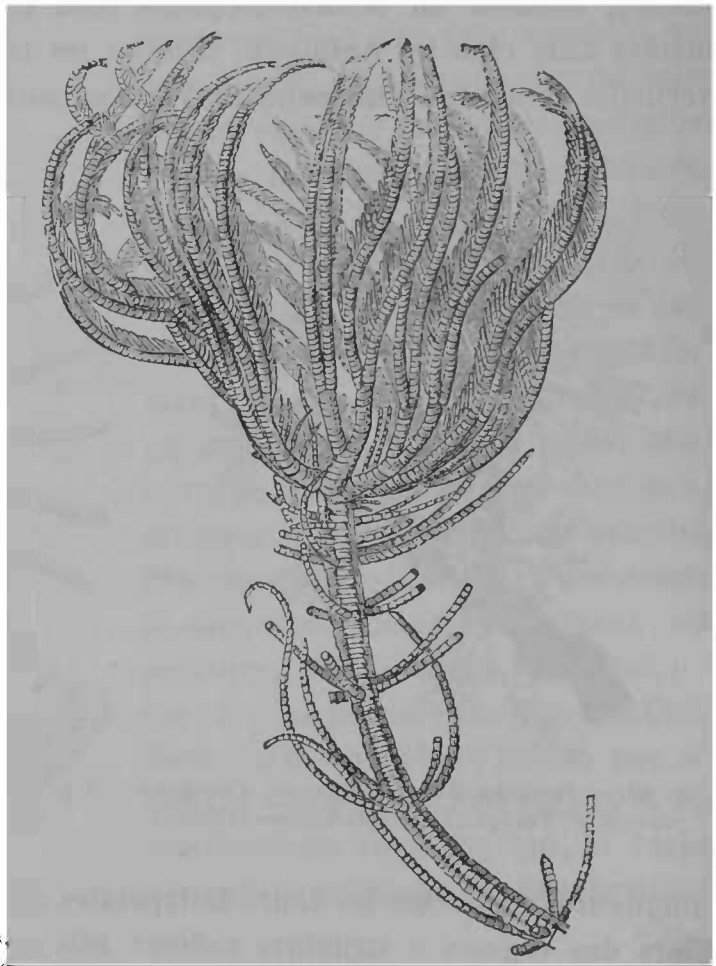


Fig. 52. — *Pentacrinus caput Medusæ* (d'après J. Müller).

s'oppose chez les organismes fixés, était la plus avantageuse pour les organismes mobiles, celle par conséquent qui devait prédominer chez eux. La division du corps en segments disposés en série linéaire est celle que présentent les animaux qui ont atteint le plus haut degré de complication organique; elle se montre, en effet, chez les Arthropodes, chez les Vers annelés et, un peu effacée, chez les Vertébrés. Cette disposition des segments n'altère en rien la symétrie bilatérale, de sorte que *tous les animaux libres, à corps segmenté, sont en même temps symétriques par rapport à un plan unique*.

Il est assez rare qu'un arrangement linéaire des parties du corps coïncide avec une ramification latérale du corps chez les animaux libres. Le corps de beaucoup d'Echinodermes est, il est vrai, ramifié latéralement et les rameaux peuvent souvent se diviser en articles placés bout à bout (fig. 52). Mais les Echinodermes se rattachent étroitement aux animaux fixés. Il n'en est plus de même d'une

Annélide parasite des Eponges, la *Syllis ramosa*, découverte par le *Challenger*, dont le corps est à la fois segmenté et latéralement ramifié ¹

Phytopzoaires et Artiozoaires. — Il résulte de ce qui précède que les parties qui s'ajoutent successivement les unes aux autres pour constituer le corps des animaux quelque peu compliqués, se disposent suivant deux types principaux :

le *type ramifié*, qui rappelle la disposition la plus ordinaire aux Plantes; le *type linéaire*, qu'on a longtemps considéré comme propre aux Animaux.

On peut donc répartir les Animaux en deux grandes divisions correspondant à ces deux *types de structure* :

1° la division des **Phytopzoaires**, qui comprend tous les animaux dont le corps est ramifié latéralement ou se compose de parties affectant une disposition rayonnée; 2° la division des **Artiozoaires**, qui comprend tous les animaux dont le corps est formé de parties placées bout à bout, et présente une symétrie bilatérale bien accusée.

A la première de ces divisions se rattachent la très grande majorité des Animaux fixés au sol, tels que les ÉPONGES, le plus grand nombre des CORALLIAIRES, des HYDRAIRES; des animaux flottants, tels que les SIPHONOPHORES (fig. 53), et des animaux à lente locomotion tels que les ÉCHINODERMES.

La seconde comprend la très grande majorité des Animaux libres, c'est-à-dire les ARTHROPODES, les VERS, les MOLLUSQUES et les VERTÉBRÉS, groupes dans lesquels se trouvent tous les Animaux à locomotion généralement rapide.

Quelle que soit la division, il ne sera pas toujours possible de l'appliquer d'une manière absolue, ainsi que vont le montrer quelques exemples.

Symétrie bilatérale chez des Phytopzoaires; symétrie rayonnée chez des Artiozoaires. — La symétrie bilatérale est présentée par tous les animaux que nous considérons habituellement comme supérieurs (Vertébrés, Vers, Arthropodes). Parmi les Mollusques, elle n'est assez profondément modifiée que chez les Gasté-

1. *Récit du Voyage du « Challenger »*, t. I, p. 631.

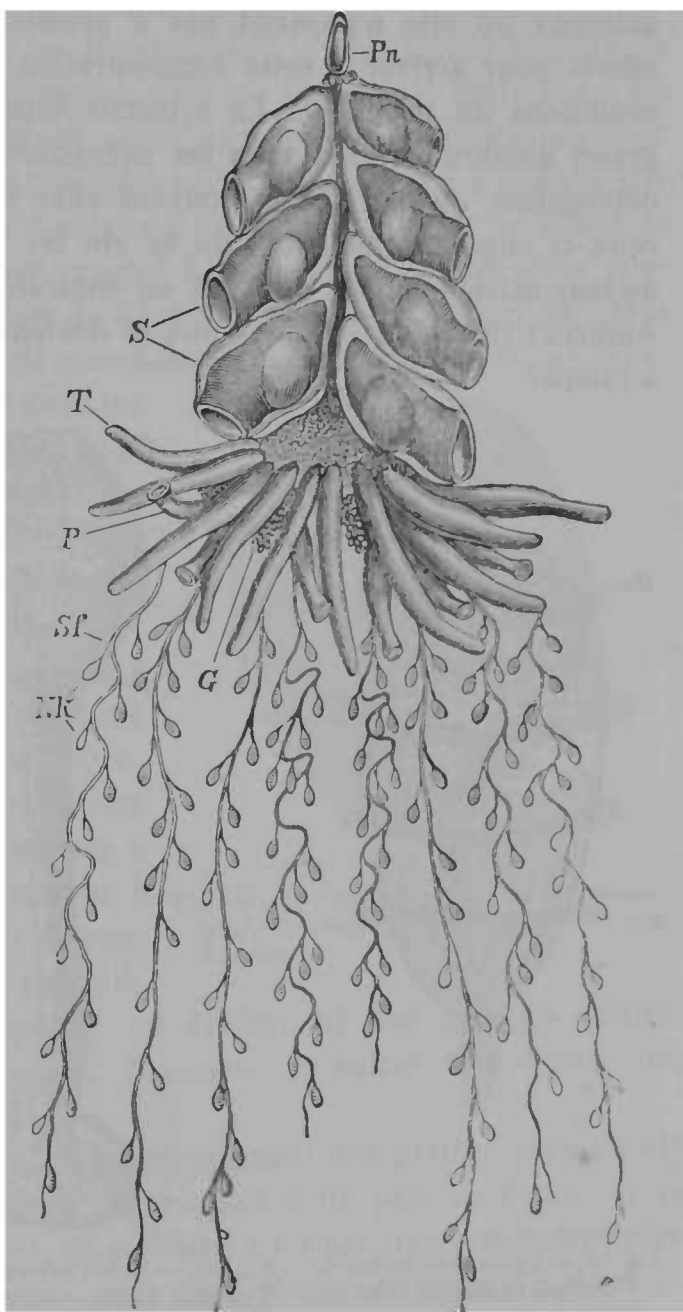


Fig. 53. — Un Siphonophore (*Physophora hydrostatica*). — Pn, pneumatocyste; S, Méduses ou cloches natatrices, disposées sur deux rangs; T, tentacules; P, Polypes nourriciers avec leurs filaments préhenseurs Sf, portant des boutons urticants Nk; G, grappes sexuelles.

ropodes dont la plupart mènent une existence exclusivement tubicole. Tant qu'on s'est borné à l'étude des Animaux supérieurs, la symétrie bilatérale a pu paraître une règle abstraite de l'organisation des Animaux, un des traits fondamentaux du plan suivant lequel ces êtres ont été construits. Les morphologistes ont donc attaché une grande importance à la démonstration de son existence, même chez les animaux où elle n'apparaît pas à première vue, et l'on fait encore de grands efforts pour arriver à cette démonstration. Il est donc nécessaire de préciser les conditions du problème. La symétrie bilatérale est si bien en rapport, dans un grand nombre de cas, avec les nécessités de la locomotion dans une direction déterminée, qu'elle s'efface souvent chez les animaux qui la présentent, lorsque ceux-ci changent au cours de la vie les conditions de leur existence; elle apparaît au contraire chez les Animaux rayonnés, lorsque ceux-ci deviennent aptes à ramper.

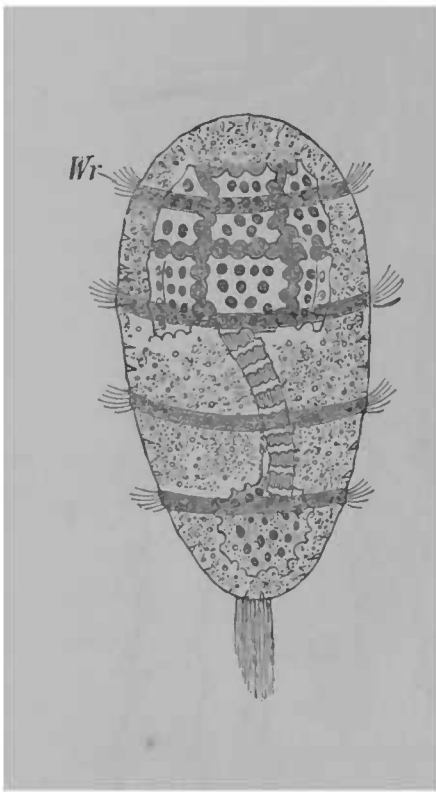


Fig. 54. — Larve vermiforme de *Comatula* (*Antedon*) avec une touffe de cils, des cercles ciliés (*Wr*) et l'ébauche des plaques calcaires (d'après Thompson).

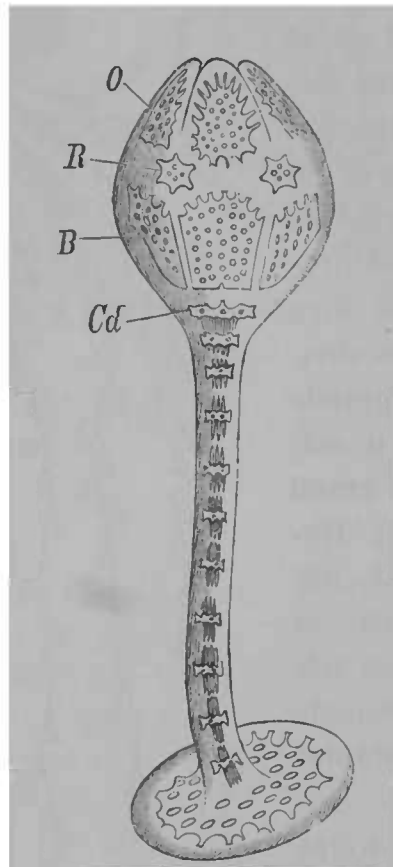


Fig. 55. — Larve cystidéenne de *Comatula* fixée. — *O*, pièces orales; *R*, pièces radiales; *B*, pièces basales; *Cd*, plaque centro-dorsale (d'après Thompson).

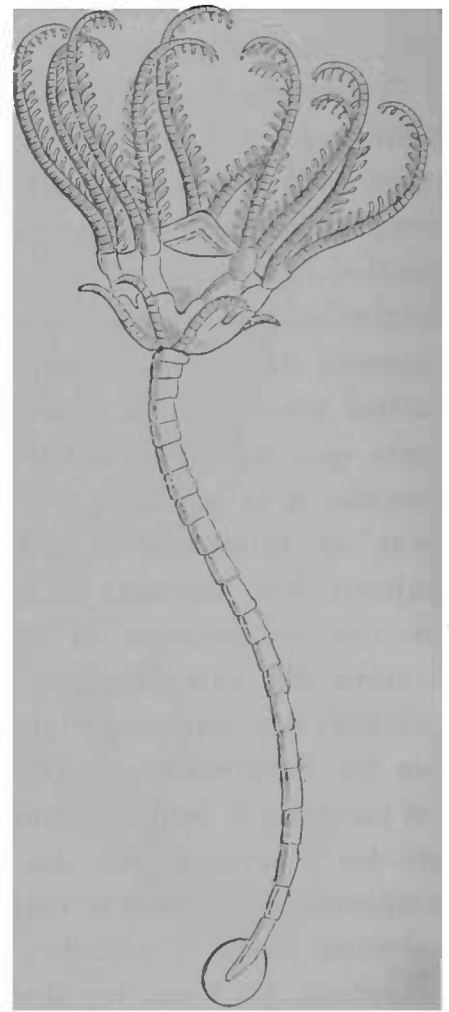


Fig. 56 — Larve phytocrinoïde de la *Comatula*, décrite sous le nom de *Pentacrinus europæus*, pourvue de bras et de cirres (d'après Thompson).

Ainsi les larves symétriques du *Leucochloridium paradoxum*, Ver parasite du foie de certains Mollusques d'eau douce (*Succinea amphibia*), se transforment dans cet organe en tubes très irrégulièrement ramifiés. La symétrie bilatérale s'efface de même chez les Géphyriens qui vivent dans des trous, et qu'à leur aspect on a pris longtemps pour des Rayonnés. Les Echinodermes présentent des faits plus frappants encore : la larve vermiforme (fig. 54) des Comatules est symétrique par rapport à un plan tant qu'elle nage librement dans l'eau de mer; cette symétrie, sans disparaître complètement, s'obscurcit déjà dans la larve cystidéenne (fig. 55) de ces animaux qui est fixée, et succède à la larve vermiforme; enfin quand

des ramifications latérales apparaissent sur cette larve fixée et que la *larve phytocrinoïde* se constitue, ces ramifications se disposent suivant le type rayonné (fig. 56). Il en résulte que, chez l'animal adulte, la partie centrale du corps issue d'une simple métamorphose de la larve cystidienne présente une symétrie bilatérale assez accusée, tandis que la partie périphérique présente au contraire la symétrie rayonnée la plus nette.

L'inverse a lieu chez les Oursins et les Holothuries : le plus grand nombre de ces Animaux rayonnés se meuvent indifféremment en tous sens; mais il en est parmi eux dont la locomotion s'accomplit aussi dans un sens déterminé; chez ceux-là, la symétrie rayonnée de la partie périphérique du corps ne s'efface pas complètement, mais les rayons, tout en demeurant reconnaissables, se modifient de façon à se disposer symétriquement par rapport à un plan. La modification consiste, chez les Oursins, dans le transfert de l'anus à la face inférieure du corps (CLYPÉASTROÏDES), ou dans le déplacement simultané de la bouche et de l'anus (SPATANGOÏDES, fig. 57), le corps s'allongeant dans les deux cas suivant la ligne ano-buccale, de manière à devenir symétrique par rapport à un plan vertical passant par les deux orifices du tube digestif; de plus la face ventrale se différencie nettement de la face dorsale. Chez les Holothuries, qui se meuvent en général couchées sur un de leurs côtés et dont les orifices du tube digestif sont terminaux, la modification s'accomplit autrement: le corps s'aplatit de manière à former une sole ventrale, correspondant à trois des rayons du corps, qui fournissent à eux seuls les organes locomoteurs; les appendices dépendant des deux rayons restants, devenus les rayons dorsaux, s'atrophient ou deviennent des organes tactiles (*Psolus*, *Elpidia*, *Oneirophanta*, *Psychropotes*, *Peniagone* et autres Holothuries des grandes profondeurs).

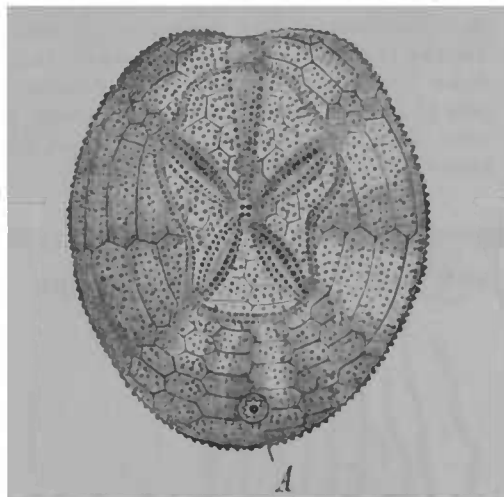


Fig. 57. — Oursin spatangoïde (*Brissopsis lyrifera*) symétrique par rapport à un plan. A, anus.

L'influence du genre de vie sur le mode de groupement des parties se manifeste encore lorsque des animaux symétriques par rapport à un plan se fixent, et se multiplient ensuite par bourgeonnement, de manière à former une association plus ou moins compliquée. Cette association peut être alors encroûtante (*Membranipora*, *Cellepora*, etc., parmi les BRYOZOAIRE, le plus grand nombre des ASCIDIÉS composées), ramifiée (*Pedicellina*, *Bugula*, *Bowerbankia*, etc., parmi les BRYOZOAIRE; *Perophora*, *Clavelina*, parmi les ASCIDIÉS); ou présenter même une disposition rayonnée de ces parties comme chez les Phytozoaires (*Botryllus*, fig. 46, p. 36, et à un moindre degré *Amarœcium* parmi les ASCIDIÉS composées).

On ne saurait méconnaître la signification de ces faits; mais il ne faudrait pas en conclure que partout où la symétrie bilatérale apparaît, elle soit due aux mêmes causes; une déformation quelconque, due à une cause quelconque, d'un corps symétrique par rapport à un axe, le rapproche nécessairement de la symétrie bilatérale. C'est ainsi qu'à côté des fleurs des végétaux dites *régulières* ou dont la structure est *rayonnée*, il y a des fleurs dites *irrégulières* ou mieux *zygomorphes*, qui sont

symétriques par rapport à un plan passant par leur pédoncule et l'axe du rameau qui les supporte (ORCHIDÉES, PAPILIONACÉES, SCROPHULARIÉES, LABIÉES). La symétrie bilatérale apparaît de même chez les Végétaux dans beaucoup d'autres circons-

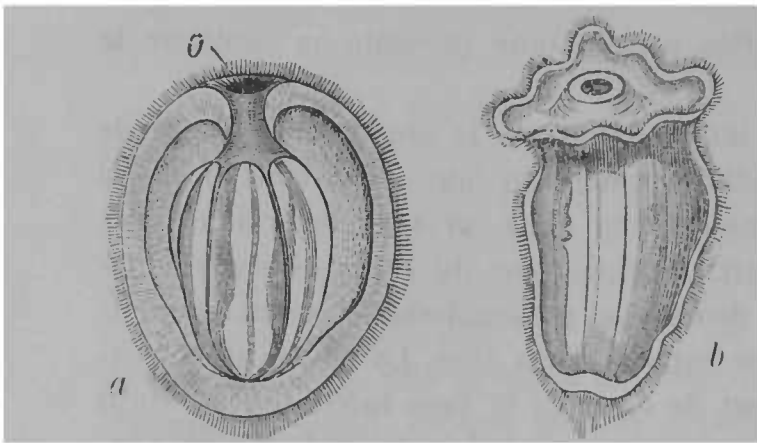


Fig. 58. — Jeunes larves de l'*Actinia mesembryanthemum* symétriques par rapport à un plan (d'après de Lacaze-Duthiers). — *a*, larve avec huit cloisons et deux cordons pelotonnés; *O*, la bouche; *b*, larve un peu plus avancée, à symétrie bilatérale plus accusée avec l'ébauche de huit tentacules dont un impair plus grand que les autres.

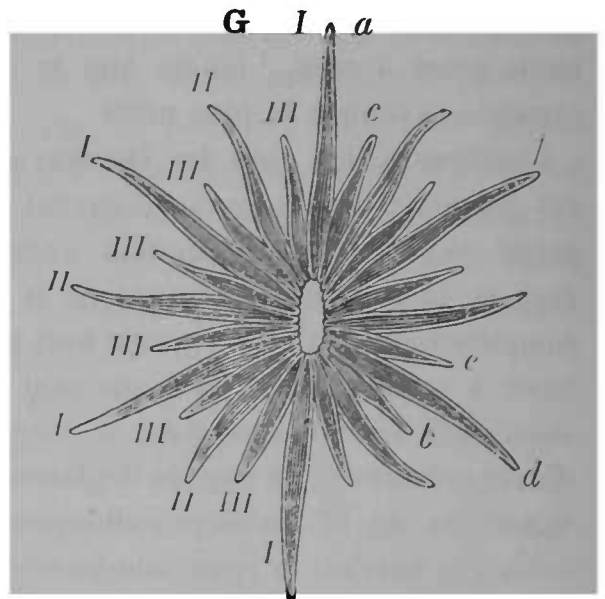


Fig. 59. — Bouche et tentacules d'une *Actinia mesembryanthemum* plus âgée, vus par la face orale (d'après de Lacaze-Duthiers).

tances; il n'est donc pas étonnant qu'elle puisse se manifester aussi chez les Animaux pour d'autres causes que les nécessités de la locomotion. En particulier

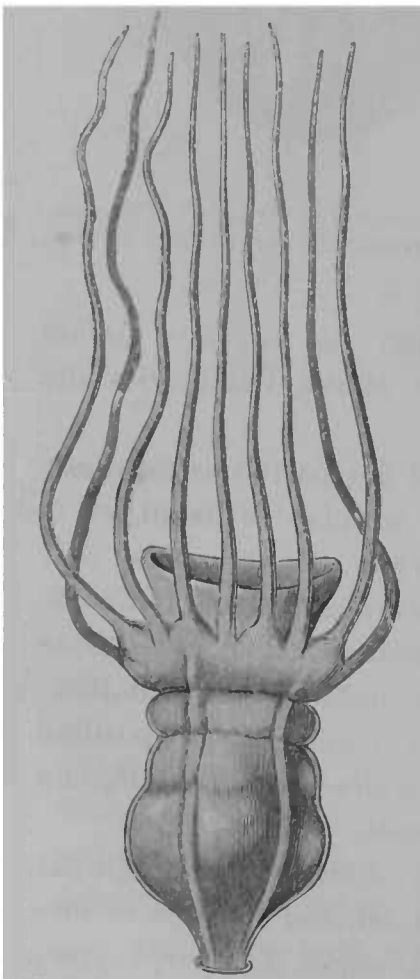


Fig. 60. — Commencement de la strobilation du Scyphistome.

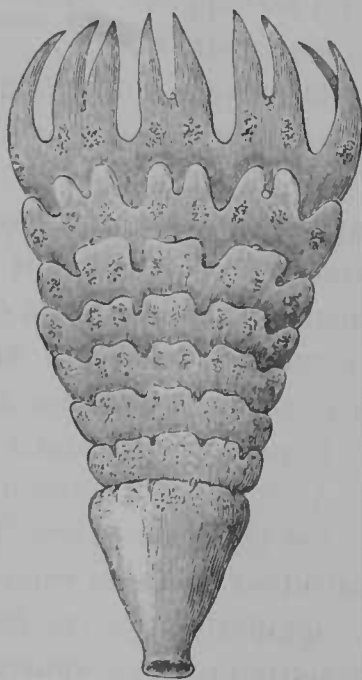


Fig. 61. — Strobile divisé en disques successifs, qui en se séparant constitueront autant d'*Éphyrae*.

chez les organismes ramifiés les parties des rameaux tournées vers le corps et celles qui sont tournées vers le milieu ambiant ne sont pas dans les mêmes conditions biologiques; elles sont par conséquent en situation de présenter une symétrie bilatérale plus ou moins accusée. Les traces de symétrie bilatérale que présentent les Polypes coralliaires dans leur mode de développement (fig. 58 et 59) ou dans leur structure interne, et qui ont vivement frappé d'éminents observateurs, pourraient donc s'expliquer par le mode même de croissance de ces polypes, ou par leurs liens généalogiques avec des animaux ramifiés. Il faudrait bien se garder d'y voir la preuve incontestable d'une parenté de ces animaux avec des animaux segmentés, mobiles, tels que les Vers annelés.

D'autre part tout animal rayonné, dont le nombre des rayons sera pair, pourra être considéré comme symétrique par rapport à un plan : c'est le cas des Méduses (fig. 26, p. 25, fig. 50, p. 37, fig. 60 et 61) et des Cténophores.

Différenciation des parties du corps. Division du travail physiologique entre les mérides d'un zoïde; les mérides et les zoïdes d'un dème. — Les parties du corps, nées les unes des autres par bourgeonnement, morphologiquement équivalentes, sont loin de garder le même aspect quelle que soit la place qu'elles occupent dans l'organisme qu'elles constituent, elles sont souvent *différenciées*, dès le début de leur apparition, et les modifications de forme qu'elles présentent, correspondent, en général, à une spécialisation dans leur fonction. De même que nous avons vu s'effectuer une *division du travail physiologique* entre les plastides associés, de même les fonctions physiologiques se répartissent entre elles de façons diverses; les phénomènes que nous avons vus se réaliser pour les plastides se reproduisent pour les unités nouvelles qu'ils contribuent à former par leur association. Ainsi chez les Végétaux les feuilles peuvent se montrer sous les formes les plus diverses : feuilles proprement dites, écailles, épines, vrilles, bractées, sépales, pétales, étamines, carpelles; de même dans le Règne animal les rameaux composant le corps de certains Polypes peuvent présenter jusqu'à sept formes distinctes; on trouve, par exemple chez les Hydractinies (fig. 62), des polypes tactiles, préhenseurs (*d*), défenseurs (*a* et *c*), nourriciers ou porteurs de bourgeons sexués (*e*), les uns mâles, les autres femelles. Ce sont des parties ainsi différenciées qui constituent les Méduses. Cette différenciation s'observe aussi bien lorsque le corps est segmenté que lorsqu'il est ramifié, et comme, dans ce dernier cas, un certain nombre de segments consécutifs sont souvent modifiés de la même façon, elle aboutit à la division des corps en *régions*. Ainsi nombre d'Arthropodes présentent un *céphalothorax* et un *abdomen* (CRUSTACÉS supérieurs, ARACHNIDES), ou une *tête*, un *thorax* et un *abdomen* (INSECTES); une division analogue existe chez certaines Annélides tubicoles, et les Vertébrés eux-mêmes présentent, en général, quatre régions du corps parfaitement distinctes : la *tête*, le *cou*, le *tronc* et la *queue*.

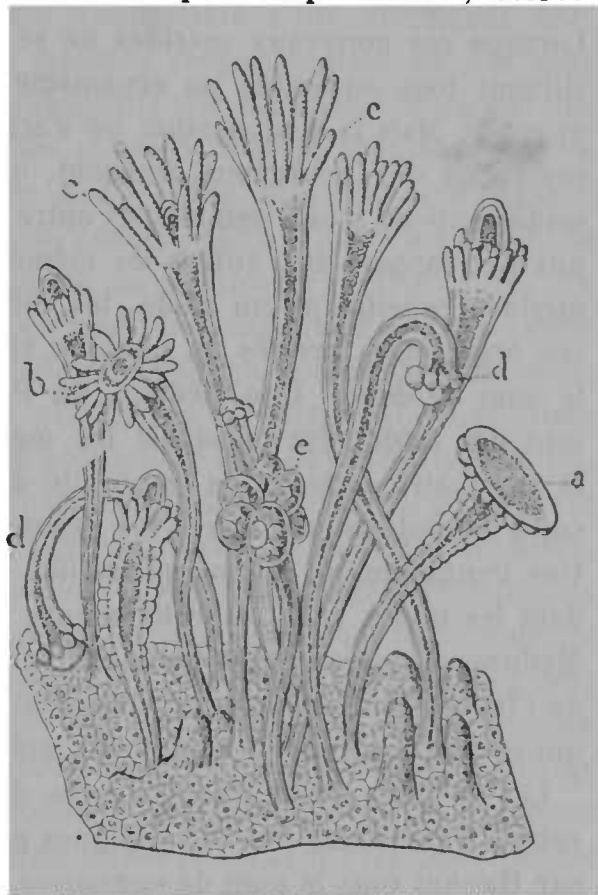


Fig. 62. — Colonie d'*Hydractinia echinata*. — *a*, Polype nourricier contracté la bouche ouverte; *b*, Polype reproducteur portant des sporosacs; *c*, Polypes nourriciers épanouis; *d*, Polypes astomes, préhenseurs tactiles (d'après Allman).

Chacune des régions du corps où les segments sont différenciés dans le même sens se comporte, à beaucoup d'égards, comme un organisme indépendant; il devient donc nécessaire, pour la clarté du langage, de donner un nom aux diverses unités qui se superposent, en se groupant de façons variées, pour constituer

un organisme d'un degré donné de complication. Nous avons vu que Hæckel appelait *plastides* les éléments anatomiques constituant le corps des animaux. Les plastides issus par voie de filiation ininterrompue de l'œuf forment d'abord, en demeurant associés, des organismes tels que la *planule* ou larve des polypes, le *nauplius* (fig. 42, p. 33) ou larve des Crustacés inférieurs, la *trochosphère* (fig. 44, p. 34) ou larve des Annelides. Nous appellerons ces organismes simples des *mérides*.

Les mérides, une fois constitués, comme résultat de la segmentation de l'œuf, peuvent demeurer isolés ou continuer leur évolution en produisant des bourgeons, qui deviennent eux-mêmes des mérides analogues à ceux d'où ils sont issus. Lorsque ces nouveaux mérides ne se séparent pas les uns des autres, ils constituent tous ensemble un organisme complexe, auquel nous donnerons le nom de *zoïde*. Mais la complication ne s'arrête pas là : le bourgeonnement et la différenciation des bourgeons amènent, en se répétant, la constitution de plusieurs zoïdes plus ou moins semblables entre eux, qui demeurent unis, et contractent les uns par rapport aux autres les mêmes relations physiologiques que les différents mérides constituant un zoïde, les différents plastides constituant un méride. A ces organismes arrivés en quelque sorte à la quatrième puissance nous donnons le nom de *dèmes*. Une Méduse, un Polype coralliaire, une Néréide, un Lombric sont des zoïdes dans lesquels les mérides sont respectivement : le manubrium et les quatre secteurs de l'ombrelle de la Méduse; le sac stomacal et les tentacules du Polype coralliaire; les segments du corps de la Néréide ou du Lombric. Une Pennatule, un Siphonophore (fig. 53, p. 39), un Insecte ont la valeur de dèmes dont les zoïdes sont respectivement : les Polypes coralliaires de la Pennatule, les Méduses associées à des polypes hydriques du Siphonophore; les régions du corps de l'Insecte (tête, thorax et abdomen) composées chacune de plusieurs segments, qui ont eux-mêmes la valeur des mérides.

Les mérides constitutifs du corps des animaux segmentés (ANNELIDES, ARTHROPODES, VERTÉBRÉS) ont été désignés par Moquin-Tandon sous le nom de *zoonites*, par Hæckel sous le nom de *métamères*, termes qui sont fréquemment employés; ces mêmes mérides deviennent des *antimères* pour Hæckel, lorsqu'ils sont disposés en rayonnant autour d'un centre. Mais ce mot *antimère* s'entend des portions d'organisme disposées en rayons, quelle que soit la constitution de chaque rayon; un antimère peut tout aussi bien être un dème ou un zoïde qu'un méride. C'est ainsi que Hæckel applique également la dénomination d'antimère à un tentacule de Polype coralliaire, à un bras d'Etoile de mer, à l'une des Ascidies d'un groupe de Botrylles, bien que ces parties puissent avoir une constitution morphologique toute différente : nous réserverons exclusivement la dénomination de *méride* aux êtres dans le corps desquels ni l'organisation de l'adulte, ni le mode de développement, ni la morphologie comparative, ne permettent de reconnaître une division évidente ou masquée à des degrés divers par la coalescence des parties, en rameaux, rayons ou segments, ayant tous la même constitution. Rien n'empêche du reste de distinguer parmi les mérides des *antimérides* et des *métamérides* ou même d'employer, par abréviation, à la place de ces deux mots, les mots analogues employés par Hæckel. Lorsqu'on veut désigner un ensemble tel qu'une Pennatule, un Ténia¹.

¹ C'est, on le verra plus tard, une question de savoir si les segments des Ténias sont des *mérides* ou des *zoïdes*.

un Pyrosome, on peut employer, à l'exemple de M. de Lacaze-Duthiers, les mots *zooanthodème*, *helminthodème*, *ascidiodème*. Il serait avantageux également, au point de vue de la précision de la langue morphologique, d'employer des termes tels que *spongoméride*, *hydroméride*, *bryoméride*, *coralliozoïde*, *ascidiozoïde*, pour désigner les parties constituant une Éponge composée, une Méduse, un Hydraire ou un Bryozoaire ramifiés, une arborescence de Polypes coralliaires, une Pennatule, un Pyrosome.

Individus et colonies. — De même que les plastides nés les uns des autres, qui constituent un organisme déterminé, conservent une réelle indépendance réciproque, les mérides, les zoïdes qui demeurent unis entre eux, gardent également vis-à-vis les uns des autres une part variable d'autonomie. Cette autonomie leur permet souvent, au cours de la vie, de se modifier respectivement en des sens divers, suivant les actions spéciales qu'ils subissent; elle s'accuse encore par les formes différentes que les mérides et les zoïdes peuvent prendre spontanément en apparence, c'est-à-dire sous la seule influence de l'hérédité. Elle peut être poussée à un tel degré que chaque méride d'un zoïde, chaque zoïde d'un dème paraît se comporter, et se comporte effectivement comme un organisme parfait. Après un temps plus ou moins long de vie commune, ces mérides et ces zoïdes peuvent même se séparer, mener une existence tout à fait indépendante, ou bourgeonner de nouveau et reformer des zoïdes et des dèmes semblables à ceux dont ils faisaient d'abord partie. Ainsi les Hydres d'eau douce produisent de nouvelles Hydres qui, au lieu de demeurer unies, comme chez la plupart des Hydraires marins, se séparent au fur et à mesure de leur formation; les Scyphistomes, qui sont des Méduses, produisent également de nouveaux Scyphistomes; divers Turbellariés rhabdocèles (*Microstomum*, fig. 28, p. 27, *Stenostomum*, *Catenula*, *Alaurina*, etc.) sont dans le même cas et, nous l'avons vu p. 25, cette dissociation du corps s'observe encore chez des Vers annelés tels que les Myrianides, les Autolytes (fig. 29, p. 26) et les Naïdiens. Aux groupes zoologiques dans lesquels on observe cette séparation des mérides d'un même zoïde, des zoïdes d'un même dème, appartiennent souvent des espèces qu'on ne trouve ordinairement qu'à l'état de mérides ou de zoïdes isolés. Ainsi les *Olynthus*, les *Euplectella* parmi les Éponges; les *Hydra*, les *Myriothela*, les *Corymorpha*, certaines *Tubularia* parmi les Hydraires; les Trachyméduses, les Stauiroméduses, les Discoméduses dans le même embranchement; les Actinies, les Caryophyllies, une foule de Polypiers des grands fonds, parmi les Coralliaires, etc. Par une extension naturelle du langage créé pour les animaux supérieurs, on applique à ces mérides ou à ces zoïdes isolés la dénomination d'*individus*. Il en résulte que lorsque des mérides ou des zoïdes analogues, nés par bourgeonnement sur un méride primitif, ne se séparent pas, le zoïde formé par ces mérides, le dème formé par ces zoïdes apparaissent comme une *association d'individus distincts*; on a cru voir là un mode d'existence des animaux inférieurs, opposé à celui que mènent les animaux supérieurs, généralement *isolés*, et l'on a donné le nom de *colonies* aux groupes de mérides ou de zoïdes dont les éléments, relativement indépendants, étaient facilement assimilables à des mérides ou à des zoïdes vivant à l'état solitaire. C'est ainsi que l'on dit ordinairement une *colonie d'Hydres*, une *colonie de Polypes coralliaires*, une *colonie de Bryozoaires*, une *colonie d'Ascidies*. On n'en a pas moins continué à considérer comme des *unités indivisibles*, des *individus simples*, des êtres tels que les Arthropodes ou les Vers annelés, bien que leur corps soit formé de segments aussi distincts que les

mérides et les zoïdes des colonies que nous venons d'énumérer, mais dont on ne retrouve pas les équivalents vivant à l'état isolé. Alors s'est posée la question de savoir si des organismes tels qu'une Pennatule, un Siphonophore, un Tenia étaient des colonies ou des individus, question qui a été vivement débattue pour chacun de ces cas particuliers. Plus tard la question a été soulevée à propos de la constitution du corps des Vers annelés, des Arthropodes et des Vertébrés; elle a même été étendue à la constitution morphologique des Végétaux pourvus de feuilles. Il résulte de tout ce que nous venons de dire que les difficultés que l'on s'est ainsi proposées, résultent tout simplement de ce qu'on a cru représenter, par les mots *colonie* et *individu*, deux états opposés des organismes, états dont l'opposition n'existe pas dans la nature. Il suffit pour rendre inutile toute discussion à cet égard de chercher dans la comparaison du corps ramifié des Phytozoaires et du corps ramifié des Plantes l'explication de phénomènes qui n'ont paru obscurs et exceptionnels que parce qu'on s'est efforcé de transporter dans l'étude des Phytozoaires et des Artiozoaires inférieurs des conceptions uniquement suggérées par l'étude des Artiozoaires les plus élevés.

Les botanistes n'agitent plus la question de savoir si un arbre est ou non une colonie de *rameaux*, de *phytons* ou de *feuilles*. Pour eux, comme pour le vulgaire, tout arbre, toute plante phanérogame est le résultat du développement de l'embryon contenu dans la graine et ne représente, comme lui, *tant que ses diverses parties demeurent unies entre elles*, qu'un seul et même organisme, qu'un seul et même individu dont les ramifications peuvent offrir diverses sortes de différenciations; mais, nous l'avons vu, ces parties peuvent être séparées artificiellement ou s'isoler naturellement les unes des autres; chacune de ces *boutures*, si elle continue à vivre, constitue alors un organisme, un individu nouveau.

On a quelquefois proposé de considérer les parties détachées naturellement ou artificiellement du corps d'un autre organisme, comme continuant à former virtuellement avec lui ce qu'on devait appeler l'*individu*; c'est là une conception métaphysique inutile, et qui ne tendrait à rien moins qu'à rendre inintelligible la notion même de l'individualité, car tout être vivant se constitue aux dépens d'une partie détachée d'un être vivant antérieur. Nous considérons, en conséquence, comme un individu ou un organisme *tout ensemble de parties, capable de vivre par lui-même, formé de plastides ayant une même origine, et unis entre eux soit par continuité protoplasmique, soit par simple contact, soit par l'intermédiaire d'une substance inerte produite par eux*.

De la définition de l'individu, il faut écarter le degré d'indépendance des plastides ainsi associés, leur groupement préalable en mérides ou en zoïdes, le degré d'indépendance des mérides ou des zoïdes; il faut également en écarter la question de savoir si l'organisme que l'on considère provient d'un œuf ou d'une portion plus ou moins complexe d'un individu préexistant. Il suit de là que ce qu'on appelle ordinairement une *colonie de Polypes hydriques*, une *colonie de Polypes coralliaires*, une *colonie de Bryozoaires*, une *colonie d'Ascidies*, est un individu, un organisme, au même titre qu'un Lombric, un Insecte, un Poisson. Dans ces colonies les mérides ou les zoïdes présentent, en effet, les mêmes moyens d'union que les segments du corps d'un Ver; les éléments nerveux établissent souvent entre eux la communauté des sensations; des canaux transportent fréquemment de l'un à

l'autre, les matières alimentaires élaborées (HYDRAIRES, CORALLIAIRES); les œufs mêmes, en se formant dans des parties de l'organisme qu'on ne saurait attribuer à un méride déterminé (HYDRAIRES), affirment qu'ils n'appartiennent à aucun d'eux en particulier et qu'ils représentent l'ensemble de l'organisme comme chez les animaux les plus élevés. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que les plastides mérides et zoïdes, qui résultent du développement de cet œuf, puissent revêtir, dans un ordre déterminé, les diverses formes qui résultent de leurs différenciations successives; que dans une colonie d'Hydriaires, par exemple, les diverses sortes de mérides observées se montrent toujours à la même place et à la même période du développement. Il n'y a là rien qui diffère de ce que nous montre le développement d'une plante ou d'un animal supérieur; à aucun point de vue l'histoire des colonies ne s'écarte de celle des organismes ordinaires. Entre les organismes tels que nous venons de les définir, il n'y a en somme de différence que dans le degré de solidarité des parties qui les composent. Ces parties conservent, en général, une grande indépendance dans les organismes ramifiés (Végétaux et Phytozoaires et dans un certain nombre d'Artiozoaires); elles sont, au contraire, étroitement solidarisées dans les Artiozoaires les plus élevés, si bien que toute partie séparée de l'ensemble est ordinairement condamnée à mourir, et que cette séparation amène souvent la mort de l'ensemble lui-même. Cette étroite solidarisation, cette *indivisibilité* des organismes supérieurs a donné naissance à la conception particulière de l'*individualité* qu'on a essayé à tort d'étendre aux organismes inférieurs, puisqu'elle n'est au contraire que le résultat d'une modification de l'état de ces organismes, dont on peut suivre pas à pas tous les progrès.

Dissociation du corps. — Scissiparité; reproduction par bourgeonnement, par division. — Lorsque la solidarité entre les parties constituant un organisme est faible, ces parties peuvent être séparées les unes des autres, continuer à vivre après cette séparation et reproduire un organisme semblable à celui d'où elles ont été détachées. Cette séparation peut se produire spontanément, au fur et à mesure de la formation des mérides ou des zoïdes successifs, aussi bien si les parties nouvellement formées se disposent en ramification latérale (*Hydra*, *Scyphistoma*, *Blastotrochus*, fig. 27, p. 25), que si elles demeurent dans l'axe de l'organisme parent (INFUSOIRES CILIÉS, Strobiles des DISCOMÉDUSES, *Fungia*, *Microstomum*, *Stenostomum*, *Nais*, etc.). On a fréquemment donné à ce mode de développement accompagné de *dissociation du corps*, à ce *développement dissocié*¹, le nom de *blastogénèse* ou de *reproduction par bourgeonnement* dans les cas de la ramification latérale, de *scissiparité* ou *reproduction par division*, dans le cas du bourgeonnement linéaire. L'ensemble de ces phénomènes a été aussi désigné sous le nom de *reproduction asexuée*, qui a été étendu à quelques autres assez différents. Mais ces dénominations semblent impliquer entre les phénomènes de dissociation et ceux qui suivent immédiatement la fécondation de l'œuf une assimilation qui est inexacte. La prétendue *reproduction asexuée* n'est en fait que la séparation des parties qui constituent un même corps en voie de développement; elle n'est au fond qu'un simple accident des phénomènes de développement et pas du tout un phénomène de reproduction, au sens propre du mot. Il convient donc de réserver la dénomi-

¹ Voir Van Tieghem, *Traité de Botanique*, p. 909.

nation de *phénomènes de reproduction* à ceux qui concernent le développement des gamètes et de leur union. Peu importe, au point de vue purement morphologique, que les parties du corps issu de ces gamètes ne forment qu'une seule unité physiologique, un seul organisme, ou se séparent pour former plusieurs organismes, plusieurs *individus* distincts. On peut appliquer à la formation de ces nouveaux individus le nom de *métagenèse*¹.

Prétendue génération alternante. — Hétérogenie. — La dissociation des parties d'un même corps peut avoir lieu aussi bien lorsqu'il s'agit de parties semblables entre elles que lorsqu'il s'agit de parties différenciées. La différenciation des parties qui se séparent, entraîne, en général, une adaptation à une fonction déterminée. Les adaptations les plus fréquentes ont trait à la fonction de reproduction, soit que l'individu qui s'isole produise lui-même les éléments génitaux (DISCOMÉDUSES, *Syllis*), soit qu'il en reçoive simplement le dépôt et se borne à assurer leur maturation (nombreuses HYDROMÉDUSES, *Salpa*). Cet individu peut être formé d'un groupe de mérides; il présente naturellement, dans ce cas, une constitution beaucoup plus complexe que celle des mérides qui demeurent associés. Si, considérant ces mérides comme les véritables individus, on admet qu'ils ont engendré directement l'individu complexe, le zoïde, qui se sépare de leur colonie, on est étonné des différences que présentent l'organisation des jeunes et celle de leurs prétendus parents. C'est ce qui est arrivé lorsqu'on a constaté la formation des Méduses sur des colonies d'Hydrides; on a été ainsi conduit à voir, dans ces phénomènes et dans quelques autres plus ou moins analogues, un mode nouveau de génération auquel on a donné le nom de *génération alternante*. Dans le cas des Hydroméduses, la prétendue génération alternante est tout simplement un phénomène analogue au phénomène de la floraison chez les plantes phanérogames. Mais on a rapproché à tort cette sorte de floraison des Hydroméduses (fig. 47, p. 36), de la dissociation suivie de métamorphose des strobiles des Discoméduses (fig. 60 et 61, p. 42). La dénomination de *génération alternante*, amenant ainsi à confondre des phénomènes tout à fait dissemblables, doit être abandonnée, comme la théorie qu'elle représente.

Toutefois Leuckart a désigné sous le nom d'*hétérogenie*, un phénomène pour qui cette dénomination de *génération alternante* serait grammaticalement exacte. Il consiste dans l'alternance régulière de formes toutes sexuées, mais cependant différentes les unes des autres, et vivant d'ailleurs dans des conditions différentes elles-mêmes d'une génération à l'autre. Un Nématoïde de 15 millimètres de long environ, le *Rhabdonema nigrovenosum* (fig. 63), vivant en parasite dans les poumons

¹ Le nom de *digenèse* que M. P. J. Van Beneden a proposé de substituer au nom de *génération alternante*, pour désigner ces phénomènes, fait allusion à ce qu'il existerait chez les animaux deux modes de génération, la génération sexuée ou *ovogenèse* et la génération par bourgeonnement ou *blastogenèse*. Il a le tort de mettre sur le même plan l'ovogenèse et la blastogenèse et de laisser croire à l'unité des phénomènes dits de blastogenèse. Le mot de *généagenèse* employé par M. de Quatrefages rappelle que, dans les cas de développement dissocié, un seul œuf peut donner naissance à un nombre quelquefois assez grand d'individus distincts, et qu'il y a ainsi, après la formation de l'œuf, un véritable *engendrement de générations*; il exprime la conséquence ordinaire, mais non nécessaire, d'un fait morphologique plutôt que ce fait lui-même. Le mot de *métagenèse* a été imaginé par R. Owen; il implique seulement, en somme, qu'il peut y avoir dissociation du corps issu de l'œuf.

de la Grenouille rousse engendre d'autres Vers, vivant toujours en liberté, et qui viennent naturellement se ranger dans le genre *Rhabditis* (fig. 64). Chaque individu de *Rhabdonema* produit successivement des spermatozoïdes et des œufs ; ceux-ci se développent dans le corps de la mère, passent ensuite dans l'intestin de la Grenouille, puis dans la vase. Ils y deviennent les uns mâles, les autres femelles. Ces dernières sont vivipares, mais ne produisent que quatre embryons qui, accidentellement avalés par le Batracien, passent dans son tube digestif. La *Leptodera appendi-*

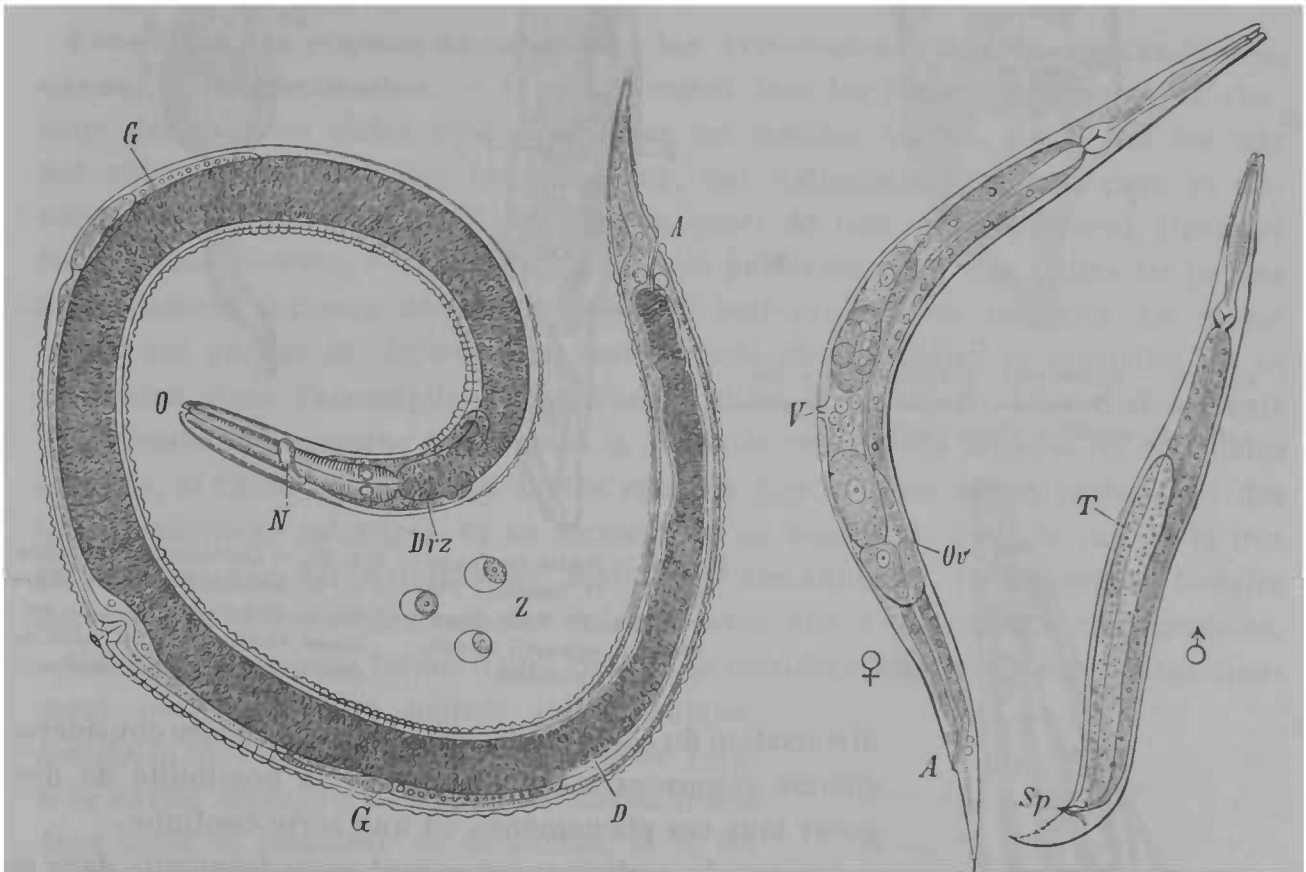


Fig. 63. — *Rhabdonema nigrovenosum* mâle, long d'environ 3.5 m/m. G, glande génitale; O, bouche; A, anus; N, collier nerveux; Drz, cellules glandulaires; Z, zoospères isolés.

Fig. 64. — *Rhabditis*, mâle et femelle, longs d'environ 1.5 à 2 m/m. Ov, ovaire; T, testicule; V, orifice sexuel femelle; Sp, spicule.

culata, parasite sans bouche de l'*Arion empiricorum*, produit de même des *Rhabditis*, dont plusieurs générations peuvent se succéder à l'état de liberté.

Pédogenèse et Parthénogenèse. — Le bourgeonnement externe peut, dans certains cas, être remplacé par un bourgeonnement interne. Les *Doliolum*, les *Pyrosoma* et les *Salpa* forment à cet égard une série remarquable, et conduisent à rattacher à la série des phénomènes de dissociation du corps la production des Cercaires (fig. 65, 66 et 67) à l'intérieur du corps des Rédies ou des Sporocystes des Trématodes. Cette singulière production endogène de nouveaux individus nous conduit à son tour à la *pédogenèse*, dans laquelle des larves d'Insectes (*Chironomus*, *Cecidomya*, fig. 68) produisent à l'intérieur de leur corps de nouvelles larves. On passe enfin de là au mode de génération des Pucerons et des Chermès, où les nouveaux individus qui se forment naissent de l'ovaire de leur parent, où le point de départ du nouvel individu est un élément anatomique qu'on peut regarder comme un œuf non fécondé. Quoique l'œuf ne soit pas pondu, il y a dans ce cas *parthénogenèse*, c'est-à-dire reproduction sans fécondation préalable, aussi bien que dans le cas où les œufs pondus, mais non fécondés des Abeilles et d'un certain nombre de Bombycides, se

développent néanmoins. Il semblerait donc, d'après cela, que la parthénogenèse établisse un lien entre la génération proprement dite et la métagenèse ou simple

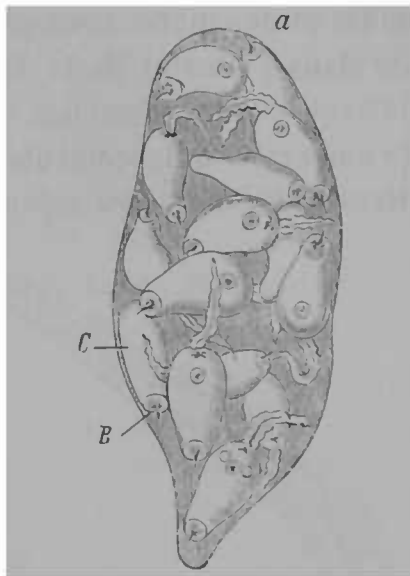


Fig. 65. — Sporocyste, provenant d'un embryon de *Distomum*, rempli de Cercaires (C.). B, aiguillon d'une Cercaire.

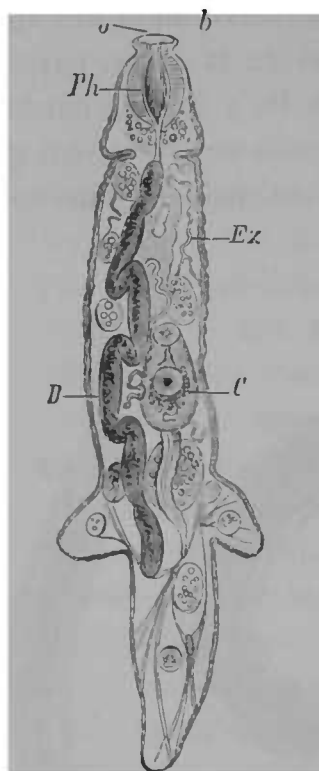


Fig. 66. — Rêdie de *Distomum*. — O, bouche; Ph, pharynx; D, tube digestif; Ex, appareil excréteur; C, Cercaires.

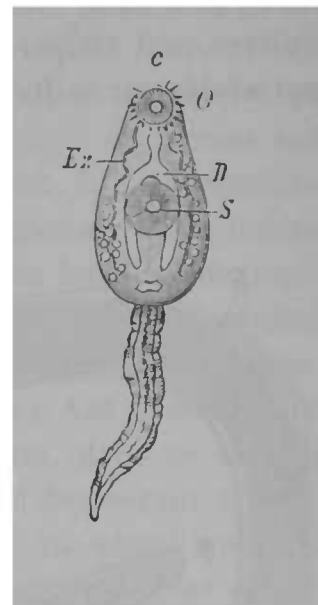


Fig. 67. — Cercaire devenue libre. — O, bouche située au milieu de la ventouse orale; S, ventouse abdominale; D, tube digestif; Ex, appareil excréteur.

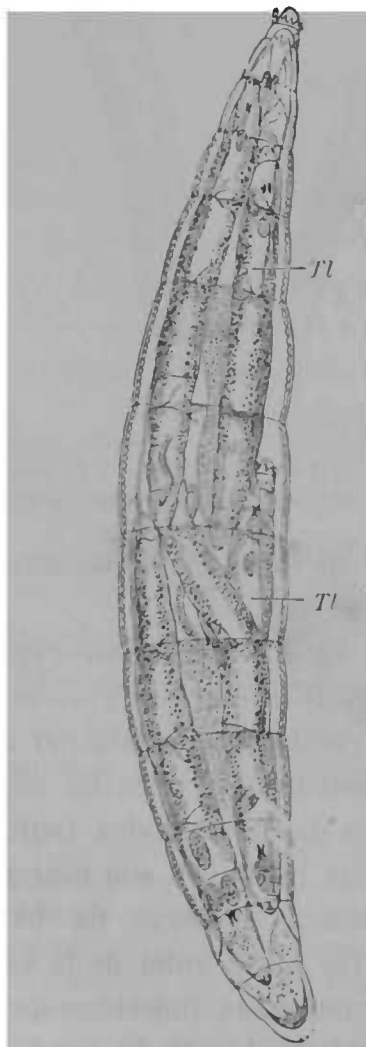


Fig. 68. — Larve vivipare de Cécidomye (*Mastor*) d'après Pagenstecher. Tl, larves filles nées dans le corps reproducteur.

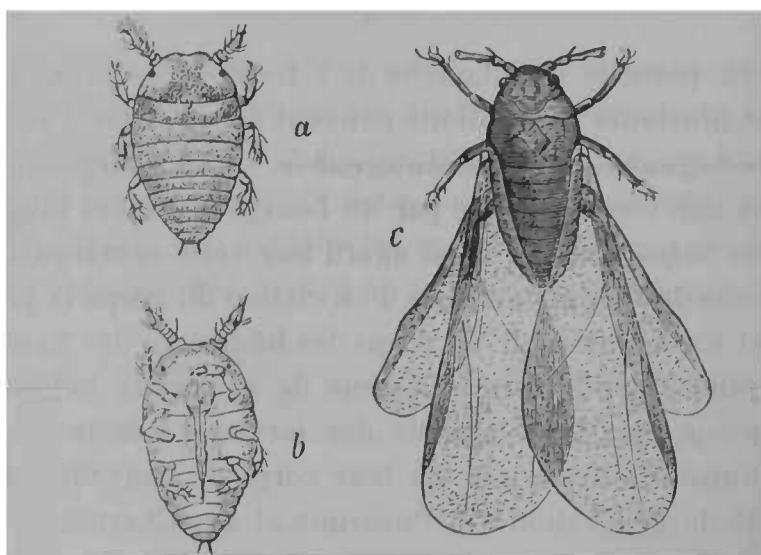


Fig. 69. — *Phylloxera vastatrix*. — a, Femelle aptère vue en dessus. — b, La même vue en dessous. — c, Femelle ailée.

chez divers Crustacés (*Daphnia* et autres CLADOCÈRES, *Artemia*, *Apus*, etc.). La parthénogenèse se complique d'hétérogenie chez les Pucerons (*Phylloxera*), les Cochenilles

(*Chermes*). De l'œuf d'hiver du *Phylloxera vastatrix* sort une femelle aptère qui vit sur les feuilles, dans des galles, et produit parthénogénétiquement d'autres femelles aptères et gallicoles (fig. 69); ces femelles donnent après un certain nombre de générations, naissance à une troisième sorte de femelles vivant sur les racines et dont quelques-unes sont ailées. Les femelles ailées remontent sur les feuilles, et y pondent des œufs de deux grosseurs; des gros œufs sortent des femelles; des petits, des mâles sans tube digestif. Les quatrièmes femelles, après fécondation, pondent chacune un œuf d'hiver.

Formation des régions du corps chez les Artiozoaires (tête, thorax, abdomen, queue). — Céphalisation. — C'est seulement dans les formes inférieures de chacune des grandes séries zoologiques que les mérides ou les zoïdes nés les uns des autres conservent une indépendance, une autonomie suffisante pour se dissocier, comme nous venons de le dire, au cours de leur développement. Dans les formes plus élevées, l'organisation est assez puissante pour que toutes les parties nouvellement formées demeurent unies à leur progéniteur commun. En même temps ces parties se *différencient*, leur activité physiologique se spécialise, et se concentre dans l'accomplissement d'actes utiles à la vie de l'association, mais insuffisants pour assurer à eux seuls la durée de chacun des mérides ou des zoïdes associés, si l'association venait à être rompue. Les mérides et les zoïdes sont dès lors étroitement solidaires, et ne forment qu'un seul tout: c'est le cas de la très grande majorité des Artiozoaires; mais, chez ces animaux, la disposition linéaire des mérides et des zoïdes associés entraîne avec elle d'importantes conséquences.

Dans un organisme formé d'une chaîne de mérides, tous issus par bourgeonnement postérieur d'un méride initial unique, comme le sont nombre d'Arthropodes et de Vers, si la cavité digestive s'étend sans discontinuité dans toute la longueur de la chaîne, et si les aliments peuvent la parcourir dans toute sa longueur, il n'y a aucun inconvénient à ce que cette cavité ne présente qu'un orifice d'entrée pour les aliments: la bouche du premier méride se trouve tout naturellement disposée pour cet office. Il suffit qu'un orifice soit placé à l'extrémité du méride qui occupe l'autre bout de la chaîne pour que les aliments puissent parcourir toute l'étendue de la cavité, ainsi transformée en tube, sans conflit possible entre les aliments nouvellement introduits par la bouche du premier méride et les déchets des aliments déjà absorbés; ces derniers sont rejetés par l'orifice du méride situé à l'autre bout de la chaîne. Ces conflits ne manqueraient pas de se produire, au contraire, si chaque méride possédait une bouche; ils amèneraient vraisemblablement la mort ou la dissociation de l'organisme. La disposition linéaire des segments du corps entraîne donc une première différence entre les Phytozoaires et les Artiozoaires; tandis que les premiers sont souvent des organismes à plusieurs

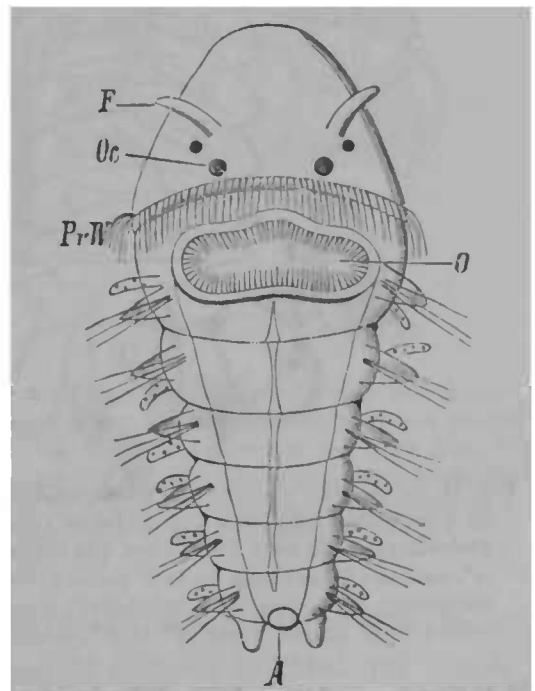


Fig. 70. — Larve céphalotroque de *Nereis* (d'après Busch). — *F*, tentacules; *Oc*, yeux; *Pr.W.*, couronne ciliaire préorale; *O*, bouche; *A*, anus.

bouches, ce qu'on a fait valoir pour les considérer comme des colonies, les seconds n'ont, en général, qu'une seule bouche et apparaissent ainsi comme des unités indivisibles. La bouche du premier méride formé, ou *protoméride*, devient le plus souvent la bouche du zoïde ou du dème segmenté qu'il a produit (fig. 70) et l'orifice du méride de l'extrémité opposée en devient l'anus. Dans ces conditions, le protoméride se trouve exclusivement chargé de la recherche et de la capture des

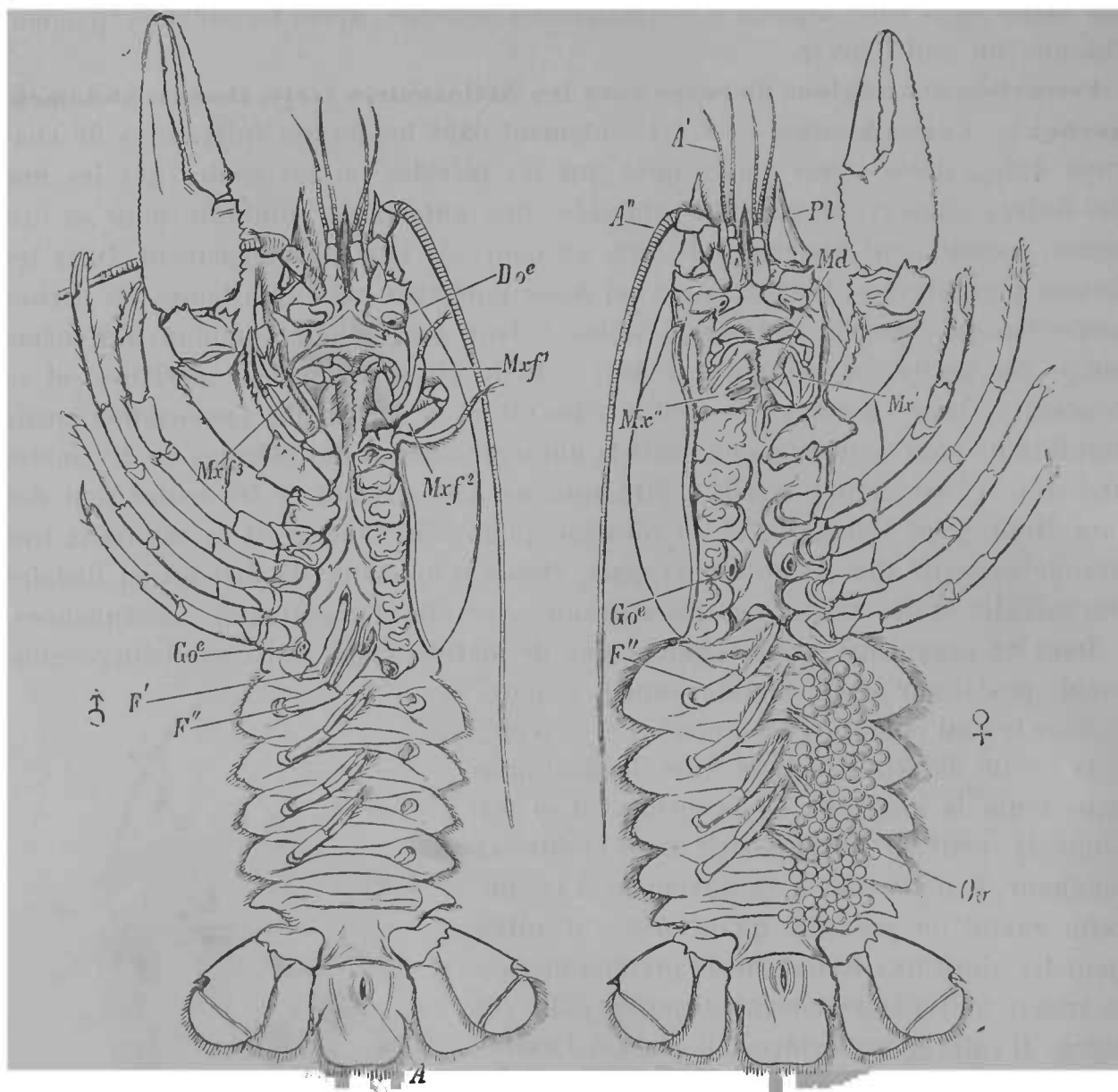


Fig. 71. — Crustacés décapodes (*Astacus fluviatilis*) mâle et femelle, vus par la face ventrale. — Chez le mâle on a supprimé les pattes ambulatoires et les pattes abdominales du côté gauche, chez la femelle les pattes ambulatoires du côté droit, ainsi que toutes les pattes-mâchoires. — *A'*, antenne interne ou de la 1^{re} paire; *A''*, antenne externe ou de la 2^e paire avec son écaille (*Pl*); *Md*, mandibule avec son palpe; *Mx'*, première mâchoire; *Mx''*, deuxième mâchoire; *Mxf* à *Mxf*³, les trois pattes-mâchoires; *Go^e*, orifice sexuel; *Doe*, orifice de la glande verte; *F'* et *F''*, première et deuxième pattes abdominales; *Ov*, œufs; *A*, anus.

proies, et, comme nous l'avons vu précédemment pour la bouche en ce qui concerne les mérides isolés, il détermine le sens prédominant de la locomotion dans le zoïde ou le dème dont il fait partie; il en marque par conséquent l'extrémité antérieure. tandis que l'extrémité postérieure est déterminée par la présence de l'anus. La face ventrale, la face dorsale, le côté droit et le côté gauche du zoïde ou du dème sont déterminés comme ceux du protoméride lui-même. Les choses étant ainsi constituées, toute l'activité directrice de l'organisme se concentre dans le protoméride : s'il se meut, les mérides qui le suivent sont forcément entraînés,

sous peine de dissolution, dans la direction qu'il a choisie. De même qu'une bouche leur est inutile, des organes des sens ne leur serviraient dès lors qu'à provoquer des conflits nuisibles à l'intégrité de l'organisme; tous les organes de cette catégorie se concentrent donc sur le protoméride qui devient ainsi l'origine de ce que nous appelons une *tête* (fig. 70). Chez beaucoup d'Annélides errantes ce protoméride est bien à lui tout seul la *tête* de l'animal; mais un certain nombre des mérides antérieurs peuvent être associés à ses fonctions, et présentent alors des caractères qui les distinguent des mérides suivants. C'est ainsi que chez les Crustacés (fig. 71) le premier méride porte ordinairement les yeux; le second, la première paire d'*antennes*; le troisième, la deuxième paire d'*antennes*; le quatrième, les *mandibules*; le cinquième et le sixième des *mâchoires*; les trois suivants, des *pattes-mâchoires* qui sont plus ou moins associées à la préhension et à la division des aliments; on arrive ainsi peu à peu aux vraies pattes ou *pattes ambulatoires*. Dans ce cas, il est impossible de

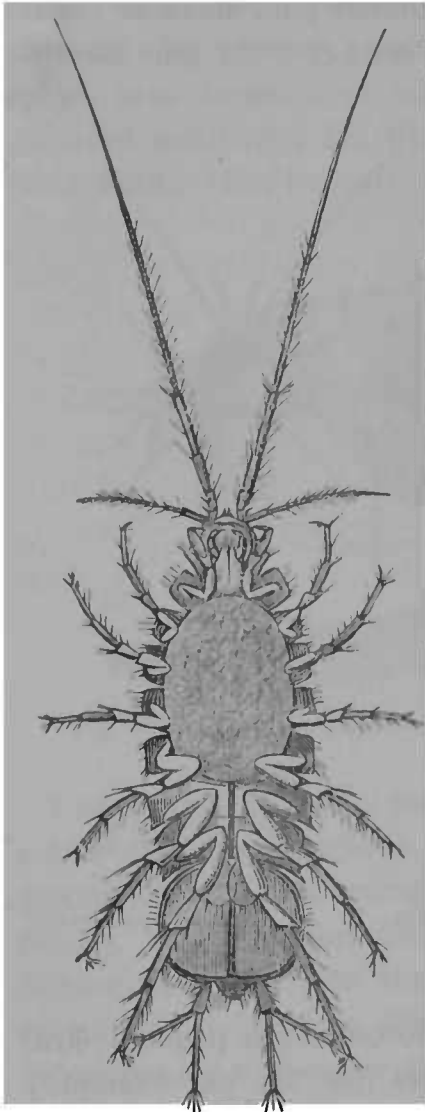


Fig. 72. — *Asellus aquaticus* (d'après G. O. Sars). — Femelle vue par la face ventrale pour montrer les segments céphaliques en avant du sac ovifère.

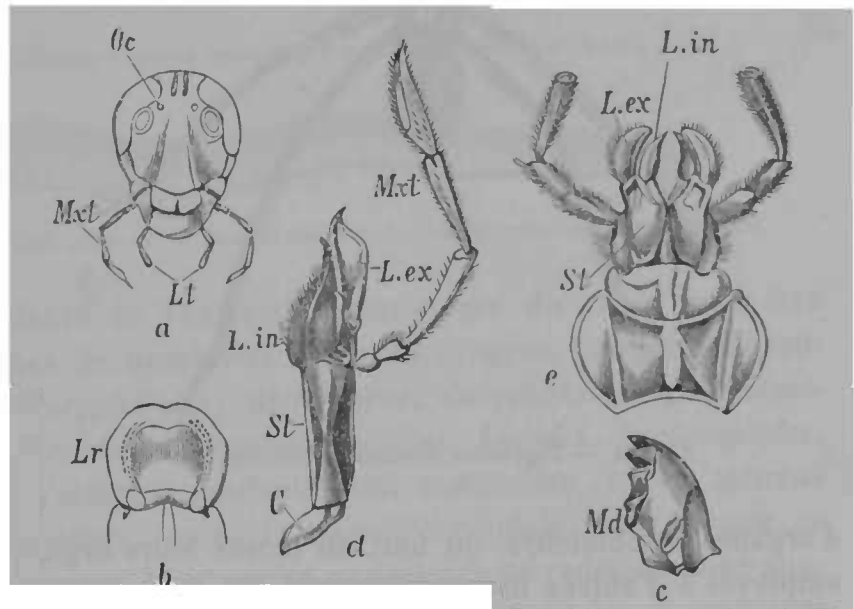


Fig. 73. — Tête et pièces de la bouche d'une *Blatta* (d'après Savigny). — a, tête vue par la face antérieure. *Oc*, ocelles; *Mxl*, palpes maxillaires; *Ll*, palpes labiaux. — b, lèvre supérieure ou labre (*Lr*). — c, mandibule (*Md*). — d, mâchoire. *C*, pièce basilaire (cardo); *St*, tige (style); *L.in*, lobe interne; *Mxl*, palpe maxillaire. — e, mâchoires de la 2^e paire soudées pour constituer la lèvre inférieure.

limiter la tête au premier segment du corps, il est même impossible de déterminer autrement que par une convention physiologique quels sont les mérides qui constituent la tête. Nous conviendrons de comprendre dans cette région du corps, *tous les mérides dont les appendices participent directement à la préhension et à la trituration des aliments*. Effectivement ces mérides se constituent déjà en une région distincte, nettement délimitée chez les Crustacés isopodes (fig. 72), et ils sont tellement confondus entre eux chez les Insectes (fig. 73) et les Vertébrés que la tête de ces animaux pourrait paraître formée d'un seul segment.

La tête, une fois constituée de la sorte, demeure nécessairement en rapports physiologiques continuels avec toutes les parties du corps, dont elle doit régler

les mouvements et assurer l'alimentation. Ces rapports sont établis par le système nerveux, qui prend naturellement dans la région céphalique un développement particulier, puisqu'il doit apprécier toutes les excitations venues du dehors, tous les changements produits dans l'organisme lui-même. La tête contient donc un appareil nerveux spécial qu'on nomme le *cerveau*.

Les mérises qui suivent la tête prennent eux-mêmes à la locomotion une part plus active que les autres. S'ils se développent suffisamment pour devenir capables d'entraîner à eux seuls tous ceux qui les suivent, ceux-ci n'ont plus besoin

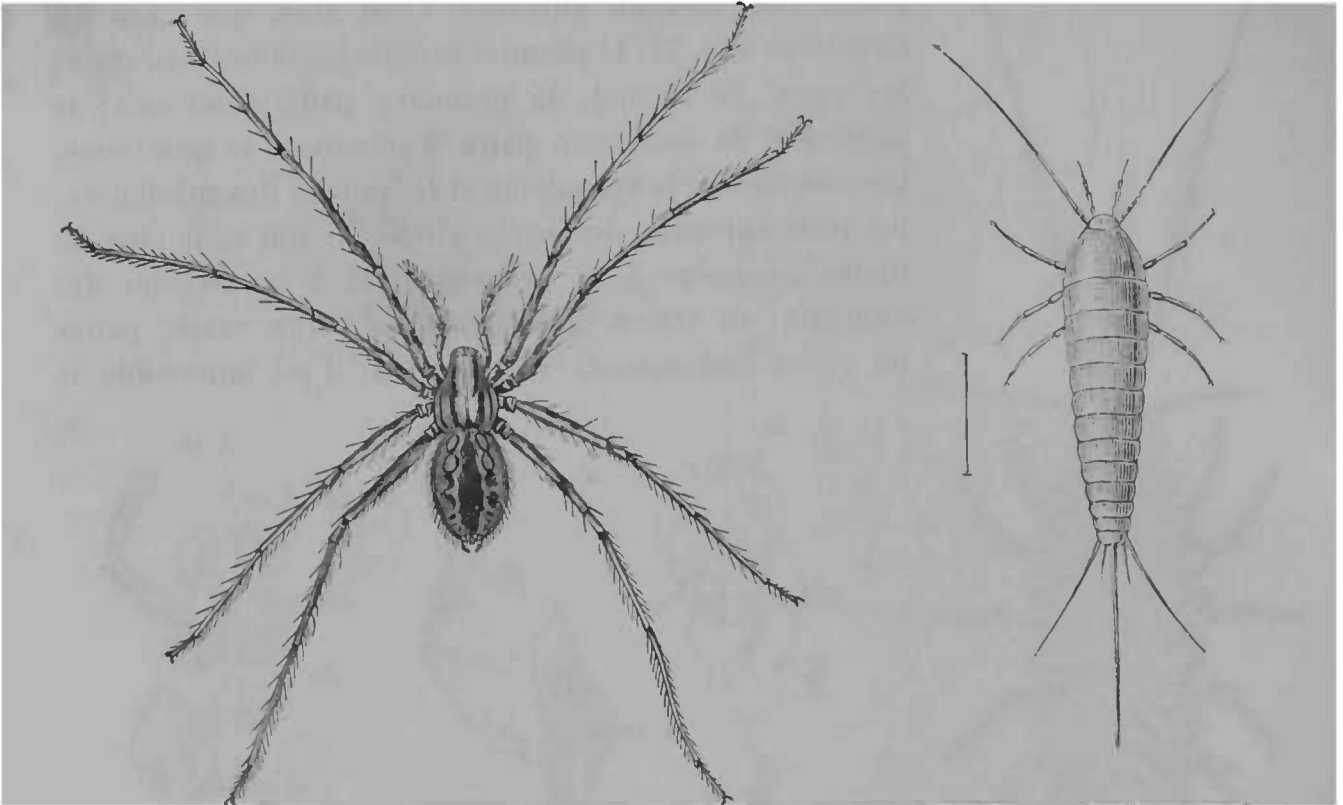


Fig. 74. — *Tegenaria domestica*, femelle.

Fig. 75. — *Lepisma saccharina* (règne animal).

d'organes locomoteurs, ou tout au moins leurs organes locomoteurs peuvent être employés à d'autres usages. Chez les Crustacés décapodes (fig. 71), par exemple, les membres des cinq anneaux qui suivent la tête servent seuls à la marche, les autres servent soit à la natation, soit à la gestation des œufs, soit même à la copulation; chez les Arachnides et la plupart des Insectes ils disparaissent entièrement, et la locomotion est assurée, chez les premiers (fig. 74), par quatre paires de membres, et par trois chez les seconds (fig. 75). La région locomotrice du corps qui se constitue de la sorte, est désignée sous le nom de *thorax*; il se fait entre elle et la région suivante une nouvelle division du travail. Chez les Arachnides et les Insectes, tous les viscères principaux se rassemblent dans cette région qui porte le nom d'*abdomen*. Dès lors les mérises suivants deviennent à peu près inutiles et l'on comprend qu'ils avortent.

Effectivement chez nombre de Vers annelés on peut observer une diminution graduelle des mérises ou segments de la région postérieure du corps. Cette diminution est brusque chez les Hermelles, Annélides sédentaires, tubicoles, dont le corps se termine par un appendice grêle traversé par le tube digestif, mais ayant d'ailleurs l'aspect d'une queue. On peut suivre mieux encore les phases de cette

atrophie chez les Arachnides. La plupart des Arthropodes les plus anciens, auxquels les Scorpions se relieut par tant de traits, tels que les *Pterygotus* et les *Eurypterus*, avaient un corps qui se rétrécissait graduellement à mesure qu'on s'éloignait de la tête. Chez les Scorpions, qui datent de la période silurienne, le rétrécissement est brusque, comme chez les Hermelles, et il se constitue un *post-abdomen*, traversé par le rectum qui s'ouvre en avant du dernier segment du corps transformé en crochet venimeux. Le post-abdomen n'est plus traversé par le rectum chez les Télyphones, mais il persiste néanmoins à l'extrémité postérieure du corps, sous forme d'un appendice multi-articulé, véritable *queue*. Cet appendice disparaît enfin chez les Phrynes, et on n'en retrouve plus de trace, au moins à l'état adulte, chez les autres Arachnides.

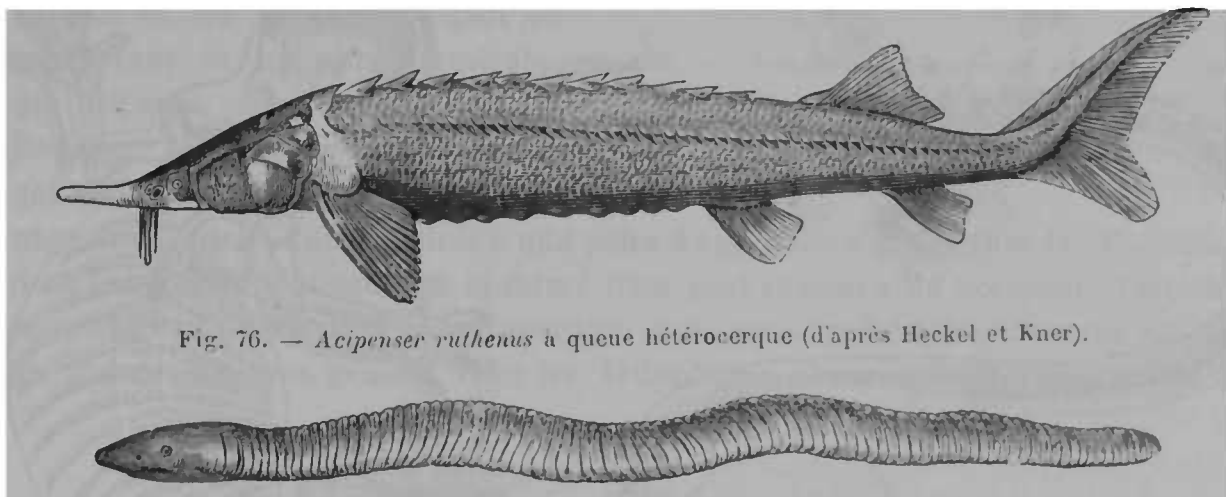


Fig. 76. — *Acipenser ruthenus* à queue hétérocerque (d'après Heckel et Kner).

Fig. 77. — *Siphonops mexicana*, Batracien de la famille des COECILIDÆ (d'après le Règne animal).

Une réduction toute semblable de l'extrémité postérieure du corps peut être suivie chez les Vertébrés. Chez de nombreux Poissons (*Trygon*, *Chimara*, PHYSSOTOMES APODES, *Halosaurus*, *Eurypharynx*, *Bathygadus*, *Coryphenoides*, *Hymenoccephalus*, *Macrurus*, *Dicrolene*, *Siremba*, *Porogadus*, *Bythites*, *Lyrodes*, *Gymnolycodes*, *Notacanthus*, etc.), le corps s'atténue graduellement en arrière, et se termine en pointe, divisant en deux moitiés égales la nageoire caudale, pour former ce qu'on nomme une *queue diphycerque*. L'extrémité postérieure se redresse pour supporter les rayons du grand lobe inférieur de la nageoire caudale, et constituer ainsi une *queue hétérocerque* chez les Squales et les Ganoïdes (fig. 76); cette partie redressée subit enfin une transformation voisine de l'atrophie, pour constituer la *queue homocerque* de la plupart des Poissons osseux.

La réduction est encore plus évidente chez les Batraciens, où l'on passe des COECILIDÆ (fig. 77), dont toutes les parties du corps sont semblables et l'anus terminal, aux Stégocéphales serpentiformes du Permo-carbonifère (*Ophiderpeton*, *Molgophis*, *Dolichosoma*, fig. 78), puis aux Urodèles actuels, dont la queue est, en général, bien développée, aux *Labyrinthodon* triasiques, à queue courte (fig. 79), enfin aux Anoures, dont la queue, après s'être montrée pendant quelque temps presque aussi développée que chez les Urodèles, disparaît d'une manière absolument complète.

Il n'existe pas actuellement de Reptiles anoures, ce qui tient, sans doute, à ce que chez ces animaux, en raison de la faiblesse des membres qui ne peuvent supporter le corps, la queue joue presque toujours un certain rôle dans la

locomotion; mais cette région est très courte chez les Chéloniens. La longue queue de l'*Archæopteryx* est réduite à l'état de croupion chez tous les Oiseaux actuels. On sait enfin quelles variations subit la queue des Mammifères qui, sans avoir jamais une organisation aussi voisine de celle des autres régions du corps que celle des Crocodiliens, par exemple, peut être une puissante nageoire comme chez les Cétacés, un organe de sustentation ou même de saut comme chez les Kanguroos ou les anciens *Megatherium* et *Myiodon*, un organe de préhension, comme chez les Phalangistes, les Sarigues, les Coendous, les Kinkajous, beaucoup de Singes d'Amérique (Hurleurs, Atèles et, dans une mesure moindre, Sajous), un organe de défense contre les Mouches, comme chez les Chevaux et les Bœufs,

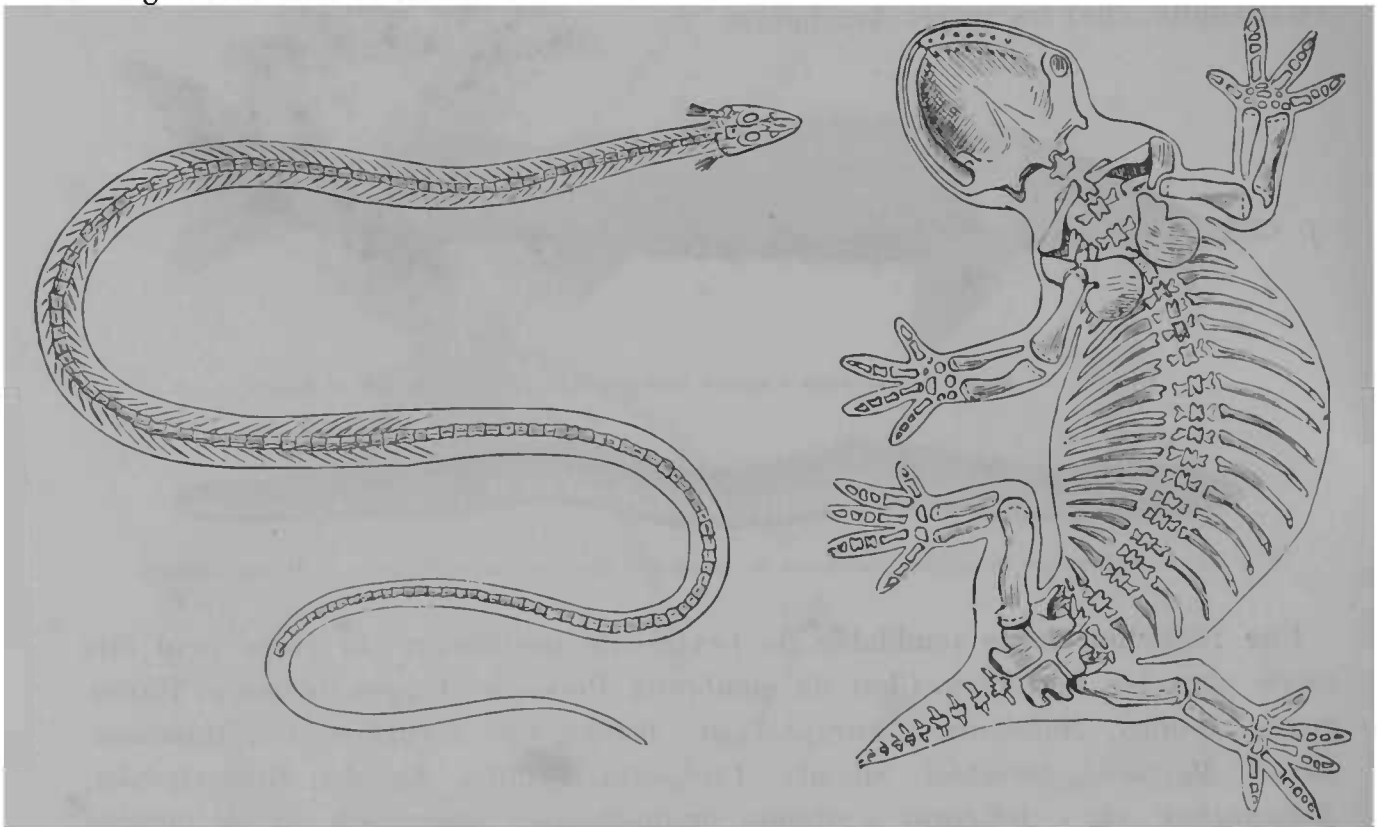


Fig. 78. — *Dolichosoma longissimum*, Fritsch. 1/3. Houille de Nyran.

Fig. 79. — *Labyrinthodon Rütimeyeri*, Wiedersheim. Grès bigarré. Reichen. Suisse.

une sorte de gouvernail, comme chez divers Mammifères aquatiques, tels que le Castor, ou un organe tout à fait inutile, comme c'est le cas le plus général. Aussi, même dans les familles zoologiques de Mammifères où l'on trouve des genres à queue très développée, et jouant un rôle plus ou moins important, en trouve-t-on d'autres où elle est très courte, comme chez les Koala, voisins des Phalangistes, les Porcs-épics et les Cobayes voisins des Coendous, ou les Ours peu éloignés des Kinkajous. Dans la série des Singes on observe enfin tous les états de la queue, depuis une queue plus longue que le corps et adaptée à la préhension, jusqu'à la complète disparition de toute trace extérieure de cette partie du corps. Une telle variabilité témoigne qu'il s'agit bien là d'une région du corps sans importance physiologique, toujours atrophiée, mais dont l'atrophie est plus ou moins complète suivant les cas, et peut être enrayée par l'adaptation à une fonction déterminée.

La réduction de la partie postérieure du corps peut même s'étendre à la totalité de l'abdomen, et cela dans les groupes les plus variés : l'abdomen relativement court chez les Amphipodes (fig. 80) et les Isopodes (fig. 72, p. 53), est rudimentaire chez les

Lémodipodes (fig. 81) et les Pantopodes ou Pycnogonides (fig. 120, p. 87). Il se réduit de diverses façons chez les Décapodes. Toujours bien développé chez les Décapodes nageurs (SERGESTIDÆ, CARIDIDÆ), où ses appendices jouent un rôle important dans la locomotion, il tend au contraire à s'atrophier de diverses façons chez les Décapodes marcheurs. Grand chez les PALINURIDÆ et les ASTACIDÆ, il se replie sous le corps chez les GALATHEIDÆ, s'aplatit en feuille chez les PORCELLANIDÆ et les LITHODIDÆ, tout en conservant sa nageoire terminale, qui disparaît chez les vrais Crabes. De même les *Callinassa* et les *Gebia*, qui sont fouisseuses, ont une large nageoire caudale, qui se réduit à une paire d'appendices grêles chez les *Thalassina*, dont l'abdomen peut prendre la forme d'un post-abdomen de Scorpion (*Thalassina scorpioides*). La réduction et la disparition de la partie postérieure du corps est donc un phénomène très général chez les Artiozoaires. On n'en peut méconnaître les

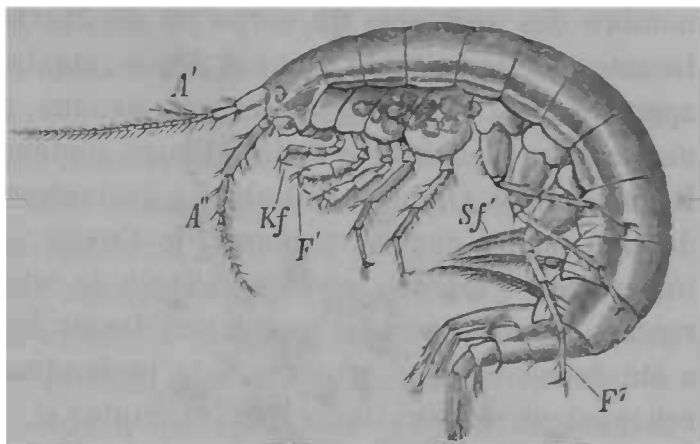


Fig. 80. — Amphipode *Gammarus neglectus*, d'après G. O. Sars). — A' et A'', les deux paires d'antennes; Kf, patte-mâchoire; F', les F' à sept paires de pattes thoraciques; entre les bases des quatre premières on aperçoit les œufs; Sf, première patte natatoire de l'abdomen.

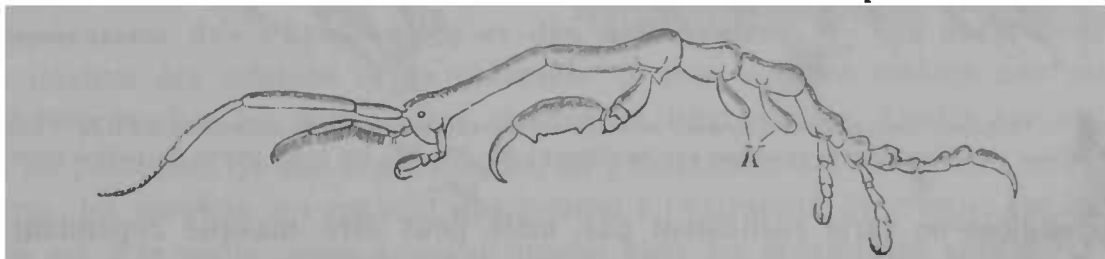


Fig. 81. — Lémodipode (*Caprella aequilibra* mâle, d'après P. Mayer). L'animal vu du côté gauche. en K sont deux vésicules branchiales.

rapports avec la concentration à l'extrémité antérieure de la plus grande partie de l'activité physiologique. A ce phénomène remarquable Morse a donné le nom de *céphalisation*, et il a essayé d'expliquer par là le mode de constitution de certains Artiozoaires non segmentés, comme les Brachiopodes ou les Mollusques. Mais ici d'autres phénomènes paraissent être intervenus.

Fixité du nombre des segments du corps dans les formes supérieures d'Arthropodes. — La différenciation des segments et des appendices, la localisation des fonctions de sensibilité, de préhension, de locomotion (au moins chez les animaux marcheurs) dans les segments et les appendices de la région antérieure du corps, en déterminant la réduction de la région postérieure, entraînent une autre conséquence qui mérite d'être signalée. Comme il suffit d'un nombre déterminé de segments et d'appendices pour l'accomplissement de toutes ces fonctions, le nombre des segments du corps tend lui-même à se déterminer. Susceptible d'abord d'augmenter pendant toute la durée de la vie, ou tout au moins de devenir très grand, chez certains Vers, tels que les Cestoides, beaucoup d'Annélides errantes (*Syllis*, *Phyllodoce*, *Nereis*, *Eunice*, etc.), les Géophiles, parmi les Myriapodes, il se limite à un nombre fixe pour chaque espèce chez la plupart des Vers supérieurs et des Myriapodes, pour chaque genre ou même chaque famille et chaque ordre chez les

Crustacés entomostracés et les Arachnides; il est enfin absolument fixe dans la sous-classe des Malacostracés et dans la classe tout entière des Insectes. Le nombre des segments du corps est de 21 chez les Malacostracés, de 18 chez les Insectes. Cette fixité du nombre des segments du corps chez la totalité des animaux appartenant à certains groupes très étendus, a vivement frappé les naturalistes, au moment où Ét. Geoffroy Saint-Hilaire soutenait l'unité de plan de composition du Règne animal. On cherchait alors à démontrer cette unité au moins dans les limites de chacun des embranchements de Cuvier; les questions de nombre prirent une importance exagérée, et l'on s'efforça de retrouver, même dans des classes différentes, des nombres qui semblaient devoir être constants¹. Beaucoup d'ingéniosité a été dépensée pour ramener à la prétendue règle invariable les animaux qui y échappaient, les Crustacés, par exemple; si le but que l'on poursuivait n'a pas été atteint, un certain nombre de résultats intéressants sont certainement dus à ces recherches, lorsqu'elles ont porté sur des types où le nombre des segments et

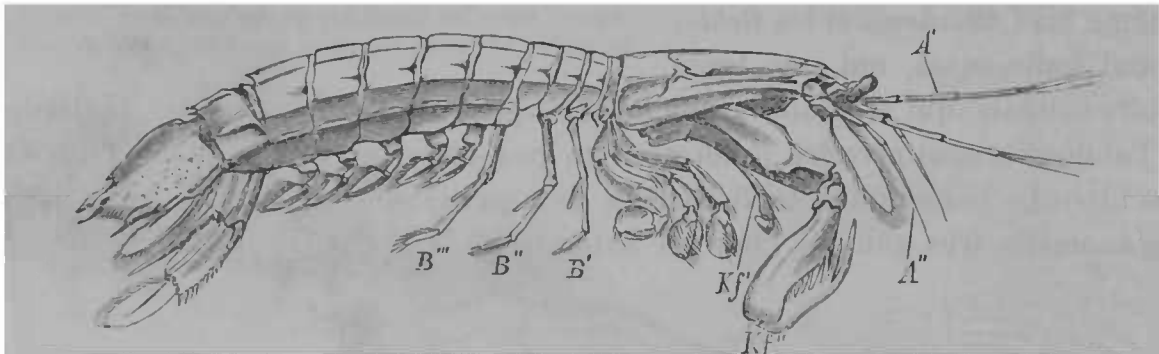


Fig. 82. — Crustacé stomatopode (*Squilla mantis*). — A', antennes; A'', antennes; Kf, Kf', paires antérieures des pattes-mâchoires insérées sur le thorax; B', B'', B''', les trois paires de pattes fourchues.

des appendices ne varie réellement pas, mais peut être masqué cependant par des transformations particulières; c'est ce qui arrive pour les derniers segments de l'abdomen des Insectes, profondément modifiés afin de porter soit des organes liés à la fonction de reproduction, soit des organes de défense.

La fixité du nombre des segments peut d'ailleurs s'étendre du corps tout entier aux régions mêmes dont le corps est constitué. C'est ainsi que chez tous les Malacostracés le céphalothorax comprend 14 segments, l'abdomen 7; que chez les Thoracostracés, il y a, à proprement parler, 6 segments céphaliques et 8 segments thoraciques; que toutes les pattes de ces derniers segments sont locomotrices chez les Schizopodes (fig. 79); la première devient des pattes-mâchoires chez les Arthrostracés; cette transformation s'étend aux trois premières chez les Décapodes (fig. 71, p. 52), et aux cinq premières chez les Stomatopodes (fig. 82).

De même chez les Insectes le nombre des segments céphaliques est toujours de 5, distincts seulement par leurs appendices; on en compte 3 pour le thorax et 10 pour l'abdomen.

Quelquefois la fixité ne s'établit que pour les régions antérieures du corps. C'est ainsi que toutes les Arachnides ont 2 segments céphaliques et 4 segments thoraciques, le nombre de segments abdominaux variant d'un ordre à l'autre; que chez les Mammifères, la tête conservant partout la même constitution fon-

¹ Voir notamment le mémoire de Dugès sur la *Conformité organique dans le Règne animal*.

damentale, le nombre des vertèbres du cou est de 7, sauf trois exceptions présentées par les Edentés herbivores qui ont : le *Choloepus didactylus* (Unau), 6 vertèbres cervicales ; le *Bradypus torquatus*, 8 ; et le *B. tridactylus* (Aï), 9.

Signification des régions du corps des Artiozoaires. — Tout ce que nous venons de dire des régions du corps des Artiozoaires montre que ces régions sont douées d'une certaine autonomie, comme les mérides qui les composent. A la vérité, cette autonomie est d'ordinaire assez subordonnée ; elle peut cependant s'accuser nettement dans certains cas. C'est ainsi que la région postérieure du corps prend chez les Néréides, au moment de la reproduction, toute une armature spéciale de longues soies locomotrices, et transforme ainsi les Néréides en Hétéronéréides ; cette même région devient chez divers Syllidiens (*Autolytus*, *Syllis*) un individu reproducteur indépendant, qui est à son progéniteur dans le même rapport que la Méduse à sa colonie d'Hydres ou Hydrodème, tandis que chez d'autres Syllidiens (*Syllidea*), les choses se passent comme chez les Néréides. On peut donc considérer les régions du corps d'un Artiozoaire comme des zoïdes, décomposés en autant de mérides qu'ils présentent de segments, et constituant toutes ensemble un dème. Cette remarque trouvera son application lorsque nous aurons à expliquer le mode de développement de certains de ces animaux, où nous verrons chaque région du corps se constituer d'une manière presque indépendante.

Comparaison des Phytozoaires et des Artiozoaires. — Les phénomènes de différenciation des mérides et de réduction de leur nombre suivent une marche bien différente chez les Artiozoaires et chez les Phytozoaires. Tandis que les premiers ne possèdent qu'une seule bouche, en général située à l'extrémité antérieure du corps, les seconds ont souvent une bouche à l'extrémité de chaque rameau. La bouche est, à la vérité, assez souvent unique chez les organismes rayonnés ; mais elle est alors située au centre de convergence des rayons, ou dans son voisinage. Dans le cas où il existe plusieurs bouches, comme dans celui où la bouche est centrale, il ne saurait évidemment exister ni *tête* proprement dite, ni *thorax*, ni *abdomen*, ni *post-abdomen*, ni *queue*, au sens que l'on attribue à ces mots chez les Artiozoaires, à moins que certaines conditions particulières ne soient réalisées. Les seuls Rayonnés chez qui l'on observe quelque chose d'analogue à une tête sont, en effet, les Holothurides bilatéraux des grandes profondeurs. Chez ces Holothurides, les fuseaux constitutifs du corps se disposent autour d'un axe allongé, à l'une des extrémités duquel se trouve la bouche ; les Holothurides bilatéraux recourbent vers le bas l'extrémité antérieure de leur corps de manière à appliquer leur bouche sur le sol ; les deux moitiés du coude formé par l'extrémité antérieure du corps se soudent l'une à l'autre dans les formes les plus modifiées (*Peniagone*, *Oneirophanta*, *Elpidia*, etc.), la bouche devient ainsi franchement ventrale ; la région voisine demeure plus ou moins nettement séparée du reste du corps, et peut dès lors être considérée comme une sorte de tête. Le parallélisme de la différenciation des Artiozoaires et des Holothurides bilatéraux s'accuse encore chez les *Psychropotes* qui présentent à l'extrémité postérieure de leur corps un énorme appendice capable de prendre des positions diverses, et qui pourrait être assimilé, dans une certaine mesure, à une queue.

Bien qu'il ne puisse être question, chez les Phytozoaires, d'une réduction par

avortement du nombre des mérides constituant le corps, le nombre de ces mérides tend cependant à se limiter chez eux comme chez les Artiozoaires. Il est illimité chez un grand nombre de Madréporaires, mais se réduit à 24 chez les *Gerardia*; à 8 chez tous les Alcyonnaires, chez quelques Méduses craspédotes (*Cladonema*), chez les Méduses discophores et chez les Cténophores; à 6 chez les Antipathes; à 4 chez la plupart des Méduses craspédotes. Les Cténophores présentent même cette particularité remarquable que leurs huit rayons sont disposés en deux groupes symétriques parfaitement caractérisés. De même, parmi les Échinodermes, le nombre des rayons n'est un peu considérable et inconstant que dans les classes des Stellérides et des Ophiurides; il augmente pendant une partie de la vie chez le *Labidiaster radiosus*, où il dépasse le nombre de 40; il approche de ce nombre chez les *Heliaster*, tombe à 18 chez la *Freyella spinosa*, à 13 ou même 11 chez le *Crossaster papposus*, à 9 chez le *Solaster endeca* et la *Luidia senegalensis*, à 7 chez la *L. ciliaris* et la *L. Savignyi*, à 6 chez plusieurs *Asterias*; chez la très grande majorité des Étoiles de mer, le nombre des rayons se fixe à 5, et l'on ne trouve guère que ce nombre chez les espèces à grandes plaques marginales, les *Luidia* exceptées. Quelques Ophiurides ont 6 ou même 7 bras, mais c'est la grande exception; la plupart n'en ont que 5, l'on observe ce nombre d'une manière constante chez les Blastoïdes, les Crinoïdes, les Echinides et les Holothurides. Toujours le nombre 4 est une monstruosité; c'est seulement chez les Cystidés qu'on peut compter un nombre inférieur de parties ressemblant à des bras.

Phénomènes de coalescence des mérides ou des zoïdes d'un même organisme. — Le caractère essentiel d'un organisme du rang des dèmes ou des zoïdes, c'est que les mérides dont il est formé demeurent incomplètement séparés. Le degré d'autonomie qu'acquiert chaque méride est extrêmement variable: on observe tous les intermédiaires entre les cas de séparation complète, qui aboutissent à la métagenèse, et les cas où toute démarcation extérieure entre les mérides a disparu. Parfois même toute trace de division s'efface, bien que l'animal, ainsi revenu à l'unité et simulant un simple méride, se rattache étroitement par les traits fondamentaux de son organisation à d'autres organismes, dont la qualité de zoïde ou de méride n'est pas contestable. Dugès a désigné cette sorte de fusion des mérides sous le nom de *coalescence*. Les exemples de coalescence sont nombreux, aussi bien parmi les Phytozoaires que parmi les Artiozoaires. C'est à des phénomènes de ce genre que paraît être due la forme massive de beaucoup d'Éponges. De même l'ombrelle des Méduses est formée de quatre hydromérides ou polypes hydriques coalescents. Chez les Étoiles de mer les bras si nettement distincts des *Brisinga* commencent déjà à se souder à leur base chez les ASTERIADE, et les progrès de la coalescence conduisent de la forme étoilée des ASTERIIDÆ, ECHINASTERIDÆ et LINCKIADÆ à la forme presque pentagonale des *Palmipes*, de diverses *Asterina*, des *Ctenodiscus*, de certains *Pentagonaster*, des *Nilorellia* et des *Culcita*. De même on peut expliquer par une coalescence de ce genre la forme sphéroïdale des Oursins et la forme cylindroïde des Holothuries.

Chez les Arthropodes la coalescence ne porte, en général, que sur des régions déterminées du corps. Tous les segments se fusionnent en deux masses, l'une céphalothoracique, l'autre abdominale chez les Aranéides. Tous les segments céphaliques sont, de même, absolument confondus chez les Myriapodes et les

Insectes; mais, tandis que chez les Araignées les segments divers du corps sont distincts chez l'embryon (fig. 83), il est impossible de les mettre en évidence, même aux phases les plus précoces du développement dans la tête des Insectes; c'est seulement par le nombre des appendices et la constitution des masses cérébroïdes qu'on arrive à les dénombrer chez ces Arthropodes.

Les Vers présentent des phénomènes analogues de coalescence. Les segments du corps s'effacent déjà chez les Sangsues, dont l'étude a cependant suggéré à Moquin-Tandon sa théorie des zoonites. Ils sont à peine reconnaissables chez les Clepsines (fig. 84). Ils ne se montrent que pendant la période

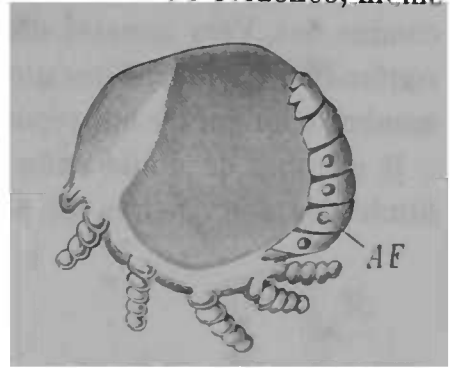


Fig. 83. — Embryon d'Araignée à segments abdominaux encore distincts. AF, rudiments des pattes (d'après Balfour).

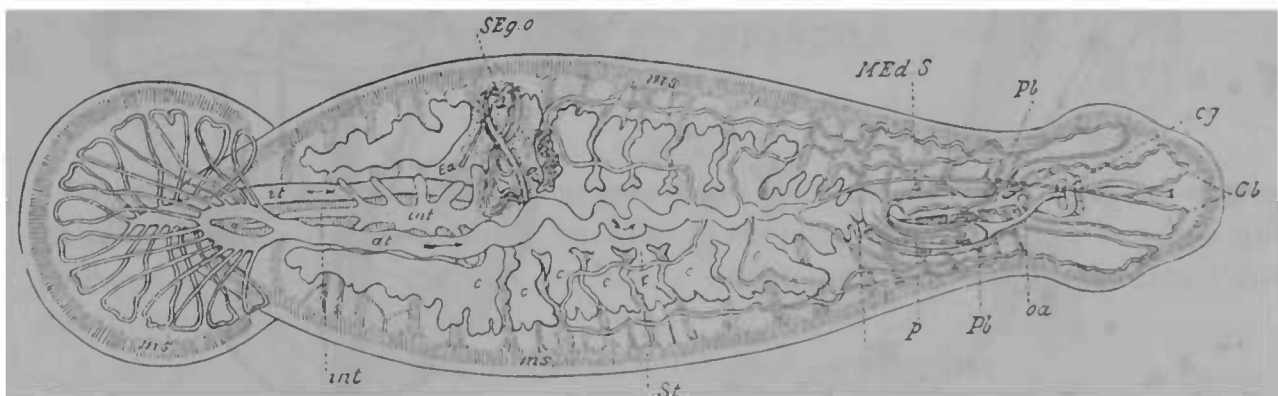


Fig. 84. — Appareil vu par transparence et dont les segments du corps sont à peine distincts. Jeune individu de *Clepsine marginata* (d'après C. O. Whitman). — P, pharynx; o, œsophage; c, cæcum de l'estomac; int, intestin; cg, ganglions cérébraux; SEgo, néphridie; Ea, son orifice externe; vt, vaisseau ventral; dt, vaisseau dorsal; Pb, branche pharyngienne; ms, sinus sanguin marginal ou latéral; MED S, sinus median.

embryonnaire chez les *Dinophilus*, qui prennent ensuite l'aspect ordinaire des Turbellariés et des Trématodes (fig. 85), dont les segments n'arrivent jamais à se distinguer. Ces derniers Vers peuvent, en conséquence, être considérés comme des Annelés à segments coalescents, car partout où on constate la segmentation du corps elle se montre comme un caractère primitif et non comme un caractère de perfectionnement, ainsi qu'on le suppose souvent. Cette proposition est bien établie par l'histoire de la classe des Géphyriens. Ces animaux se divisent en Géphyriens armés, pourvus de crochets (fig. 86), et en Géphyriens inermes, qui n'en ont pas. Les uns et les autres ne montrent à l'âge adulte aucune trace de segments. Or les embryons de Géphyriens armés sont segmentés (fig. 87), mais cette dernière indication de la métamérisation disparaît chez les Géphyriens inermes, qui ne présentent de segments à aucune époque de leur vie.

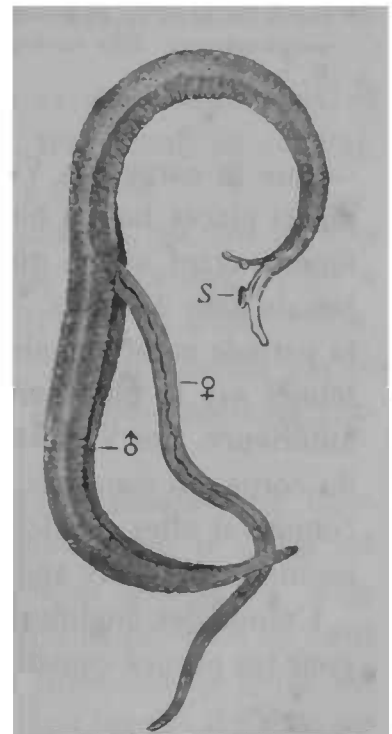


Fig. 85. — *Distomum haemutobium*. Le mâle porte la femelle dans le canal gynécophore. S, ventouse.

Cette disparition totale de segments, analogue à celle que nous avons déjà signalée chez les Araignées et les *Dinophilus*, au cours de leur développement, est un fait particulièrement intéres-

sant, car il autorise à se demander si les Mollusques, dont l'organisation présente tant de rapports avec celle des Vers annelés, ne doivent pas être considérés comme des Vers annelés dont les segments peu nombreux seraient complètement confondus. La même question se pose pour les Brachiopodes, et un assez grand nombre d'auteurs y ont répondu par l'affirmative.

Il est hors de doute enfin — la constitution de la colonne vertébrale et la similitude des deux paires de membres suffiraient à elles seules à le faire supposer

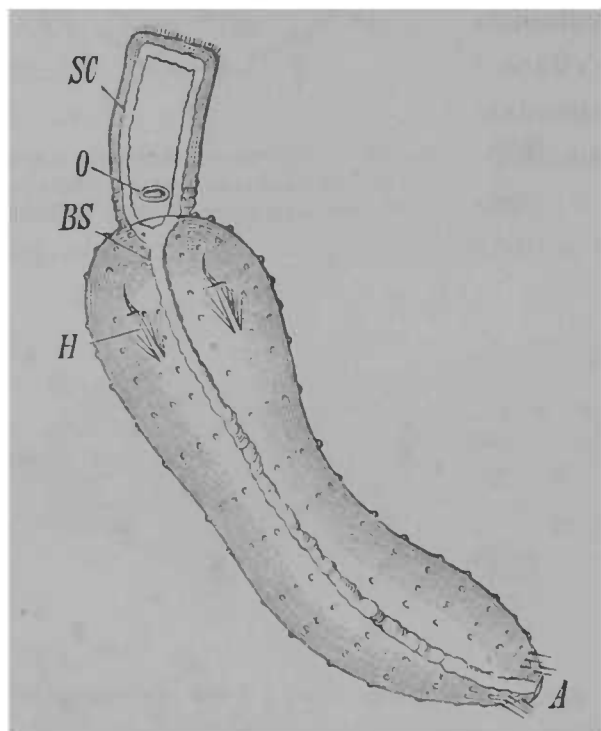


Fig. 86. — Jeune Géphyrien armé (*Echiurus*), vu par la face ventrale (d'après Hatschek). — *O*, bouche à la base de la trompe; *SC*, commissure œsophagienne; *BS*, cordon ventral; *A*, anus; *H*, crochets.

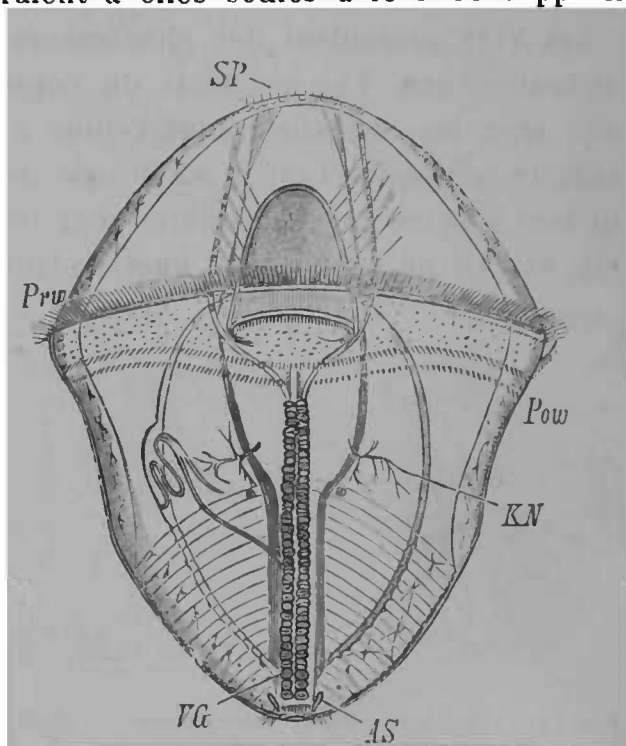


Fig. 87. — Larve d'*Echiurus*, vue par la face ventrale (d'après Hatschek). — *SP*, plaque apicale; *Ppw*, couronne ciliée préorale; *Pow*, couronne ciliée post-orale; *KN*, néphridie céphalique; *VG*, cordon ganglionnaire ventral réuni à la plaque apicale par de longues commissures œsophagiennes; *AS*, sac anal.

— que le corps des Vertébrés est formé, comme celui des Vers annelés, de segments placés bout à bout. Ici tous les segments céphaliques sont absolument confondus avant même que le squelette commence à se constituer, et ne se montrent jamais bien distincts. Au contraire les segments du corps, très apparents durant la période embryonnaire, se confondent bientôt, et la répétition régulière des vertèbres est le plus saillant des caractères qui accuse chez l'adulte leur présence antérieure. Les Vertèbres osseuses alternent d'ailleurs avec les véritables segments du corps, ou *myotomes*, au lieu de leur correspondre exactement; elles se disposent comme si elles tenaient la place des cloisons qui séparent les uns des autres les segments des Vers annelés.

L'étude des modifications qui peuvent subir les organes internes va nous révéler pour les parties constitutives des organes des faits entièrement analogues.

CHAPITRE III

MORPHOLOGIE INTERNE DIFFÉRENCIATION PHYSIOLOGIQUE DES PARTIES DU CORPS ORGANES ET APPAREILS

Identité des fonctions physiologiques dans les organismes des divers ordres de complication. — Nous avons vu dans le chapitre précédent que le corps des animaux, suivant qu'il est plus ou moins compliqué, peut être placé dans l'une des quatre catégories suivantes :

- 1° Les *plastides*, simples mélanges de substances sarcodiques ;
- 2° Les *mérides*, associations de plastides différenciés ou non ;
- 3° Les *zoïdes*, associations de mérides dont l'autonomie peut présenter tous les degrés, depuis la complète indépendance jusqu'à la fusion complète ;
- 4° Les *dèmes*, associations de zoïdes, ou de mérides et de zoïdes, qui peuvent eux aussi présenter tous les degrés d'autonomie.

Ces catégories ne sont pas absolues. Tous les passages existent entre elles, et de plus les organismes qui appartiennent à la plus élevée, traversent, en général, toutes les autres, au cours de leur développement, avant d'y arriver.

Quel que soit leur degré de complication, les Animaux jouissent, en somme, des mêmes facultés, dont l'exercice constitue ce que le principe des causes finales a conduit à appeler leurs *fonctions* : ils se *nourrissent*, *grandissent*, se *transforment*, *respirent*, *excrètent*, se *reproduisent* ; de plus ils *se meuvent*, et sont affectés par le milieu extérieur de diverses façons, qui déterminent chez eux des réactions particulières : c'est en cela que consiste leur *sensibilité*.

Différenciation des substances sarcodiques dans un même plastide. — Dans toute une grande division du Règne animal, celle des Protozoaires, le corps est constitué par un seul plastide qui exerce simultanément toutes les facultés, mais dont les diverses parties sont susceptibles d'acquérir, dans certains groupes, un haut degré de différenciation. C'est ainsi que chez les Infusoires ciliés dont le corps est limité par une couche dense et ferme de substance vivante ou inerte, il existe un orifice, le *cytostome*, pour l'entrée des aliments dans le cytosarque, des lèvres mobiles pour les saisir, des projectiles minuscules, destinés à être lancés contre les proies vivantes (*trichocystes*), ou des cils vibrants disposés d'une manière spéciale pour attirer vers le cytostome les Bactéries et autres petits êtres dont beaucoup de ces

animaux font leur nourriture. Cet orifice est souvent suivi d'un tube maintenu béant par des épaissements de sa paroi, le *cytopharynx* (fig. 88); l'eau chargée d'air, qui baigne déjà la surface du corps, peut arriver par son intermédiaire jusqu'à la substance vivante, la pénétrer et assurer ainsi sa respiration. Les déchets de la digestion sont de même rejetés par un orifice spécial, le *cytoprocte*, et un système de canaux parfois compliqué, aboutissant à une ou plusieurs *vacuoles contractiles*, conduit au dehors les excréments proprement dites. L'activité de la multiplication est

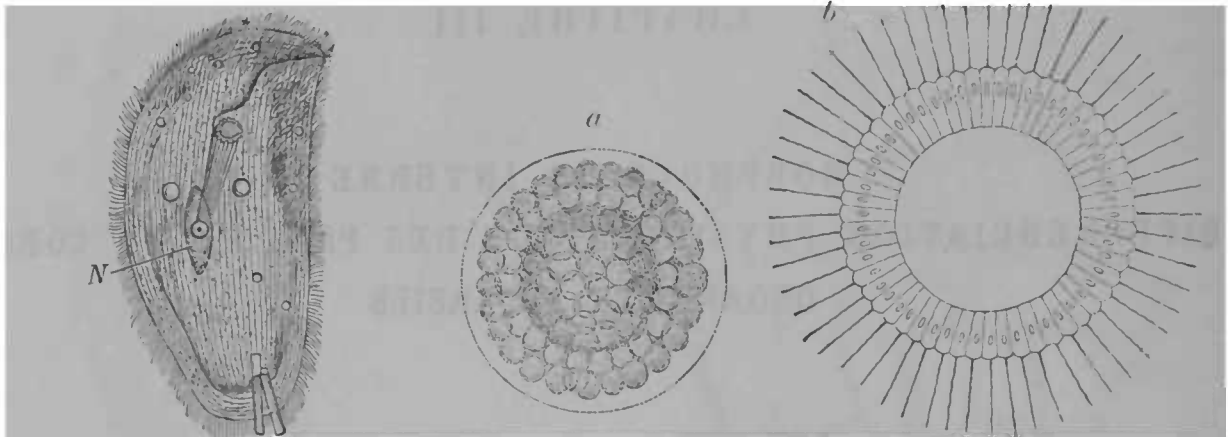


Fig. 88. — Infusoire cilié (*Chilodon cucullus*) avec cytostome et cytopharynx N, nucléus et nucléole. Des résidus de la digestion sortent par le cytoprocte (d'après Stein).

Fig. 89. — a, Morula d'une Étoile de mer (*Asterias Forbesii*). — b, Blastula d'une Méduse (*Aurelia aurita*).

maintenue par un acte spécial, la *conjugaison*, au cours duquel se développent parfois des appendices ou des orifices spéciaux. Des prolongements sarcodiques de formes variées, qui arrivent pour certaines espèces à être en nombre constant et à occuper une position déterminée (*Stylonychia*, fig. 16, p. 10, et autres OXYTRICHIDÆ), se différencient de manière à servir les uns à la marche, les autres à la natation, les autres au saut; des cordons sarcodiques spéciaux coordonnent leurs mouvements; il existe quelquefois des soies tactiles et certaines dispositions sont peut-être même en rapport avec la perception de la lumière ou de la chaleur. Les substances sarcodiques sont donc capables par elles-mêmes d'acquiescer les propriétés les plus diverses sans cesser de demeurer groupées en un même plastide.

Quand des plastides s'associent pour constituer un méride, ils cessent en général de présenter cette variété de facultés. Quelques-unes de leurs propriétés semblent s'exagérer, tandis que d'autres cessent de se manifester, et comme ce partage entre les facultés qui deviennent actives et celles qui deviennent inactives se fait différemment d'un plastide à l'autre, les plastides associés peuvent se spécialiser en des sens très variables. On range encore parmi les Protozoaires les associations où les plastides n'atteignent qu'un faible degré de différenciation, comme les Radiolaires composés (*Collozoum*, *Sphærozoum*, *Collosphæra*, *Siphonosphæra*), les Foraminifères pluriloculaires, les colonies de Flagellifères (*Anthophysa*, *Codosiga*, etc.), celles d'Infusoires ciliés (*Zoothamnium*, *Epistylis*, *Carchesium*, *Anoplophrya*, *Hoplitophrya*, *Opalinopsis*) ou d'Infusoires tentaculifères (*Dendrosoma*).

Différenciation des plastides dans un même organisme; tissus; leurs différentes sortes. — Un grand nombre de Phytozoaires et d'Artiozoaires passent au cours de leur développement par une phase où tous leurs plastides se ressemblent et se disposent en une sphère mamelonnée et immobile (fig. 89, a), ou à surface lisse

et ciliée (fig. 89, *b*). On donne le nom de *morula* à cette première phase du développement, de *blastula* à la seconde. Mais déjà dans les larves des Éponges calcaires dites *amphiblastula*, les éléments de la *blastula* sont différenciés, et la larve se partage en deux hémisphères, l'un formé des cellules ciliées qui rappellent celles des *blastula*, l'autre formé de grosses cellules sans cils qui rappellent celles des *morula* (fig. 90). Ces deux catégories d'éléments occuperont plus tard une position spéciale, et sont la première indication des feuillets constituant de la paroi du corps. En fait, les *morula* et les *blastula* ne sont que des phases passagères du développement; elles se transforment par des procédés divers en organismes présentant trois couches successives de plastides, couches auxquelles on donne les noms de *feuille externe* ou *exoderme*, *feuille moyenne* ou *mésoderme*, *feuille interne* ou *entoderme*.

Chez les Éponges et les Polypes ces trois feuillets demeurent intimement soudés. Mais les éléments qui les constituent subissent des différenciations spéciales. L'exoderme des Éponges est formé de plastides souvent mal délimités; dans le mésoderme (fig. 91) des plastides étoilés ou fusiformes sont plongés dans une abondante substance inerte, en même temps que des productions cornées, siliceuses ou calcaires, en forme de fibres ou de spicules. La contractilité est déjà,

au moins chez les Polypes, l'apanage plus particulier de certains éléments que nous appellerons les *éléments musculaires*; à côté d'eux se trouvent des éléments qui

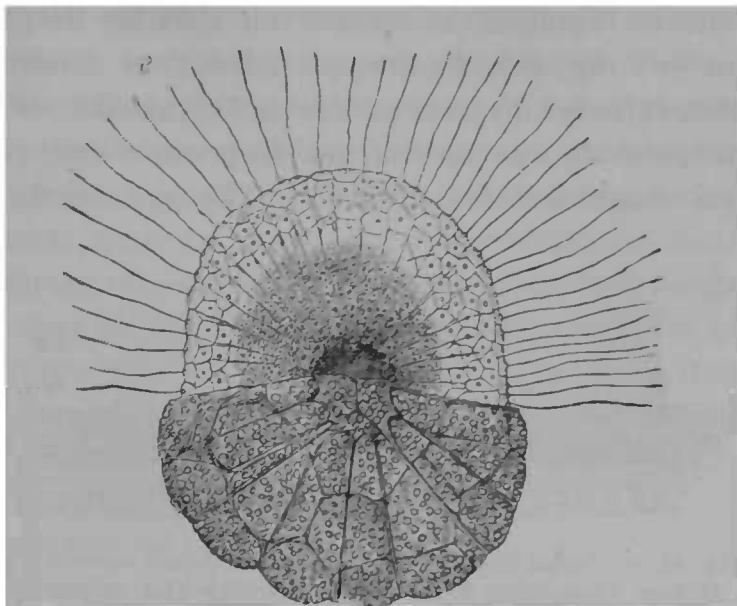


Fig. 90. — *Amphiblastula* d'une Eponge (*Sycon raphanus*). La moitié supérieure du corps (entodermique) est formée de cellules flagellifères, allongées; la moitié inférieure (exodermique), de grosses cellules granuleuses (d'après Fr. E. Schulze).

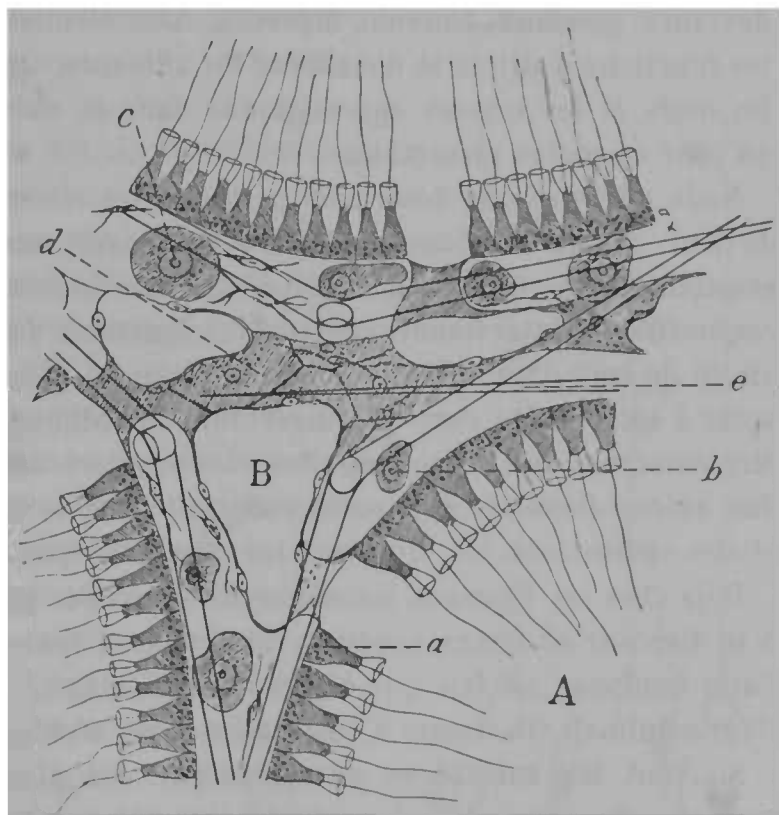


Fig. 91. — Coupe transversale à travers une Eponge (*Sycon raphanus*). A, canaux radiaires; B, canaux intermédiaires; *a*, cellules flagellifères, à collerette, formant l'entoderme, qui tapisse les canaux rayonnants; *d*, cellules aplaties, polygonales, de l'entoderme; *c*, spicules calcaires nés dans le mésoderme, qui renferme en outre des œufs *e*, en voie de développement, des cellules amiboïdes *b*, ainsi que des cellules fusiformes et étoilées, éparses dans la substance fondamentale hyaline (d'après Fr. E. Schulze).

se prolongent en grêles filaments dont le rôle paraît être d'établir des rapports entre les diverses parties de l'organisme; nous verrons ces éléments, douteux chez les Eponges, se caractériser chez les Polypes où ils constituent les *éléments nerveux* (fig. 92); d'autres plastides n'ont d'autre rôle que de maintenir la cohésion entre les diverses parties de l'organisme, de servir d'intermédiaire entre eux, au point de vue nutritif, ou de produire les parties solides, fibres ou spicules, qui constituent le *squelette* de l'Eponge ou du Polype. Ce sont là les *éléments conjonctifs*.

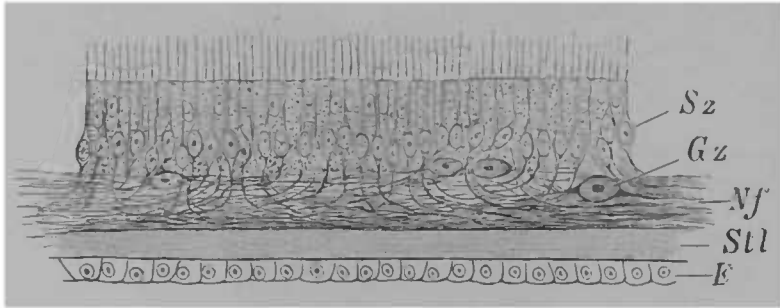


Fig. 92. — Coupe longitudinale à travers l'anneau nerveux d'une Méduse (*Charybdea*). Sz, cellules sensorielles; Gz, cellules ganglionnaires; Nf, fibres nerveuses; Stl, lamelle de soutien; E, cellules de l'entoderme.

L'entoderme tapisse des canaux qui rayonnent autour d'une cavité axiale, ou se ramifiant dans toute la substance de l'Eponge, se renflent de place en place en cavités sphériques, les *corbeilles vibratiles*, tapissées de grands plastides pourvus chacun d'un *flagellum vibrant* (fig. 91, a). Chez les Polypes, l'entoderme est

simplement cilié et entremêlé de gros éléments, les *cellules glandulaires*, produisant des sucs spéciaux, souvent digestifs. Aux éléments entodermiques sont dévolues les fonctions d'attirer et d'élaborer les aliments. On rencontre enfin habituellement les œufs et les masses spermatiques dans le mésoderme (fig. 91, c) à l'état isolé ou plus ou moins rassemblés.

Nous retrouverons désormais partout : des *éléments exodermiques* qui, en raison de leur situation même, tendront à accaparer toutes les fonctions relatives à la sensibilité; des *éléments musculaires* qui présideront à la locomotion; des *éléments conjonctifs* qui interviendront dans les fonctions de nutrition, de locomotion et serviront de trait d'union entre tous les plastides plus actifs; des *éléments glandulaires* aptes à sécréter les sucs qui digéreront les aliments ou les substances qui doivent être éliminées de l'organisme; des *éléments nerveux* chargés de régler les rapports des autres éléments soit entre eux, soit avec le milieu extérieur; enfin des œufs et des spermatozoïdes, qui sont les *éléments reproducteurs*.

Déjà chez les Eponges les éléments similaires présentent une tendance marquée à se disposer en lames, couches, faisceaux ou masses distinctes, de formes variées. Cette tendance ne fait que s'accuser davantage à mesure qu'on s'élève dans le Règne animal. On donne à ces assemblages d'éléments similaires le nom de *tissus*.

Souvent les substances excrétées par des plastides de même nature s'accumulent entre eux, les dissocient, arrivent parfois à déterminer leur mort, et revêtent elles-mêmes des caractères spéciaux, dont nous aurons plus tard à faire l'étude. Ces substances mortes qui prennent une part importante à la constitution des tissus et leur impriment des caractères spéciaux, sont désignées sous le nom de *substances interstitielles*.

Dans le langage courant des anatomistes on appelle *cellules* des plastides qui sont également développés dans toutes les directions et peuvent être sphériques, polyédriques ou étoilés. On appelle *fibres* des plastides allongés dans deux directions opposées, et l'on étend cette dénomination aux filaments de diverse nature

qui se développent souvent dans les substances interstitielles. Les tissus formés de cellules et les tissus formés de fibres ont un aspect bien différent; aussi a-t-on distingué de bonne heure les *tissus celluloux* ou tissus de cellules et les *tissus fibreux*. Les premiers sont constitués : 1° par les *éléments glandulaires*; 2° par les plastides qui forment aux surfaces libres, internes ou externes, des organismes ces revêtements continus qu'on appelle ses *épithéliums*; 3° par les amas plus ou moins volumineux de cellules glandulaires ou conjonctives auxquels on donne le nom de *parenchymes*. Les éléments nerveux et les éléments musculaires constituent ordinairement des tissus fibreux. Quant aux éléments conjonctifs, ils forment des tissus qui peuvent revêtir, chez les animaux supérieurs, les aspects les plus variés. Nous consacrons un chapitre spécial à l'étude détaillée des divers tissus.

Organes, appendices et membres des mériques.

— La forme générale du corps chez les plus simples des Polypes pourvus d'une bouche (*Protohydra*, polypes nourriciers des SIPHONOPHORES) est celle d'un cornet dont les parois sont constituées par les trois couches soudées que nous avons appelées *exoderme*, *mésoderme*, *entoderme*. Le caractère physiologique de l'exoderme s'accroît ici par la présence d'innombrables organes d'attaque et de défense, les *nématocystes* (fig. 93), sortes de capsules remplies d'un liquide venimeux, et contenant en outre un tube d'écoulement, enroulé en hélice, qui se détend brusquement au moindre contact, pénètre dans le corps qui a produit le contact, et y verse le poison. Cet exoderme présente, en outre, une foule d'éléments sensitifs, dont les prolongements déliés pénètrent dans le *mésoderme* ordinairement très mince (fig. 92). Le mésoderme et l'entoderme ne présentent rien jusqu'ici qui diffère essentiellement de ce que nous avons vu chez les Éponges. Chez l'Hydre d'eau douce quelques faits nouveaux apparaissent. Autour de l'orifice du cornet, qui sert à la fois à l'entrée des aliments et à l'expulsion des déchets de la digestion, se montrent de longs prolongements de la paroi du corps, les *tentacules*, qui servent à la capture des proies. En outre, à la fin de la belle saison, apparaissent sur l'Hydre des bourgeons qui, au lieu de devenir de nouveaux polypes, demeurent à l'état sphérique, et dont un plastide se développe de manière à constituer, soit un *œuf*, soit un *amas de spermatozoïdes*. Des parties du corps se différencient donc ici pour remplir des fonctions déterminées : la *préhension des aliments*, la *reproduction*. Une partie du corps ainsi différenciée est ce qu'on nomme un *organe*. L'exoderme, l'entoderme, le mésoderme et les tissus qui en dépendent, prennent part aussi bien à la formation du tentacule qu'à celle des bourgeons reproducteurs. On peut donc aussi définir un organe, un

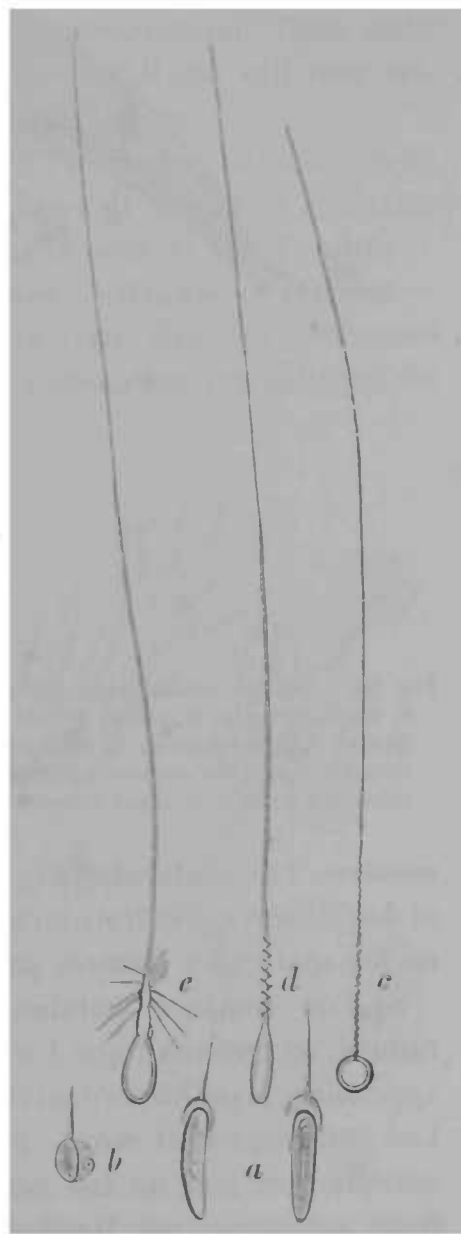


Fig. 93. — Capsules urticantes et cni-doblastes de *Siphonophores*. *a* et *b*, capsules à cnidoœil; *e* à *e*, fil déroulé, après déchirure de la capsule.

assemblage de tissus combinés de manière à remplir une fonction déterminée. Le mot *organe a*, par conséquent, une signification essentiellement physiologique.

Les parties du corps que l'on désigne sous ce nom quand on les envisage au point de vue purement physiologique, peuvent en recevoir d'autres quand on les envisage à un autre point de vue. Ainsi les tentacules sont des prolongements externes de la paroi du corps; or ces prolongements externes reçoivent fréquemment le nom d'*appendices*. Ces mêmes tentacules servent à la préhension et sont souvent, pour cette raison, désignés sous le nom de *bras*; de tels organes externes, préhenseurs ou locomoteurs, sont aussi ce que nous appelons des

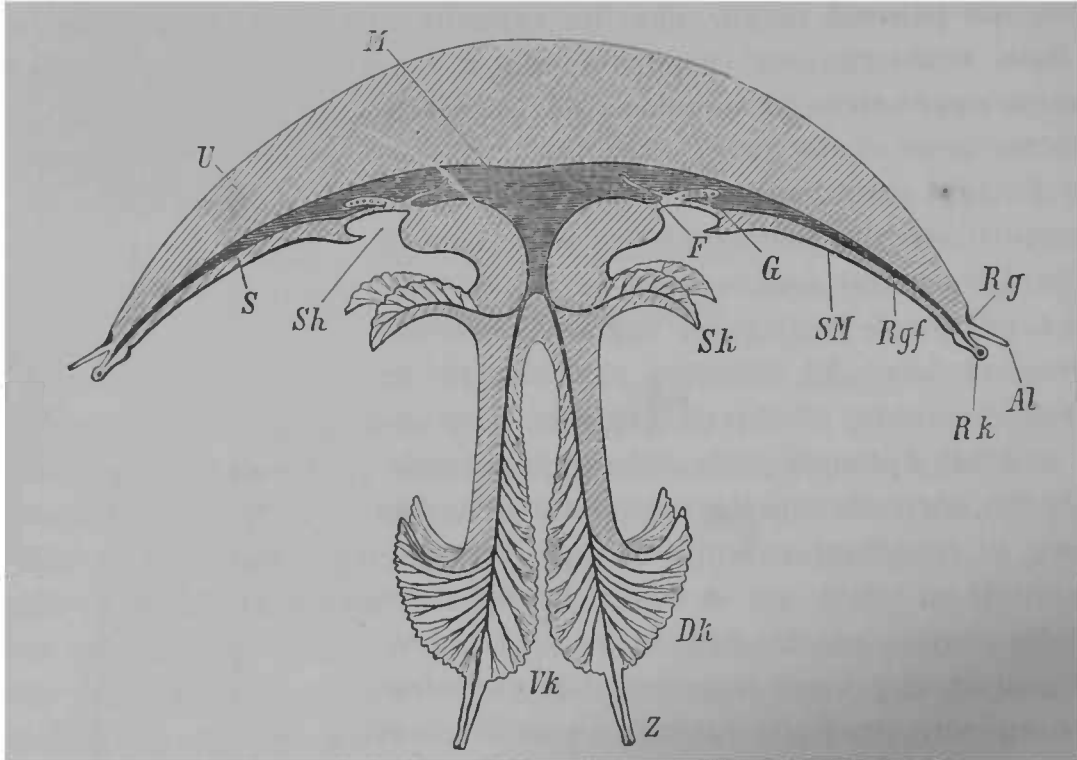


Fig. 94. — Coupe schématique verticale d'une Méduse (*Rhizostoma*). — *U*, ombrelle; *M*, cavité gastrique; *S*, sous-ombrelle; *G*, ruban génital faisant saillie dans la cavité de l'ombrelle; *Sh*, cavité génitale; *F*, filaments; *SM*, muscles de la sous-ombrelle; *Rgf*, vaisseaux radiaires; *Rk*, corps marginaux; *Rg*, fossette olfactive; *Al*, lobe oculaire; *Sk*, *Dk* et *Vk*, plis supérieurs, dorsaux et ventraux des huit bras; *Z*, extrémités des bras, présentant chacune un orifice buccal.

membres. Les tentacules des Hydres sont donc à la fois des *organes*, des *appendices* et des *membres*. Ces trois termes qui paraissent ici synonymes, ne le sont plus quand on les applique à d'autres parties du corps.

Si l'on compare maintenant aux Hydres d'eau douce, les Hydraires à corps ramifié, on reconnaît que l'*organe reproducteur* de l'Hydre n'est nullement un simple appendice, mais bien l'équivalent d'un *polype*, c'est-à-dire d'un méride tout entier. Les mots *organe* et *méride* peuvent donc encore être synonymes, mais c'est là une exception et non un fait général, comme on pourrait le conclure des dénominations appliquées par Hæckel aux différents degrés d'individu... comme : le *plastide*, l'*organe*, la *personne*, le *corps*... successifs de complication.

certains polypes

parfaites (*Cor*

se place, le

Il dev

corps d'

mination d'organe lui est, en général, seule l'applicable. En raison de la faible épaisseur des parois du corps des polypes, des organes ne peuvent se développer dans cette paroi sans faire saillie, soit à l'extérieur, soit dans la cavité digestive proprement dite, soit dans ses dépendances directes ou indirectes. Dans ce dernier cas, se trouvent habituellement les organes génitaux des Méduses (fig. 94), et des Coralliaires qui paraissent contenus dans la cavité digestive. Il n'en est plus ainsi chez les autres animaux.

Le mésoderme des Échinodermes et de presque tous les Artiozoaires est creusé d'une vaste cavité, parfois subdivisée, dont la plus grande partie est tapissée chez les premiers d'une membrane entodermique, fournie par le sac digestif primitif, tandis qu'elle résulte chez les seconds d'une simple scissure dans l'épaisseur du feuillet moyen. C'est là la *cavité générale* qui porte aussi les noms d'*entérocoèle* ou de *schizo-coèle* suivant qu'elle est ou non tapissée par une lame entodermique. Dans cette cavité sont désormais contenus les principaux organes, quelle que soit leur origine. On leur applique souvent dès lors la dénomination de *viscères*.

Chez les Éponges et les Polypes la cavité générale n'existe pas; l'unique cavité du corps semble cumuler les fonctions de cavité digestive et de cavité générale; c'est pourquoi Leuckart avait désigné ces animaux sous le nom de *COELENTERÉS*.

Formation des organes dans les zoïdes et les dèmes. — Organes externes. — Les *organes externes* des animaux du rang des zoïdes peuvent être soit de simples appendices, soit des mériques; ils peuvent devenir des zoïdes chez les animaux du

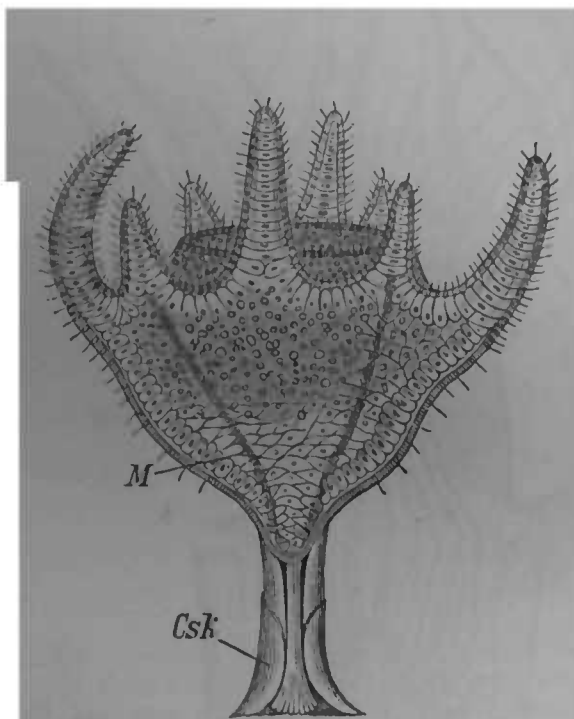


Fig. 95. — *Scyphistoma* à huit tentacules pleins, contenant l'entodermique; *M*, muscles lepto-gastriques; *Csk*, cordon splanchnique.

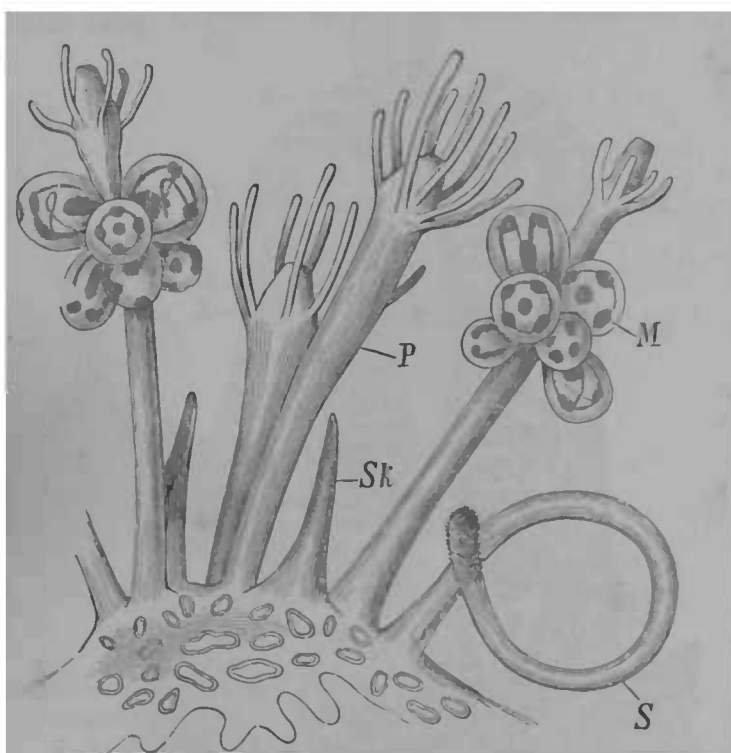


Fig. 96. — Dème de *Podocoryne carnea*. — *P*, Polypes nourriciers ou gamozoïdes; *M*, bourgeons médusoides ou les mériques prolifères ou gonomériques; *SK*, mériques anthomériques (d'après C. Grobben).

différentes catégories d'organes peuvent former la plus simple que revêt une paroi exclusivement exodermique. Chez les Scyphistomes, des Lucernaires, etc., l'axe soit occupé par un cordon

de cellules entodermiques (fig. 95). Les appendices commencent à se rapprocher des mériides dès qu'un canal apparaît dans leur intérieur, comme cela a lieu pour les tentacules de divers polypes hydriques et pour ceux des Méduses discophores; les organes sensitifs de ces dernières, connus sous le nom d'*organes marginaux*, peuvent être considérés comme une modification de ces tentacules. La subordination de ces organes à un mériide ou à un zoïde déterminé conduit seule à ne voir en eux que des

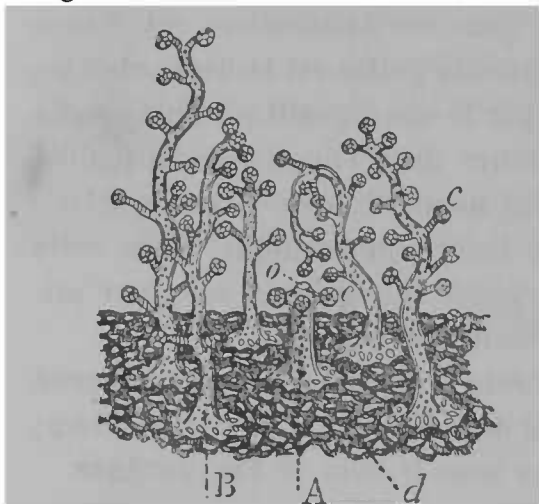


Fig. 97. — Zoïde ou groupe de mériides de *Millepora nodosa*. — A, gastroméride; O, la bouche; B, dactylomériides; C, tentacules; d, canaux réticulés mettant les cavités des mériides en communication (d'après Moseley).

appendices; lorsque cette subordination disparaît, ils deviennent les équivalents des mériides parmi lesquels ils sont situés, mais par rapport auxquels ils conservent toute leur indépendance; ils sont des organes du zoïde ou du dème dont ces mériides font partie, comme les appendices sont eux-mêmes des organes des mériides. Tels sont les dactylomériides des *Hydractinia*, *Podocoryne* (fig. 96), *Spinipora*, *Errina*, etc. De tels dactylomériides, tout en conservant avec l'organisme dont ils font partie les rapports caractéristiques des mériides ordinaires ou mériides nourriciers, peuvent contracter avec ceux-ci des rapports physiologiques plus étroits : ils se rangent en cercle autour

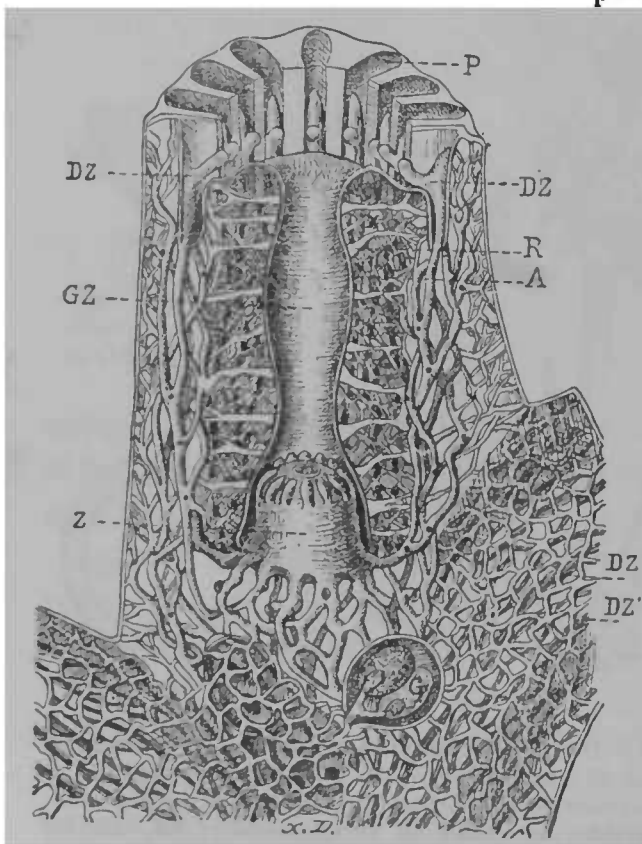


Fig. 98. — Coupe verticale à travers un zoïde d'*Allopora profunda*. — Z, gastroméride; DZ, dactylomériides; DZ', dactylomériides des zoïdes adjacents; GZ, sac du gastroméride; P, sac des dactylomériides (d'après Moseley).

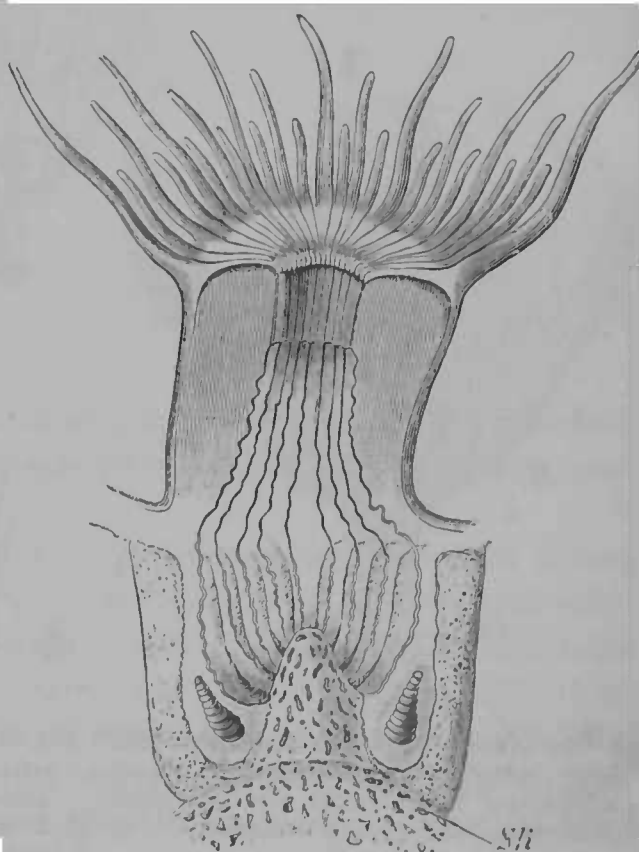


Fig. 99. — Coupe verticale à travers un zoïde de l'*Astroïdes calycularis*. — Au tube orosophagien ou gastroméride se fixent les cloisons des loges qui font suite aux tentacules ou dactylomériides; Sk, columelle (d'après de Lacaze-Duthiers).

d'eux chez les *Millepora* (fig. 97); chaque système formé par un mériide nourricier ou gastroméride et un cercle de dactylomériides, est entouré par une muraille

commune chez les *Allopora* (fig. 98), les *Stylaster*, les *Cryptohelia*. Dans ce dernier genre, les dactylomérides jouent manifestement le rôle de tentacules par rapport au gastroméride qui en est dépourvu. Ils sont devenus les organes d'un zoïde dont ils constituent, avec le gastroméride central, les parties intégrantes. Un tel zoïde ne

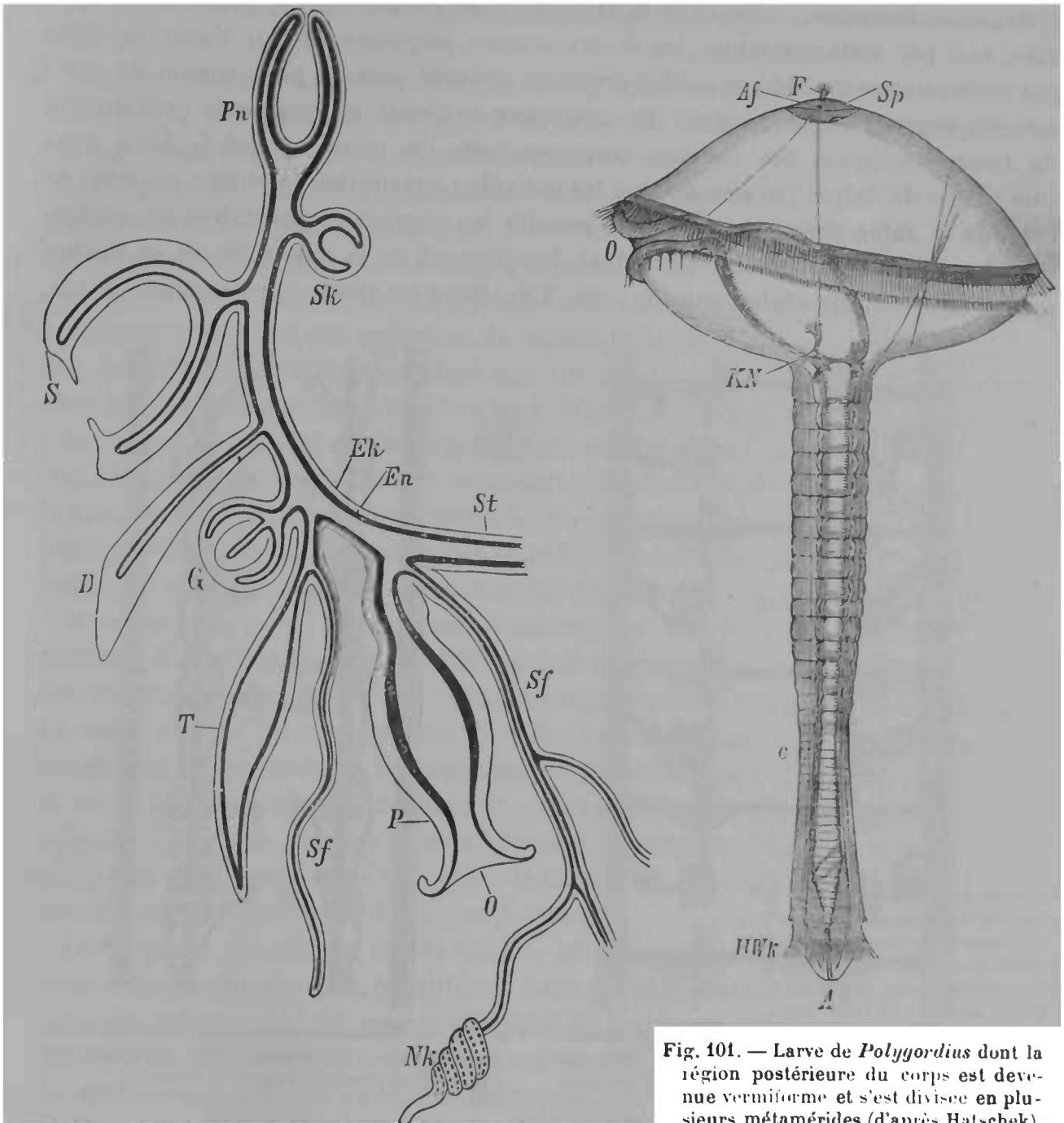


Fig. 100. — Schéma d'un Siphonophore du type des **PHYSOPHORIDES**. — *St*, tige; *Ek*, exoderme; *En*, entoderme; *Pn*, pneumatophore; *Sk*, bourgeon d'une cloche natatrice; *D*, bouclier; *G*, bourgeon sexuel; *T*, tentacule; *Sf*, dactyloméride; *P*, gastroméride; *O*, sa bouche; *Nk*, bouton urticant.

Fig. 101. — Larve de *Polygordius* dont la région postérieure du corps est devenue vermiforme et s'est divisée en plusieurs métamérides (d'après Hatschek). — *O*, bouche; *A*, anus; *K.V.*, néphridie céphalique; *Sp*, plaque apicale; *F*, tentacules; *Af*, tache oculaire; *HWK*, couronne ciliée postérieure.

diffère que par un degré moindre d'union des parties, d'un polype coralliaire (fig. 99); les tentacules d'un de ces derniers polypes ont donc, eux aussi, une valeur morphologique supérieure à celle des tentacules d'un polype hydraire; ce ne sont plus de simples appendices, mais bien des mérides n'ayant, au point de vue physiologique, que la qualité d'organes. Il en est de même des parties formant l'ombrelle d'une Méduse, d'après ce que nous avons dit précédemment (page 37) de la constitution de ces organismes.

Enfin les Méduses elles-mêmes, tant qu'elles restent unies au dème qui les a produites, ne sont, malgré leur qualité de zoïdes, que des organes de ce dème. De fait, elles constituent chez nombre de Siphonophores (fig. 100) les organes locomoteurs de ces animaux; aussi les désigne-t-on souvent sous le nom de *cloches natatrices*.

Organes internes. — Pendant la croissance du corps soit par ramification latérale, soit par métamérisation, les divers *organes internes* contenus dans l'individu qui se développe (méride ou zoïde) prennent souvent part au phénomène, de sorte que les organes contenus dans les nouveaux rameaux ou segments proviennent du bourgeonnement des organes correspondants du méride primitif. Ainsi dans une chaîne de Salpes l'ovaire de tous les individus constituant la chaîne provient de celui de la Salpe mère; chez les Vers annelés les organes segmentaires ou néphridies des différents segments procèdent directement de la néphridie de la trochosphère ou néphridie céphalique (fig. 101, KN). Dans un assez grand nombre de cas,

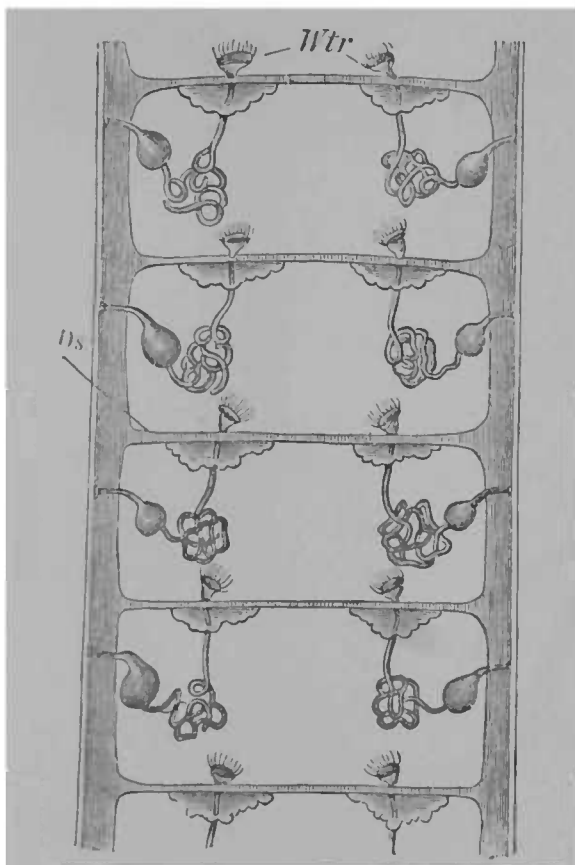


Fig. 102. — Néphridies isolées d'un Ver annelé. *Ds*, cloisons qui séparent les anneaux; *Wtr*, pavillons ciliés, qui terminent des canaux enroulés en peloton (d'après C. Semper).

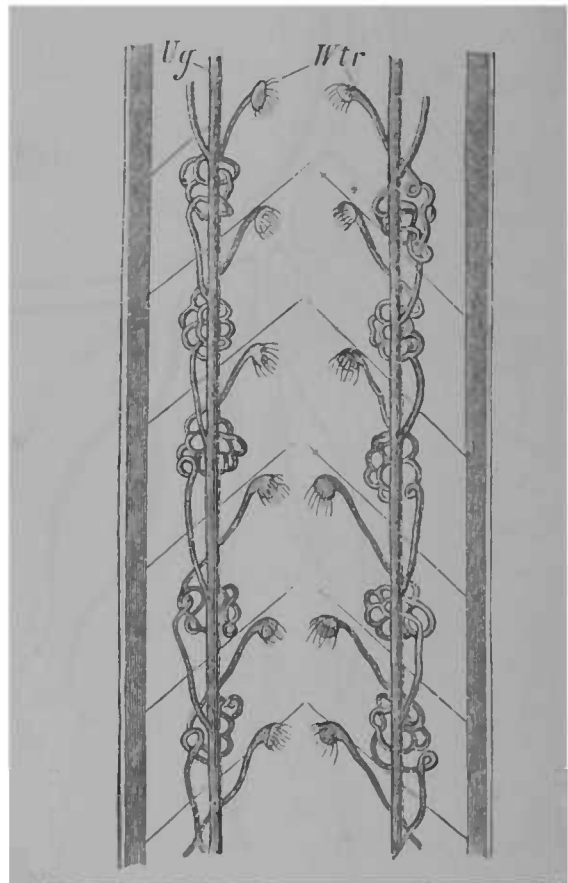


Fig. 103. — Néphridies demeurées unies entre elles d'un embryon de Squal. *Wtr*, pavillons ciliés; *Ug*, uretère primitif (d'après C. Semper).

les organes ainsi formés s'isolent complètement les uns des autres, alors même que les rameaux ou les segments demeurent réunis, de sorte que chacun de ceux-ci, parvenu à l'état adulte, possède en propre tous ses organes (néphridies des Annélides, des Lombriciens, fig. 102, et des Hirudinées). Mais d'autres fois ces organes demeurent unis soit par des parties dont l'activité fonctionnelle a été anéantie ou modifiée (glandes génitales des Étoiles de mer et des Comatules; testicules des Sangsues, fig. 167, page 111; ganglions de la chaîne nerveuse des Arthropodes et des Vers), soit par des parties ayant conservé tous les caractères de l'organe normal (rein primitif des Vertébrés, fig. 103, moelle épinière, appareil circulatoire de ces animaux.) Dans ce dernier cas, les organes d'une même catégorie peuvent

abandonner les rameaux ou les segments, en un mot les mérides, desquels ils dépendent, et se réunir en unités plus ou moins compactes. Ces unités, cessant d'être rapportables à un méride déterminé, deviennent les organes du zoïde ou du dème dont ces mérides font partie. Ainsi les centres nerveux abdominaux des Crabes, des Araignées, des Scarabéides, s'unissent dans le thorax aux centres nerveux de cette région du corps.

Mais ce n'est pas seulement par cette sorte d'*indivision* suivie de *concentration* que les organes des zoïdes ou des dèmes se forment à l'aide de ceux des mérides. Un certain nombre de ces organes peuvent aussi prendre un développement exagéré, et remplacent dans leurs fonctions les autres organes similaires qui avortent. Ces organes de mérides passent ainsi au rang d'organes de zoïdes ou de dèmes. Ainsi chez les Géphyriens armés dont les embryons présentent une quinzaine de segments, le nombre des néphridies n'est cependant que de trois paires chez les Thalassèmes; de deux chez les Echiures; il n'y a plus même qu'un seul de ces organes chez les Bonellies (fig. 148, p. 101). On observe une semblable réduction sur le nombre des testicules et des ovaires de ces animaux. Le nombre des ovaires et des testicules se réduit également beaucoup chez les Sangsues et surtout les Lombrics.

D'autres fois, parmi les organes similaires des divers mérides, un certain nombre se différencient et prennent des fonctions qui manquent aux organes correspondants. Le tube digestif se subdivise de la sorte en pharynx, œsophage, gésier, intestin, rectum, chez les Lombriciens et un grand nombre d'Annélides; la contractilité des vaisseaux se limite chez les mêmes animaux à certaines poches ou à certaines anses (fig. 104), de manière à constituer un cœur médian et des cœurs latéraux.

Les organes des dèmes et des zoïdes, et notamment leurs organes internes, se constituent donc à l'aide de ceux des mérides par les mêmes procédés de bourgeonnement, de différenciation, de réduction numérique et de coalescence qui ont amené la formation des dèmes et des zoïdes eux-mêmes, à l'aide des mérides.

Organes homotypes et organes homologues; systèmes. — Richard Owen a appelé *organes homotypes* les organes qui se correspondent dans les différents mérides constituant *un même organisme*, et ceux qui résultent d'un même mode de différenciation, de groupement et de coalescence des organes de ces mérides. Il appelle *organes homologues* les organes qui, chez *deux individus différents*, présentent exactement les mêmes rapports avec les autres organes, et peuvent, en conséquence, recevoir la même dénomination. Ces deux catégories de ressemblance sont au fond de même nature, puisque les mérides constituant un organisme donné peuvent souvent s'isoler et former des individualités distinctes, dont les organes, d'abord *homotypes*, deviennent simplement *homologues*, par le fait de la séparation. Les pattes d'un

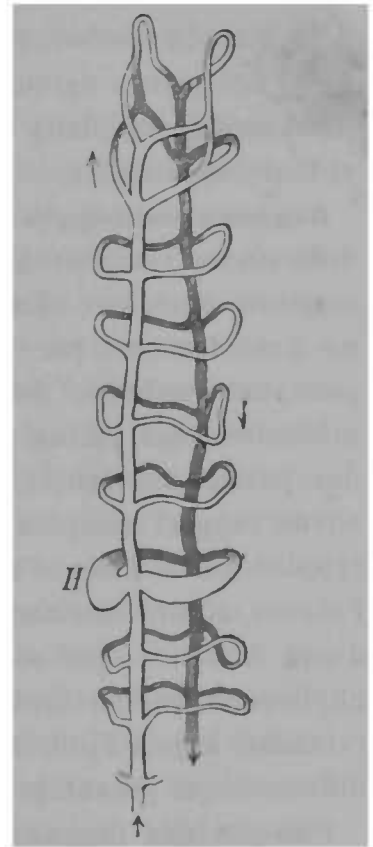


Fig. 104. — Portion antérieure de l'appareil circulatoire d'un Lombricien (*Savuris*), d'après Gegenbaur. Dans le vaisseau dorsal le sang se meut d'arrière en avant, dans le vaisseau ventral d'avant en arrière (dans le sens des flèches). H, anse latérale élargie, contractile, formant un cœur latéral.

Arthropode, les vertèbres, les côtes, les membres d'un Vertébré, les néphridies d'un Ver annelé, les ganglions nerveux d'un animal segmenté sont des organes homotypes.

L'ensemble des organes homotypes d'un animal donné constitue ce qu'on nomme un *système* : les antennes, les organes masticateurs, les pattes d'un Crustacé constituent son *système appendiculaire*; les vaisseaux, les nerfs, les néphridies d'un animal segmenté constituent respectivement son *système vasculaire*, son *système nerveux*, son *système rénal*; les vertèbres, les os du crâne, les côtes, les os des membres d'un Vertébré, son *système osseux*, etc.

Comme tous les organes homotypes ont la même structure, on peut, dans la définition du *système*, substituer à la notion d'homotypie, celle d'identité de structure. Les pièces osseuses appartenant au squelette dermique des Vertébrés rentrent de la sorte dans le système osseux, au même titre que les arcs vertébraux et leurs appendices.

Organes analogues. — Les organes homotypes ou homologues étant aptes à se différencier remplissent très souvent des fonctions différentes : c'est ainsi que le membre antérieur d'un Vertébré peut être une patte, une nageoire, une aile, un bras terminé par une main; que les appendices homotypes d'un Crustacé peuvent constituer des antennes, des mandibules, des mâchoires, des pattes-mâchoires, des pattes préhensiles, des pattes ambulatoires, des pattes natatoires, des pattes copulatrices, des pattes respiratoires. Inversement des organes sans aucun rapport morphologique peuvent remplir la même fonction : il n'y a aucun rapport entre l'aile d'un Oiseau et celle d'un Papillon; entre les branchies d'un Poisson, constituées aux dépens de la partie antérieure de son œsophage, et celles d'une Annélide qui sont des dépendances de la peau, ou celles d'un Crustacé phyllope qui ne sont que des parties de pattes transformées. On donne généralement aujourd'hui le nom d'*organes analogues* aux organes morphologiquement différents qui jouent le même rôle physiologique ¹.

Puisque des organes homologues peuvent jouer des rôles différents, et que des organes morphologiquement différents peuvent jouer le même rôle, on est autorisé à dire que *la fonction est indépendante de l'organe et réciproquement*. Il est, en effet, certain qu'un organe peut changer de fonction non seulement d'un individu à un autre, non seulement d'un méride à un autre sur le même individu, mais encore sur un même méride au cours de la vie de l'individu dont il fait partie : les antennes, les mandibules et les mâchoires de beaucoup de Crustacés commencent par être des pattes natatoires, et, comme Dohrn l'a fait remarquer avec raison, le *changement de fonction* des organes a été un des moyens les plus efficaces de diversification des formes vivantes.

Dans les exemples que nous venons de citer, les organes ne font que s'approprier plus spécialement à des fonctions qu'ils ont d'abord exercées concurremment avec d'autres; mais l'exercice d'une fonction peut aussi déterminer la formation

1. La dénomination d'*organes analogues* prise dans ce sens a été employée par Richard Owen. Étienne-Geoffroy Saint-Hilaire appelait *organes analogues* ceux qu'on appelle aujourd'hui, avec Richard Owen, *organes homologues*. Sa *théorie des analogues* serait pour les auteurs modernes une *théorie des homologues*; il est peut-être fâcheux qu'un scrupule grammatical ait conduit à changer le vocabulaire employé par l'un des fondateurs de la morphologie.

des organes qui lui correspondent. Ainsi autour du condyle d'un os sorti de sa cavité articulaire, à la suite d'une luxation, se constitue une nouvelle cavité cotyloïde; un muscle exercé se fortifie, et détermine l'apparition d'apophyses nouvelles sur l'os auquel il s'attache. Ces faits et d'autres du même ordre ont conduit les physiologistes à dire que *la fonction crée l'organe*. Cette proposition peut paraître au premier abord en désaccord avec la précédente, mais il n'en est rien. Si la fonction crée l'organe, cela suppose, en effet, qu'elle en est indépendante, et l'organe, une fois créé, peut à son tour exercer des fonctions autres que celles pour lesquelles il s'est constitué. Cela suppose, à la vérité, dans les organismes une mobilité que n'admettaient pas, il y a peu de temps encore, les anatomistes.

Principe des connexions. — Il résulte de ce qui précède que pour comparer rigoureusement les animaux les uns avec les autres, les zoologistes doivent se proposer de suivre, dans une série déterminée d'animaux, le même organe à travers tous les changements de forme et de fonction qu'il subit. C'est là, en effet, l'un des problèmes les plus importants de la morphologie. Sa solution ne comporterait aucune difficulté s'il était toujours possible de trouver toutes les transitions entre deux états différents de l'organe. Mais il arrive fréquemment que la chaîne des transitions ne peut être reconstituée, soit parce que les êtres vivants ou fossiles qui les présentent ne sont pas encore connus, soit parce que certains fossiles sont peut-être perdus pour toujours. Il est donc nécessaire de rechercher s'il n'existe pas de critérium permettant de reconnaître un organe, quelles que soient les modifications qu'il ait subies. Dans les organismes simples dont la valeur morphologique ne dépasse pas l'état de méride (ROTIFÈRES), dans les différents mérides constituant un zoïde déterminé (mérides d'un zoïde ramifié d'HYDRAIRES, de CORALLIAIRES ou de BRYOZOAIRES, segments du corps d'un ARTHROPODE ou d'un VER), les organes peu nombreux, peu compliqués, se reconnaissent en général sans grande difficulté : ils occupent les uns par rapport aux autres les mêmes positions respectives, et cette position permet souvent, à elle seule, de déterminer leur nature. Lorsque dans un zoïde les organes homologues des divers mérides se groupent de manière à constituer une seule et même unité organique, les organes complexes résultant de la coalescence des organes simples gardent naturellement les mêmes positions respectives que ces derniers, et leurs rapports, une fois établis, se conservent, en général, quelles que soient leurs modifications ultérieures. La détermination exacte, d'ailleurs parfois difficile, des rapports ou, suivant l'expression de Geoffroy Saint-Hilaire, des *connexions* d'un organe problématique, peut donc permettre de reconnaître sa véritable nature morphologique. Ces connexions sont particulièrement fixes : 1^o lorsque les mérides sont à ce point spécialisés et solidaires que leur nombre devient constant dans le corps des animaux d'un même groupe (MALACOSTRACÉS; ARANÉIDES; INSECTES); 2^o lorsque les mérides arrivent à se fusionner au point de ne plus être discernables dans un corps absolument continu (tête des INSECTES et des VERTÉBRÉS, abdomen des ARAIGNÉES, totalité du corps des GÉPHYRIENS et des MOLLUSQUES). En raison de la fixité des connexions de leurs organes, on dit que les animaux constitués dans ces conditions sont construits sur le même type. On peut effectivement concevoir alors, dans chaque cas, un animal idéal, dème ou zoïde,

formé d'un nombre tel de parties, groupées d'une telle façon, qu'il n'y ait plus qu'à modifier la grandeur, la forme, l'usage de ces parties pour en déduire tous les animaux d'un groupe donné. Mais, nous le savons déjà, le type ne peut être défini avec cette rigueur que dans les termes les plus complètement différenciés ou condensés de chacune des séries dont se compose le Règne animal. On ne le trouve pas toujours complètement réalisé chez les animaux les plus élevés en organisation. Ainsi le nombre des vertèbres du tronc est déjà variable chez les Mammifères; cette variabilité s'étend au nombre des vertèbres du cou chez les Oiseaux, et le nombre total des vertèbres peut varier dans l'ensemble de l'embranchement des Vertébrés de 422 (*Python*) à 8 ou 10 (BATRACIENS ANOURES). Dans ces conditions, la fixité des connexions ne peut être observée que dans les rapports généraux des organes tels que les rapports de position du système nerveux, du tube digestif et des centres d'impulsion de l'appareil circulatoire, ou dans les parties coalescentes, formées originairement, soit d'un même nombre de segments, comme paraît l'avoir été la tête des Vertébrés, soit d'un même nombre de dépendances homologues des segments, comme c'est le cas pour les membres.

Importance des applications du principe des connexions. — En raison de la fixité qu'acquièrent les connexions chez les animaux tels que les Insectes, les Crustacés malacostracés ou les Mollusques, il devient légitime de prendre pour point de départ, chez ces animaux, un système important d'organes, le *système nerveux*, par exemple, et de déterminer la nature des organes douteux, d'après leurs rapports avec les dépendances de ce système. C'est ainsi que les chélicères des Arachnides ont été déterminées comme des antennes par M. Em. Blanchard parce qu'elles sont innervées par les ganglions cérébroïdes, à la façon des antennes des Crustacés, des Myriapodes et des Insectes; que les lobes dont les Aplysies se servent pour nager ont été déterminés comme des dépendances du pied de ces Mollusques à cause de leurs rapports avec les ganglions pédieux, par M. de Lacaze-Duthiers, et que ce savant a pu deviner, en quelque sorte, puis démontrer l'existence d'un nerf acoustique reliant l'otocyste des Mollusques gastéropodes au cerveau (fig. 105, n), dans le cas où ces organes sont fixés aux ganglions pédieux, en se basant sur ce qu'on voit ces otocystes manifestement suspendus aux ganglions cérébroïdes chez les Hétéropodes (fig. 106).

Le système nerveux n'est pas le seul guide auquel on puisse avoir recours : Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, dans sa détermination des os du crâne des Vertébrés, invoquait purement et simplement les rapports réciproques de ces os, et c'est aussi en se basant sur les rapports des pièces buccales les unes avec les autres que Savigny a pu établir l'unité de plan de constitution de la bouche chez les Insectes. Ces succès partiels avaient conduit Étienne Geoffroy Saint-Hilaire à faire de la recherche des connexions la base même de la morphologie : « Un organe, disait-il, est plutôt altéré, atrophié, anéanti, que transposé ¹ » Il s'appuyait sur ce principe pour proclamer l'*unité de plan de composition du Règne animal*. En réalité cette unité de plan n'existe que dans l'étendue de groupes plus ou moins limités, eux-mêmes construits sur des plans différents, et le problème général de la morphologie est beaucoup plus complexe que ne le supposaient Geoffroy et

¹ Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, *Philosophie anatomique*, 1818. Introduction, p. xxx.

même les disciples de Cuvier. On ne peut établir de comparaisons utiles qu'entre des organismes du même degré de complication. Lorsqu'il s'agit d'organismes du rang des dèmes, il y a donc lieu de rechercher de combien de zoïdes ils sont constitués de déterminer quels sont le nombre et les rapports des mérides qui entrent dans chaque zoïde; d'étudier ensuite la composition des mérides eux-mêmes; enfin l'on peut comparer ces diverses parties à celles des organismes voisins. Deux zoïdes ne sont complètement assimilables que lorsqu'ils sont formés d'un même nombre de mérides semblablement placés et modifiés de la même façon dans leurs traits généraux; deux dèmes ne sont de même assimilables que si leurs zoïdes et leurs mérides remplissent cette triple condition. Il peut arriver cependant que les zoïdes compris dans des organismes du rang des dèmes présentent une fixité de composition que ne présentent pas les dèmes eux-mêmes. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour le céphalothorax des Crustacés malacostracés et des Arachnides, la tête des Vertébrés, etc. Dans

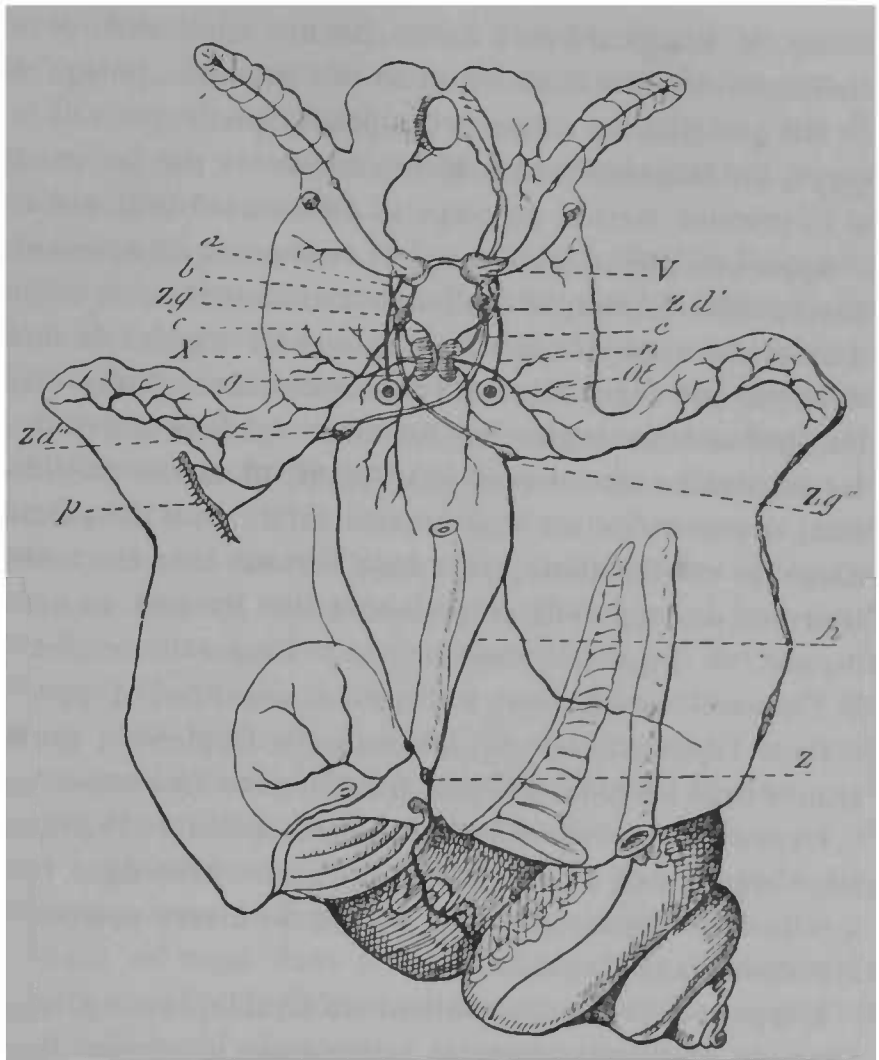


Fig. 105. — Système nerveux du *Cyclostoma elegans* (d'après de Lacaze-Duthiers). — V, Ganglion cérébral; X, ganglion pédieux; Zg' et Zd', ganglions pleuraux; Zd'', ganglion sus-intestinal; Zg'', ganglion sous-intestinal; Z, ganglion abdominal; a, connectif cérébro-pédieux; b, connectif cérébro-pleural; c, connectif pleuro-pédieux; n, nerf acoustique; qb, commissure viscérale.

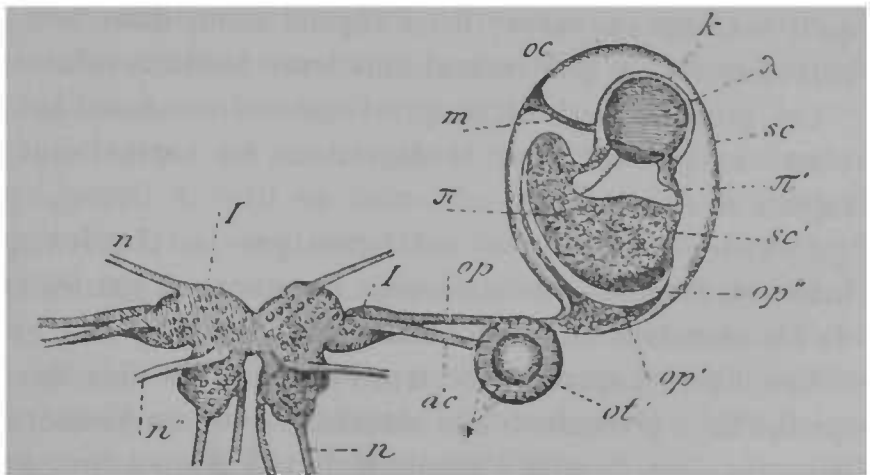


Fig. 106. — Cerveau, œil et otocyste de *Pterotrachea Frederici* (d'après Gegenbaur). — I, ganglion céphalique; I', ganglion du nerf optique et du nerf auditif; op, nerf optique; ac, nerf acoustique; n, connectif cérébro-pédieux; n', n'', nerfs de l'enveloppe du corps; oc, œil droit; sc, capsule oculaire; sc', bulle; op', renflement ganglionnaire du nerf optique; π, chorioide; π', espace dépourvu de pigment de la chorioide; k, cornée; λ, cristallin; m, faisceau musculaire servant à mouvoir le bulbe; ot, otocyste avec l'otolithe; * faisceaux de cils.

ce cas, le principe des connexions est rigoureusement applicable à l'étude de ces

zoïdes. M. Blanchard en a même fait une application plus large en déterminant les chélicères des Arachnides comme des antennes, puisqu'elle est la généralisation de ce fait que chez les autres Arthropodes, quelle que soit la constitution du reste du corps, les antennes sont toujours innervées par les ganglions cérébroïdes, comme si le premier méride du corps se différenciait toujours de la même façon.

Appareils physiologiques. — Les organes appartenant à un même système étant susceptibles de remplir des fonctions différentes, on considère comme faisant partie d'un même *appareil physiologique* tous les organes de même système ou de système différent qui concourent à l'accomplissement d'une même grande fonction. Chez les Protozoaires toutes les fonctions fondamentales de la vie sont remplies par les substances sarcodiques constituant un même plastide; chez les organismes du rang des mérides un seul organe suffit assez fréquemment à l'accomplissement d'une de ces fonctions; c'est donc surtout chez les zoïdes et les dèmes que nous trouvons des appareils proprement dits. Ils sont au nombre de sept : 1° l'*appareil digestif*; 2° l'*appareil respiratoire*; 3° l'*appareil circulatoire*; 4° l'*appareil sécréteur*; 5° l'*appareil reproducteur*; 6° l'*appareil sensitif*; 7° l'*appareil locomoteur*.

Dans l'*appareil digestif*, les matières féculentes, grasses ou albuminoïdes contenues dans les aliments, sont transformées en composés solubles et assimilables.

L'*appareil respiratoire* préside à l'absorption de l'oxygène, nécessaire aux combustions organiques, à l'exhalaison de l'acide carbonique résultant de ces combustions, à celle de la vapeur d'eau et parfois de divers composés gazeux accidentellement introduits dans l'organisme.

L'*appareil circulatoire* contient un liquide, le *sang*, composé d'une solution dans l'eau de matières salines et organiques, le *plasma*, dans lequel flottent d'innombrables plastides, les *corpuscules* du sang.

Le sang se charge, au contact de l'appareil digestif, de substances assimilables; dans l'appareil respiratoire, il est mis en rapport avec le milieu ambiant qui doit lui fournir l'oxygène, et dans lequel il doit se débarrasser des matières volatiles qu'il contient en excès; il se répand enfin dans tous les organes qui y puisent leurs aliments et y déversent tous leurs produits solubles de désassimilation.

Ces produits sont repris par l'*appareil sécréteur*; les uns sont utilisés de nouveau, notamment pour la digestion; les autres sont purement et simplement rejetés au dehors.

L'*appareil reproducteur* est formé par les glandes qui produisent les gamètes mâles ou femelles, *spermatozoïdes* ou *ovules*, et par les organes qui assurent l'union de ces éléments ou la fécondation.

Ces divers appareils ont leurs équivalents bien développés chez les Végétaux, quoiqu'ils y présentent une structure toute particulière. Aussi les a-t-on souvent désignés sous le nom d'appareils de la *vie végétative*. Au contraire, chez les Végétaux, la sensibilité est réduite aux réactions les plus immédiates des matières sarcodiques sous l'influence des excitations extérieures; en dehors des Cryptogames, dont les éléments reproducteurs sont souvent même seuls mobiles, les phénomènes externes de mouvement se ramènent le plus souvent chez les Plantes à de simples phénomènes de croissance ou de turgescence. Aussi ne saurait-il être question chez elles d'appareils sensitifs ou moteurs, comparables à ceux des Animaux. Ces derniers appareils, souvent appelés pour cela *appareils de la vie animale*,

comprennent les *organes des sens* et les *muscles*, entre lesquels le *système nerveux* établit les liens les plus variés. Les muscles peuvent agir eux-mêmes sur des pièces solides, internes ou externes, constituant le *squelette*, pièces qui, pour être inertes par elles-mêmes, n'en sont pas moins, dans un grand nombre de cas, des auxiliaires indispensables de la locomotion.

Appareils physiologiques des Phytozoaires. — Les appareils physiologiques dont nous venons d'indiquer d'une manière générale les fonctions et les rapports sont loin d'être différenciés au même degré et de la même façon chez tous les Animaux. Il y a, à cet égard, un contraste évident entre les Phytozoaires et les Artiozoaires.

Les Phytozoaires sont, à un très petit nombre d'exceptions près (*Spongilla*, *Hydra*, *Cordylophora*, *Limnocoodium*) des animaux aquatiques et même marins. Parmi eux, les Spongiaires, les Hydriaires, les Coralliaires, les Crinoïdes, y compris même les jeunes Comatules, sont fixés au sol ou mènent une existence presque absolument sédentaire. Quelque variées que soient leurs mœurs, les autres Phytozoaires n'ont, à leur disposition, que des moyens de locomotion faibles, ne leur permettant que des déplacements restreints, lents et souvent mal réglés. Leur genre de vie est lié à un mode tout spécial de différenciation de leurs appareils de nutrition, qui permet à l'eau extérieure de pénétrer plus ou moins facilement dans les cavités internes de leur corps, les place dans une très étroite dépendance du milieu qui les entoure, ne leur permet pas de passer brusquement à un milieu quelque peu différent, et commande ainsi un très faible degré de développement de l'appareil sensitif et locomoteur.

Un courant d'eau incessant se meut dans les canaux dont la substance des Éponges est perforée, et porte avec lui de l'air et de menues particules nutritives, aux diverses parties de l'animal, dont l'alimentation est, pour ainsi dire, passive.

Les Polypes capturent leurs proies, mais l'eau pénètre librement dans leur cavité digestive. Dans les formes ramifiées ou rayonnées, les cavités digestives des divers mérides communiquent ensemble soit directement (fig. 100, p. 71), soit par l'intermédiaire d'un réseau de cavités tubulaires, creusé dans la substance des entre-nœuds qui séparent les rameaux (fig. 97 et 98, p. 70). L'eau ingérée avec les aliments peut donc circuler dans toute l'étendue du corps. Elle sert à la fois à la respiration et à la dissémination des substances assimilables.

La division du travail physiologique est poussée plus loin chez les Échinodermes. Tous ces animaux ont un appareil digestif en forme de sac (STELLÉRIDES, OPHIURIDES) ou de tube largement ouvert à ses deux extrémités (CRINOÏDES, ÉCHINIDES, HOLOTHURIDES), à parois séparées de celles du corps par un vaste entérocele. Le sac digestif des Étoiles de mer présente, sauf chez les ASTROPECTINIDÆ (*Astropecten*, *Luidia*, *Ctenodiscus*, *Porcellanaster* et formes analogues), un très petit orifice dorsal que l'on considère comme un anus, et le sac stomacal envoie dans chaque rayon une paire d'appendices à parois boursouflées, les *cæcums radiaux* (fig. 107). L'anus et les *cæcums radiaux* manquent aux Ophiures. Tous les Échinodermes présentent, outre leur appareil digestif, un système de canaux qui provient de la transformation d'un diverticule de la cavité digestive primitive, et qui constitue l'*appareil ambulacraire* (fig. 108). Cet appareil comprend : 1° un canal annulaire entourant l'œsophage ; 2° des canaux droits, en nombre égal à celui des rayons du corps, naissant de l'*anneau ambulacraire*, se terminant en *cæcum* à l'extrémité des rayons et produisant sur leur trajet des tubes nombreux, les *tubes ambulacraires*

régulièrement disposés et qui font saillie au dehors; 3° un ou plusieurs canaux interradiaux (*canal du sable, tubes ou canaux hydrophores*) qui mettent l'appareil ambulacraire en communication directe soit avec l'extérieur par une sorte de crible, la *plaque madréporique* (STELLÉRIDES, OPHIURIDES, ÉCHINIDES, certains HOLOTHURIDES), soit avec la cavité générale (CRINOÏDES, la plupart des HOLOTHURIDES). La cavité générale communique elle-même avec l'extérieur par des orifices dont le nombre peut dépasser plusieurs centaines chez les Crinoïdes, ou bien, comme chez un certain nombre

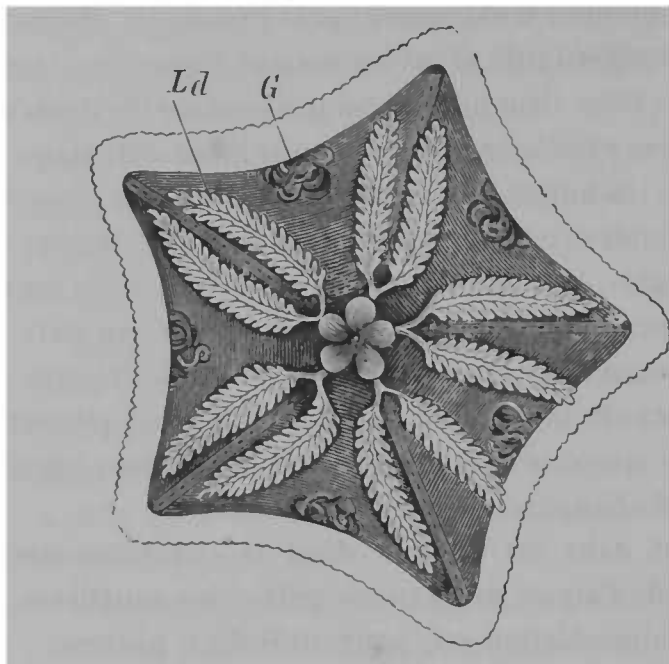


Fig. 107. — *Asterina gibbosa*, dont les téguments dorsaux ont été enlevés. — *Ld*, appendices radiaux de l'estomac ou tubes hépatiques; *G*, glandes génitales.

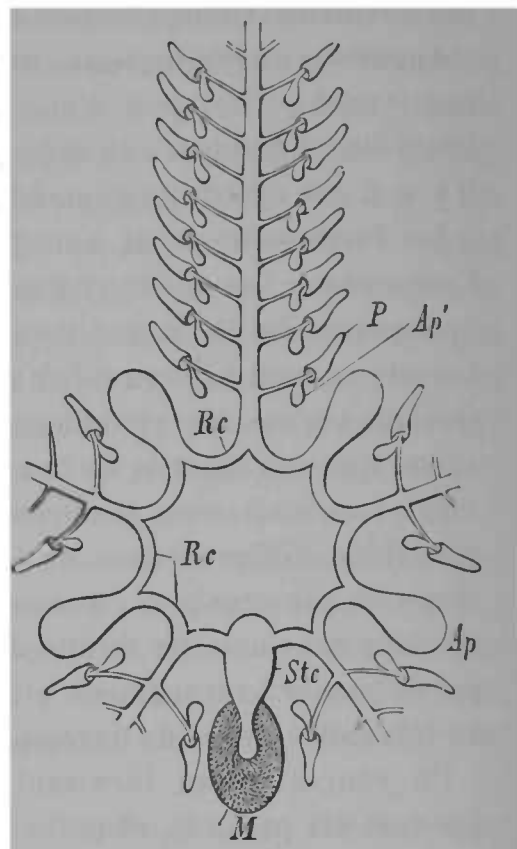


Fig. 108. — Schéma du système ambulacraire d'une Étoile de mer (*Astropecten aurantiacus*). — *Rc*, anneau ambulacraire supportant les ampoules ou vésicules de Poli, *Ap*; *Stc*, canal hydrophore; *M*, crible madréporique; *P*, tubes ambulacraires sur les branches latérales des canaux radiaires; *Ap'*, ampoules des tubes ambulacraires.

d'Étoiles de mer, par l'intermédiaire du crible madréporique. L'eau peut pénétrer dans l'appareil ambulacraire, soit directement par le crible madréporique, soit par endosmose au travers des parois des tubes ambulacraires. Elle peut aussi se partager en deux courants dont l'un passe dans la cavité générale, tandis que l'autre s'engage dans l'appareil ambulacraire (STELLÉRIDES, CRINOÏDES). Enfin des échanges osmotiques s'établissent au travers même des parois du corps. Ces parois présentent, chez les Stellérides, de nombreux appendices membraneux, en doigt de gant (*tentacules respiratoires*), représentés chez les Oursins entomostomes par une couronne péribuccale d'organes arborescents, qu'on appelle vulgairement les *branchies externes*. Les Échinodermes sont donc, en quelque sorte, pénétrés de toutes parts par le milieu ambiant. On s'explique qu'ils ne puissent pas plus vivre hors de l'eau que les Éponges ou les Polypes. D'autre part, chez ceux des Échinodermes, dont l'appareil digestif a la forme d'un tube largement ouvert aux deux bouts (CRINOÏDES, ÉCHINIDES et HOLOTHURIDES), il se trouve entre la paroi du tube digestif et la membrane péritonéale qui la recouvre, ainsi que dans les lames membraneuses qui unissent le tube digestif à la paroi du corps, un réseau de canalicules, dans lesquels filtrent les substances nutritives rendues solubles et assimilables dans l'appareil digestif. Ces substances dissoutes dans l'eau forment un

liquide riche en matières albuminoïdes, coagulable, dépourvu d'éléments anatomiques et dont nous trouverons l'analogie dans le *chyle* des Vertébrés. De l'état de simples cavités pratiquées dans le système des membranes qui entourent le tube digestif ou l'unissent aux parois du corps, les lacunes qui contiennent le chyle peuvent s'élever à l'état de tubes à parois indépendantes, chez les Crinoïdes, les Holothurides, et un assez grand nombre d'Échinides. Ces tubes, chez les premiers de ces animaux, sont en continuité de paroi avec la membrane d'enveloppe du tube digestif; lorsqu'ils se ramifient, leur calibre diminue peu; ils sont de même en continuité de paroi avec les enveloppes des organes auxquels ils aboutissent et auxquels le chyle arrive ainsi directement (fig. 109). Ces organes se réduisent d'ailleurs à un corps d'apparence glandulaire (*organe axial*, *C*) traversant verticalement la cavité générale, se prolongeant dans les rayons en un système spécial de lacunes qu'on a considérées comme des vaisseaux (*cordons lacunaires de Ludwig*, *Br*), et donnant naissance, d'autre part, aux glandes génitales (*BG*), chez les Étoiles de mer et les Crinoïdes, tout au moins. L'organe axial et les cordons lacunaires qui en dépendent sont les foyers producteurs des éléments anatomiques qui flottent dans la cavité générale; ils constituent l'*appareil plastidogène*.

L'appareil digestif peut donc se compliquer chez les Échinodermes d'un appareil conducteur du chyle. Cet appareil ne présente aucun centre d'impulsion imprimant au chyle une direction particulière. On ne saurait du reste le considérer comme un appareil clos puisqu'il se résout toujours en dernière analyse en un réseau de lacunes pratiquées dans la substance même des organes et dépourvues de parois propres.

L'appareil reproducteur des Phytozoaires consiste d'ordinaire soit en éléments isolément différenciés dans l'entoderme ou l'exoderme, mais arrivant d'ordinaire à passer dans le mésoderme (ÉPONGES, HYDRAIRES), soit en véritables glandes génitales dont il existe généralement autant de paires qu'il y a de rayons au corps; ce nombre se réduit seulement chez les Oursins spatangoïdes et les Holothuries. Il n'y a jamais d'organes d'accouplement. De tels organes supposent la faculté de se déplacer qui manque à un très grand nombre de Phytozoaires. Ils ont d'ailleurs peu de tendance à se développer chez les animaux marins, tandis qu'ils manquent rarement chez les animaux terrestres ou d'eau douce.

Les larves des Phytozoaires se meuvent toujours à l'aide de cils vibratiles. Ce mode de locomotion n'est conservé, chez les adultes, que dans la classe des Cté-

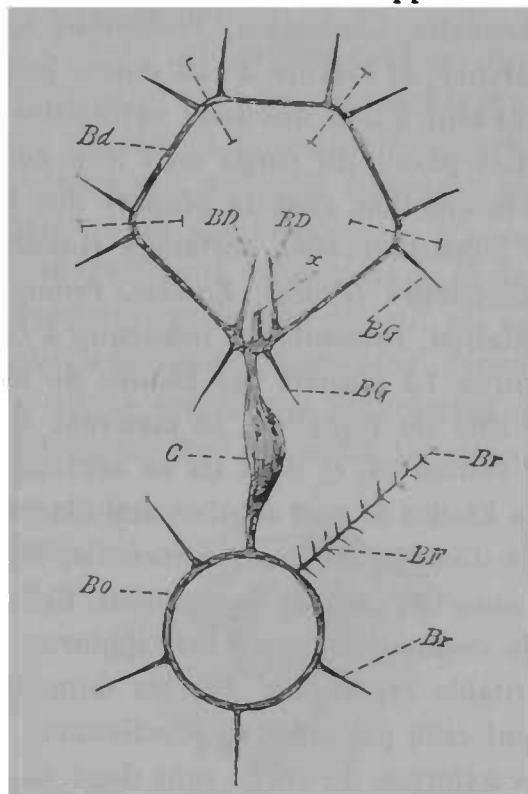


Fig. 109. — Schéma de l'appareil plastidogène des Étoiles de mer d'après des préparations de l'*Astropecten aurantiacus*. — Les lignes ponctuées, limitées par deux petits traits, sont les bissectrices des angles des bras; *Bd*, pentagone dorsal; *Bo*, anneau labial; *C*, organe axial; *x*, sa portion terminale pénétrant dans la peau; *BD*, rameaux se dirigeant vers le sac digestif; *BG*, les dix branches génitales; *Br*, les cinq prolongements vers les cordons lacunaires de Ludwig; un seul a été représenté en entier avec ses branches *BF*, se rendant aux tubes ambulacraires (d'après H. Ludwig).

nophores où il existe huit bandes de lanières vibratiles pectinées, le long des méridiens du corps. La locomotion active est obtenue chez les Méduses et les Siphonophores par les contractions d'une ombrelle en forme de cloche : chaque contraction expulse l'eau contenue dans la cloche, et il en résulte un mouvement de recul qui projette la Méduse plus ou moins loin, le fond de l'ombrelle en avant. Les parois mêmes du corps sont ici les organes de locomotion; elles constituent aussi la sole sur laquelle rampent les Anémones de mer. Quelques Méduses (*Clavatella*, *Cladonema*, *Pectanthis*) se servent cependant de leurs tentacules pour marcher, et l'Hydre d'eau douce peut avancer à la façon d'une Sangsue en se servant tour à tour des deux extrémités de son corps comme d'organes d'adhérence.

Les parois du corps sont trop encroûtées de calcaire pour jouer un rôle dans la locomotion chez la plupart des Échinodermes. Toutefois, nous avons déjà vu se constituer chez certaines Holothuries, communes surtout dans les grandes profondeurs (*Psolus*, *Elpidia*, *Peniagone*, *Psychropotes*, etc.), une véritable sole de reptation, ressemblant beaucoup à celles que nous retrouverons chez divers Artiozoaires. La plupart des Étoiles de mer, des Oursins, des Holothuries dépourvues de sole de reptation, se meuvent à l'aide de leurs tubes ambulacraires terminés en ventouses, et dont ils se servent comme de harpons pour se hisser en avant. Les Étoiles de mer à tubes ambulacraires pointus, et un assez grand nombre d'Oursins (*Cidaris*, *Arbacia*, *Acrocladia*, *Podophora*), emploient cependant leurs piquants comme organes de locomotion. Enfin, les rayons même du corps peuvent servir à la locomotion : chez les Ophiures, ils ondulent latéralement et déterminent une véritable reptation; chez les Comatules, ils ondulent verticalement et alternativement cinq par cinq, et fonctionnent comme des rames natatoires. Toutes les parties externes du corps sont donc chez les Échinodermes susceptibles de s'adapter à la locomotion : il n'y a pas d'organes créés dans ce but. Il semble simplement que, lorsqu'une partie de l'organisme est susceptible d'être employée au déplacement du corps, il arrive toujours que quelque animal trouve moyen de l'utiliser.

Les Éponges, les Polypes hydriques, les Siphonophores, les Coralliaires, les Crinoïdes, les Ophiurides, la plupart des Échinides, les Holothurides manquent d'organes de vision et d'audition. Les Méduses portent au contraire fréquemment sur le bord de leur ombrelle des capsules entourées de pigment chez certaines espèces, contenant chez d'autres des corpuscules calcaires (fig. 110). Dans le premier cas, ce sont des organes de vision et dans le second des organes d'audition. Ces organes sont très rarement réunis (*Tiaropsis*). Les Étoiles de mer ont, à l'extrémité de leurs bras, une sorte d'œil composé d'un groupe de fossettes entourées de pigment rouge et fermées par une membrane tégumentaire (fig. 111); certains Oursins (*Diadema*) possèdent aussi des yeux, mais les organes des sens sont évidemment demeurés chez les Échinodermes à un état fort rudimentaire.

La simplicité de ces organes, la faible différenciation de l'appareil locomoteur supposent que les actions et réactions réciproques du milieu extérieur et de l'organisme ne sont ni très nombreuses ni très compliquées; leur intermédiaire, le *système nerveux*, est conséquemment fort simple. Il est constitué par de fines fibrilles dont beaucoup sont en continuité avec des cellules exodermiques, et présentent, en outre, sur leur trajet, un renflement cellulaire. Ces fibrilles se groupent en lames sous-épidermiques (anneau de l'ombrelle des Méduses, lame nerveuse sous-

ambulacraire des Étoiles de mer et des Comatules) ou forment des cordons isolables (Ophiures, nerfs de l'axe calcaire des Comatules, Oursins, Holothuries) sans présenter cependant jamais une division nette en centres nerveux ou *ganglions* et en *nerfs*, comme nous le verrons chez les Artiozoaires. Les éléments constitutifs des troncs nerveux présentent, du reste, de telles formes de passage vers les éléments exodermiques, les éléments entodermiques et les éléments musculaires, que ce n'est pas sans peine qu'on est arrivé à les distinguer.

En résumé, les parois de l'appareil digestif, d'abord confondues chez les Phytozoaires avec les parois du corps, arrivent à s'en séparer chez les plus élevés d'entre eux; mais les appareils de la respiration et de la circulation demeurent toujours très incomplètement différenciés; sauf chez les Holothuries, il n'y a pas d'appareil respiratoire localisé et, s'il est possible de comparer à un commencement d'appareil

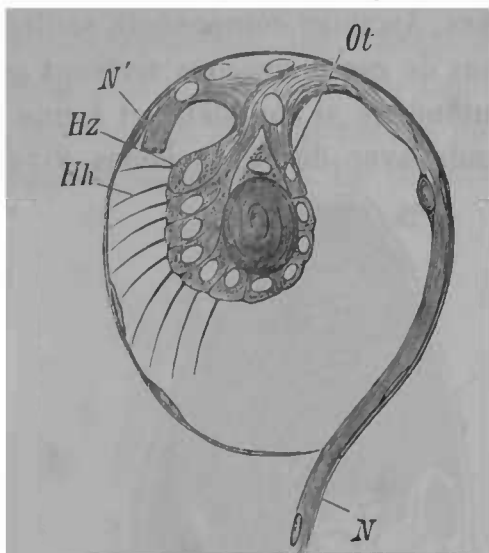


Fig. 110. — Vésicule auditive de Méduse (*Carmarina*). — *N*, *N'*, nerf efférent, ce dernier coupé; *Ot*, otolithe; *H_z*, cellules auditives; *Hh*, poils auditifs. (Type des organes auditifs des *Trachyméduses*, d'après O. et R. Hertwig.)

circulatoire les canaux collecteurs du chyle qui sont en rapport avec le tube digestif, cet appareil dépourvu d'organe d'impulsion, dépourvu de ramifications organiques proprement dites demeure toujours fort imparfait. D'autre part,

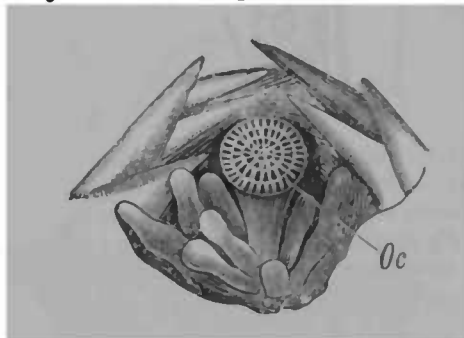


Fig. 111. — Extrémité d'un des bras de l'*Astropecten aurantiacus* avec l'œil (*Oc*) entouré de piquants et de tentacules (d'après E. Hæckel).

l'eau ambiante pénètre toujours très facilement, sinon directement, dans les diverses cavités du corps. L'appareil locomoteur est emprunté à des parties de l'organisme qui peuvent varier d'une famille à l'autre; les organes des sens sont eux-mêmes très simples, et le système nerveux ne présente pas de différenciation bien nette en nerfs et ganglions.

Appareils physiologiques des Artiozoaires. — Artiozoaires fixés. — On est obligé de classer parmi les Artiozoaires, à cause de leur symétrie binaire, un certain nombre d'organismes qui se fixent au sol, comme la majorité des Phytozoaires, tels que les Cirripèdes, les Bryozoaires, les Tuniciers de la classe des Ascidies, ou mènent une existence très sédentaire, comme les Brachiopodes, un grand nombre d'Annélides, les Géphyriens, la plupart des Lamellibranches, dont le genre de vie varie depuis la liberté presque complète jusqu'à une véritable fixation. Tous ces animaux présentent dans leur organisation ou dans leur développement la trace manifeste d'une adaptation à l'immobilité postérieure à l'apparition, chez eux, des caractères propres aux Artiozoaires; c'est ainsi que les jeunes Cirripèdes diffèrent à peine des Crustacés ordinaires et sont tout aussi libres qu'eux dans leurs mouvements; que les larves des Bryozoaires et des Brachiopodes rappellent celles de Vers annelés; que les Lamellibranches ont avec les Gastéropodes les

plus étroites affinités, et que les larves libres des Tuniciers atteignent déjà avant de se fixer une organisation comparable à celle des jeunes d'*Amphioxus* qui sont

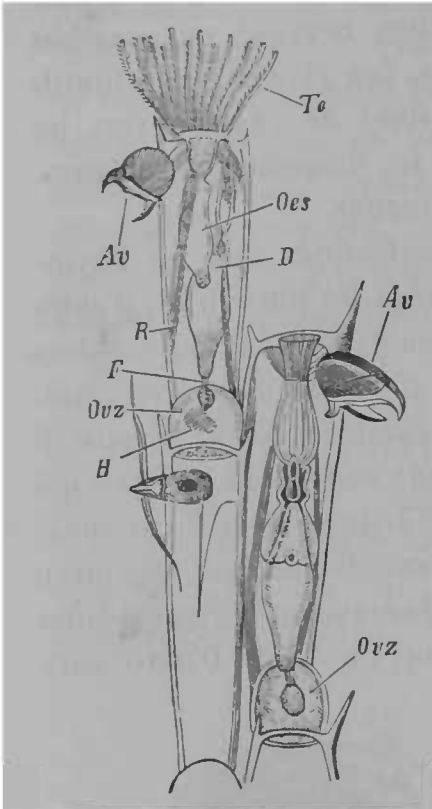


Fig. 112. — *Bugula avicularia* (d'après Busk). — *Te*, couronne de tentacules ; *R*, muscle rétracteur ; *D*, tube digestif ; *F*, funicule ; *Av*, aviculaires ; *Oes*, œsophage ; *Ovz*, ovicelles.

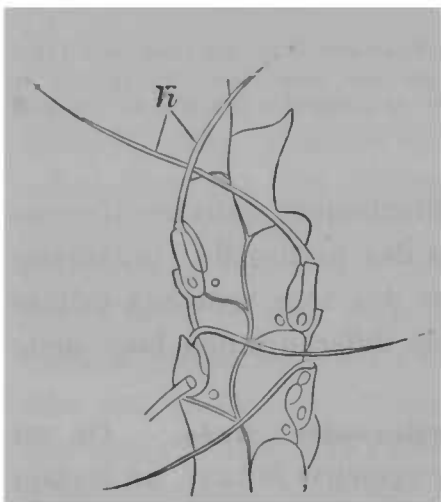


Fig. 113. — *Scrupocellaria feroc* (d'après Allman). — *Vi*, vibraculaires.

pendant des Vertébrés. On doit donc considérer ces formes fixées ou sédentaires comme résultant d'une adaptation à l'immobilité des formes libres, qui sont les véritables formes normales des Artiozoaires. La différenciation physiologique se présente de la même façon chez les unes et chez les autres. Cependant les Artiozoaires fixés se rapprochent, à quelques points de vue, des Phytozoaires qui mènent le même genre de vie. Lorsqu'ils produisent des bourgeons, ces bourgeons se disposent aussi soit irrégulièrement, soit en rayons (BRYOZOAIRES, ASCIDIÉS composées), seulement les organismes issus de ces bourgeons arrivent généralement à une autonomie si complète, et à une ressemblance si grande avec des organismes vivant à

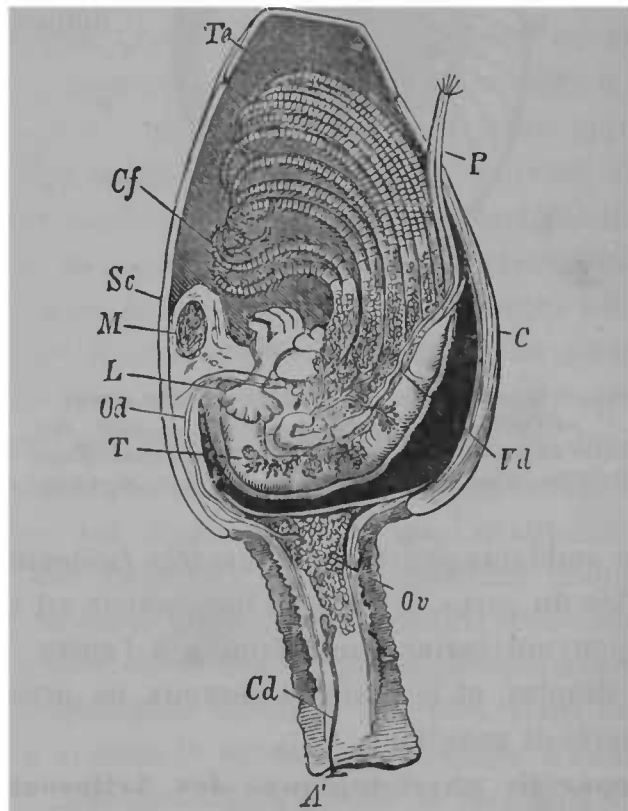


Fig. 114. — Cirripède (*Lepas*). — *Cd*, glande cémentaire avec son canal excréteur ; *L*, foie ; *T*, testicule ; *Vd*, canal déférent ; *Ov*, ovaire ; *Od*, oviducte ; *Cf*, pattes modifiées pour fouetter l'eau ; *P*, pénis ; *Te*, tergum ; *Sc*, scutum ; *C*, carina ; *M*, muscle adducteur ; *A'*, antenne adhésive.

l'état isolé, que leur individualité propre paraît dominer celle de l'ensemble dont ils font partie. Cet ensemble mérite bien mieux la qualification de *colonie*, d'*association*, que les ensembles analogues des Phytozoaires. On peut y observer cependant des différenciations de même nature. C'est ainsi que, chez les Bryozoaires, certains mérides tombent au rang d'organes vis-à-vis de la colonie, au rang d'*organes coloniaux*, pour ainsi dire, servent à la préhension (*aviculaires*, fig. 112, *Av*), à la défense (*vibraculaires*, fig. 113, *Vi*), ou même à la fixation. Chez les Ascidiés composées, il existe, d'autre part, un assez grand nombre d'organes à la formation desquels les

Ascidiozoïdes associés prennent part sans qu'on puisse les attribuer à l'un d'entre eux plutôt qu'à un autre (cheminée anale des *Botryllus*, fig. 46, A, p. 36, canaux excréteurs des *Amarœcium*, sarcosome ou cœnenchyme et vaisseaux qui le nourrissent).

Les organes locomoteurs, les organes des sens, le système nerveux des Artiozoaires fixés, se présentent de même à un grand état de réduction. Les Cirripèdes, les Tuniciers perdent après la fixation leurs yeux larvaires; les Bryozoaires, les Brachiopodes, la plupart des Lamellibranches, un grand nombre d'Annélides sédentaires en sont aussi dépourvus. Les organes habituels de locomotion s'atrophient (soies locomotrices chez les GÉPHYRIENS, pied chez les Huitres), ou sont employés à attirer vers l'animal un courant d'eau qui apporte avec lui les matières alimentaires et l'air respirable (pattes des CIRRIPÈDES, fig. 114); mais cette fonction est plus souvent encore remplie par l'appareil respiratoire (bras des BRACHIPODES, branchies des ANNÉLIDES céphalobranches, des LAMELLIBRANCHES, des TUNICIERS). Il y a donc là un cumul de fonctions que nous ne retrouverons pas, en général, chez les Artiozoaires libres.

Appareil digestif. — Le corps des Artiozoaires libres étant formé, pour peu

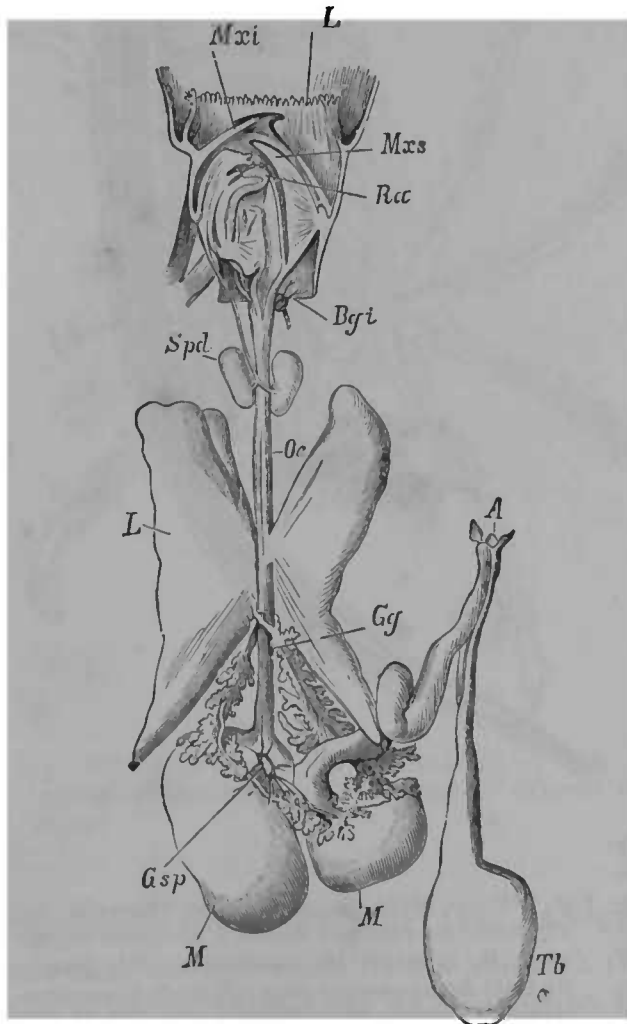


Fig. 115. — Appareil digestif de *Sepia* (d'après W. Keffersstem). — *L*, lèvre; *Mxs*, *Mxi*, mâchoire supérieure et mâchoire inférieure; *Ra*, radula; *Bg*, ganglion buccal; *Spd*, glande salivaire; *Oc*, œsophage; *L*, foie; *Gg*, conduits biliaires; *Gsp*, ganglion stomacal; *M*, estomac; *M'*, appendice caecal; *A*, anus; *Tb*, poche du noir.

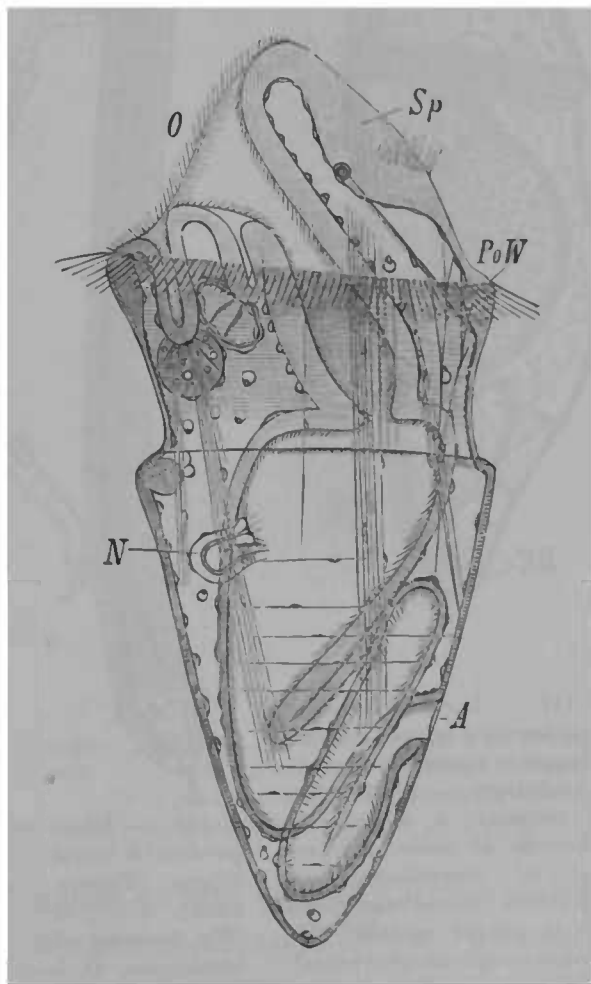


Fig. 116. — Jeune Géphyrien (*Sipunculus*, d'après Hatschek). — *O*, bouche; *Sp*, plaque apicale; *A*, anus; *PoW* cercle ciliaire post-oral; *N*, néphridie.

qu'il se complique, de segments fondamentalement identiques, placés bout à bout, l'appareil digestif qui a si souvent la forme d'un sac, chez les Phytozoaires, prend

presque toujours la forme d'un tube ouvert aux deux bouts chez les Artiozoaires. Dans les formes absolument libres et mobiles, les orifices du tube sont placés aux deux extrémités du corps, non comprise la queue; entre les deux orifices le tube peut être droit (fig. 118 et 119) ou décrire un nombre variable de circonvolutions (fig. 117). Dans les formes fixées, sédentaires, ou habitant dans des tubes, ainsi que

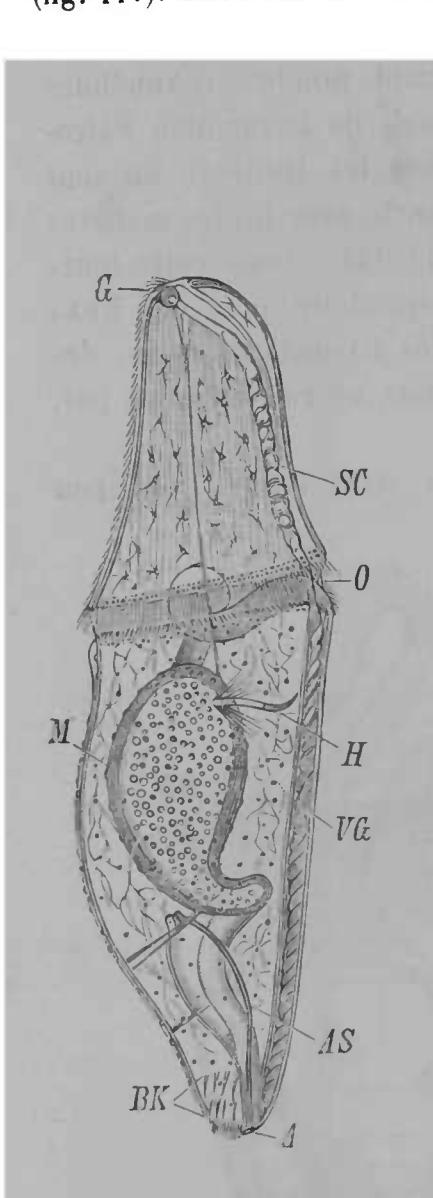


Fig. 117. — Larve d'*Echiurus* dans laquelle le tube digestif commence à présenter des circonvolutions. — O, bouche; M, estomac; A, anus; BK, couronne de soies; AS, sac anal; SC, commissure œsophagienne; G, cerveau formé par la plaque apicale; VG, cordon ganglionnaire ventral; H, crochets ventraux.

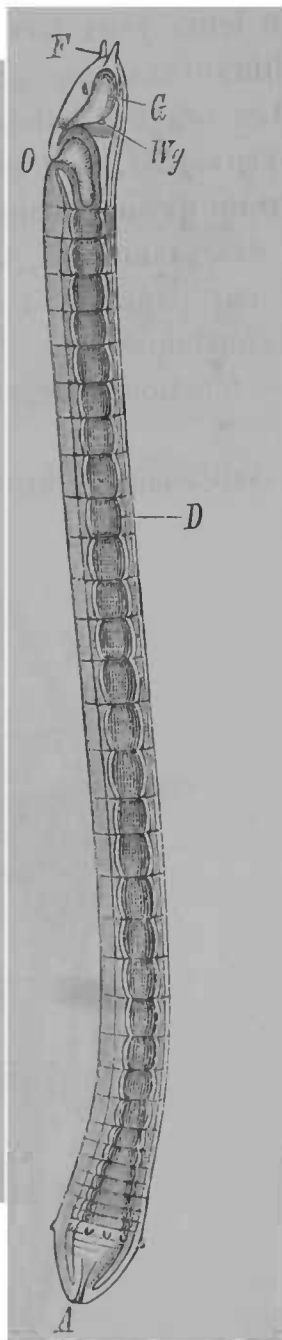


Fig. 118. — Jeune *Polygordius* à intestin rectiligne (d'après Hatschek). — G, cerveau; Wg, fossette ciliée; F, tentacules; O, bouche; D, intestin; A, anus.

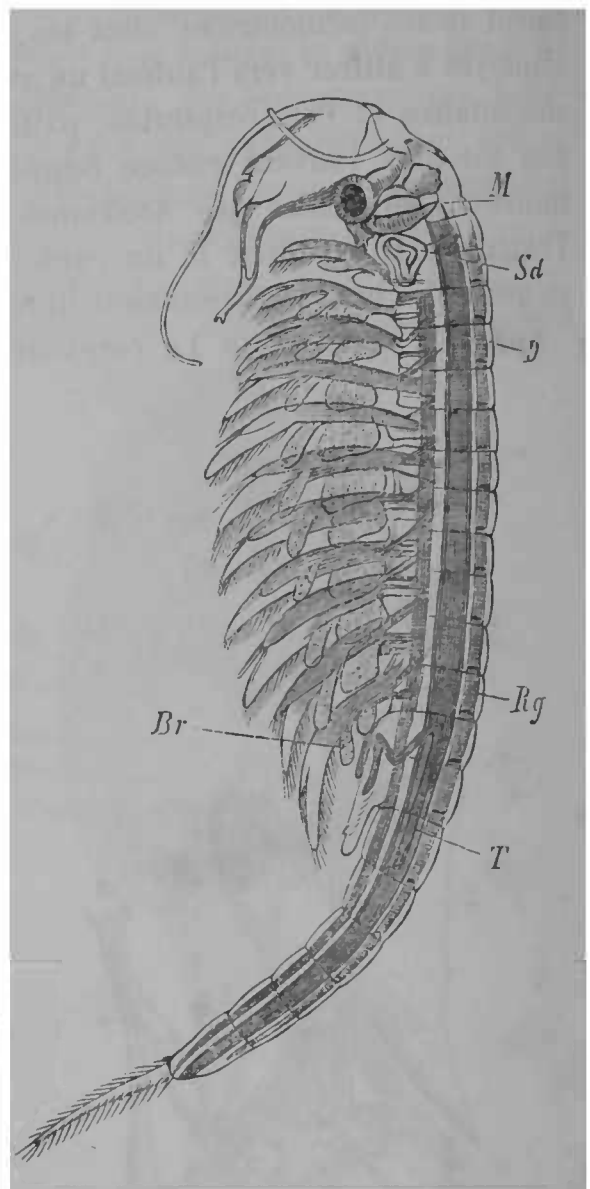


Fig. 119. — Mâle de *Branchipus stagnalis*. — Rg, cœur ou vaisseau dorsal à plusieurs chambres; D, intestin; M, mandibules; Sd, glande du test; Br, appendice respiratoire de la onzième paire de pattes; T, testicule.

dans les formes qui en sont dérivées, le tube digestif se courbe souvent en arc (BRYOZOAIRES, MOLLUSQUES, fig. 115, TUNICIERS); on trouve chez les Géphyriens de nombreuses transitions entre les deux formes (fig. 115 et 117). La partie terminale du tube digestif disparaît chez les Brachiopodes articulés, chez les Trématodes qui sont des Vers parasites (fig. 121) et leurs voisins les Turbellariés (*Microstomum*, fig. 28, p. 26, et *Polycelis*, fig. 40, p. 33). Le tube lui-même s'atrophie ou disparaît

chez les Rhizocéphales, les mâles complémentaires d'un assez grand nombre de Cirripèdes, les mâles de beaucoup de Rotifères, les Cestoides, les Acanthocéphales.

Dans la règle, le tube digestif se compose chez les Vers annelés d'une série de poches successives, correspondant aux segments, et séparées les unes des autres par autant d'étranglements qu'il y a de cloisons (fig. 118). Ces poches se différencient de façons différentes. Il se constitue souvent une région buccale ou *pharynx*, un tube sur lequel les limites des poches sont effacées et qu'on nomme l'*œsophage*, une région musculaire ou *gésier*, parfois armée de dents chitineuses; une région, à proprement parler digestive, qui peut se décomposer en une partie renflée, l'*estomac*, et en un tube moins large, l'*intestin*, lui-même suivi du *rectum* qui dirige vers l'anus les résidus de la digestion. Une même région englobe le plus souvent plusieurs poches.

Lorsque les cloisons disparaissent, les étranglements qui séparent les poches successives les unes des autres manquent d'ordinaire; c'est ce qui arrive chez les

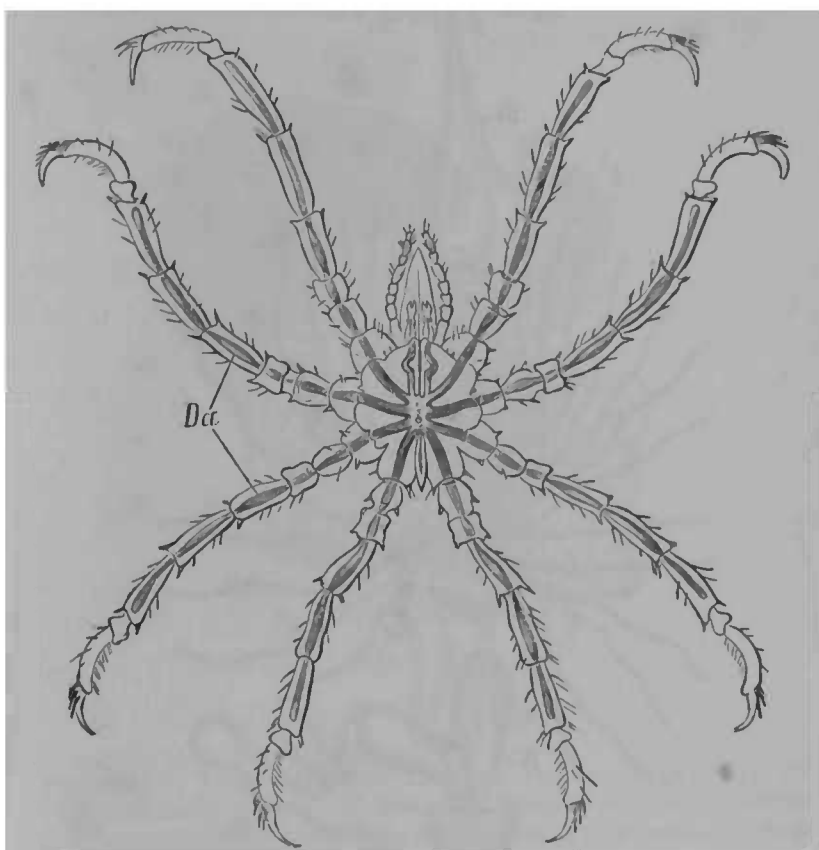


Fig. 120. — Pycnogonide (*Ammonothea*). — *Da*, Prolongements de l'estomac dans les membres (d'après de Quatrefages).

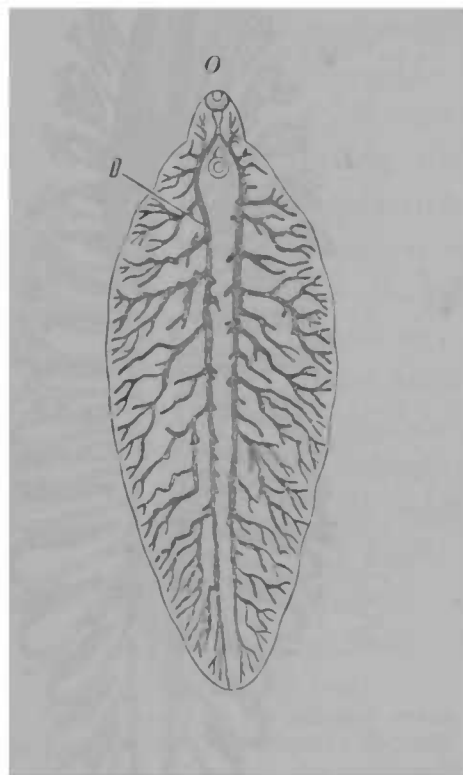


Fig. 121. — Tube digestif d'un Trématode (*Distomum hepaticum*). d'après R. Leuckart. *D*, branches du tube digestif; *O*, bouche.

Arthropodes (BRANCHIPUS, fig. 119). La segmentation du tube digestif s'accuse cependant chez quelques-uns de ces animaux (PYCNOGONIDES, ARAIGNÉES) par l'existence dans la région thoracique de diverticules latéraux de l'estomac, dont chacun correspond à un membre, et peut même pénétrer à son intérieur (fig. 120). De tels diverticules du tube digestif, disposés par paires dans chaque segment, existent aussi chez quelques Annélides (*Aphrodita*, fig. 122) chez la plupart des Sangsues, et conduisent au tube digestif en fer à cheval simple ou ramifié des Trématodes (fig. 121) et des Planaires (fig. 40, p. 33).

Les diverticules du tube digestif des Aphrodites s'engagent dans les téguments (fig. 122). Chez les Mollusques nudibranches qui présentent une disposition sem-

blable, quoique leur corps ne soit pas segmenté, les diverticules pénètrent dans les appendices que ces animaux portent sur le dos, et contribuent peut-être à la dissémination des matières assimilables; c'est cette disposition, combinée avec une réduction très grande de l'appareil circulatoire, que M. de Quatrefages a désignée sous le nom de *phlébentérisme*¹

Sur une plus ou moins grande partie de son étendue, le tube digestif présente un revêtement de cellules dites *glandulaires*, qui déversent dans sa cavité des pro-

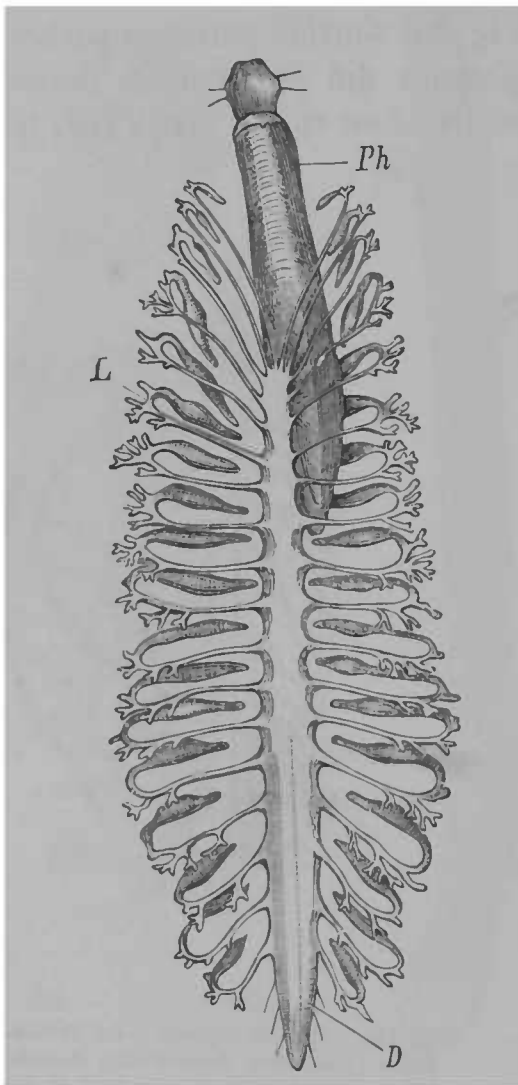


Fig. 122. — Canal digestif de l'*Aphrodita aculeata* (d'après H. Milne Edwards). — *Ph*, pharynx; *D*, intestin; *L*, appendices hépatiques de l'intestin.

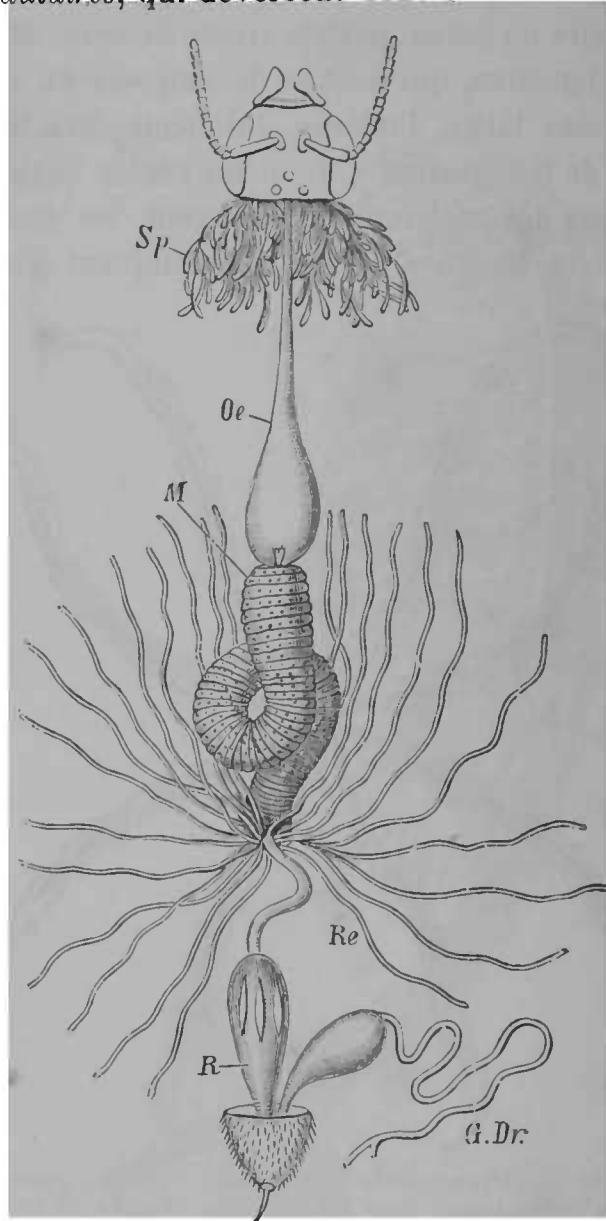


Fig. 123. — Appareil digestif de l'*Apis mellifica* (d'après Léon Dufour). — *Sp*, glandes salivaires; *Oe*, œsophage et jabot; *M*, ventricule chylique; *Re*, tubes de Malpighi; *R*, rectum avec les glandes rectales; *G. Dr.*, glande vénéfique.

duits divers. Ces produits sont souvent aptes à modifier, de manière à les rendre assimilables, les matières ingérées, mais elles peuvent aussi être utilisées autrement, ou même être simplement expulsées. Les cellules glandulaires se localisent très souvent soit sur les diverticules du tube digestif que nous venons de décrire, soit sur des diverticules analogues, moins nombreux et autrement disposés; on donne alors à ces diverticules le nom de *glandes*. On peut répartir les *glandes digestives* en trois groupes (fig. 123) : 1° celles qui sont placées au voisinage de

¹ De φλέψ, veine, et έντερον, intestin.

la bouche; 2° celles qui occupent la région moyenne du tube digestif; 3° celles qui s'ouvrent au voisinage de l'anus. Les glandes du premier groupe sont les *glandes salivaires*. Celles du second sont très variées; quand il n'y en a que d'une sorte, on les désigne le plus souvent sous le nom de *foie*; ce foie ne correspond pas seulement à celui des Vertébrés supérieurs, mais encore aux glandes diverses qui ont reçu, chez ces animaux, les noms de *glandes gastriques*, de *pancréas* et de *glandes intestinales* (fig. 124).

Les *glandes anales*, en raison même de leur position, ne jouent aucun rôle dans la digestion; elles produisent le plus souvent un liquide infect, ou corrosif, servant à défendre l'animal (*Carabus*, *Brachinus*, HYMÉNOPTÈRES); elles ne s'ouvrent pas toujours dans le tube digestif. Les glandes salivaires peuvent aussi produire un

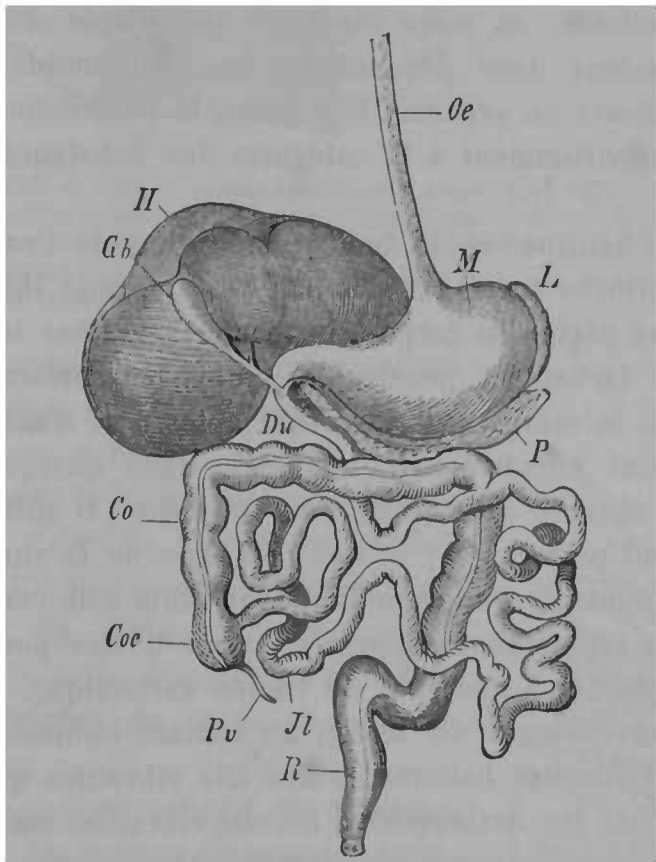


Fig. 124. — Tube digestif de l'Homme. *Oe*, œsophage; *M*, estomac; *L*, rate; *H*, foie; *Gb*, vésicule biliaire; *P*, pancréas; *Du*, duodénum, dans lequel se déversent le canal cholédoque et le canal pancréatique; *Il*, iléon; *Co*, côlon; *Cœ*, cæcum avec l'appendice vermiculaire; *R*, rectum.

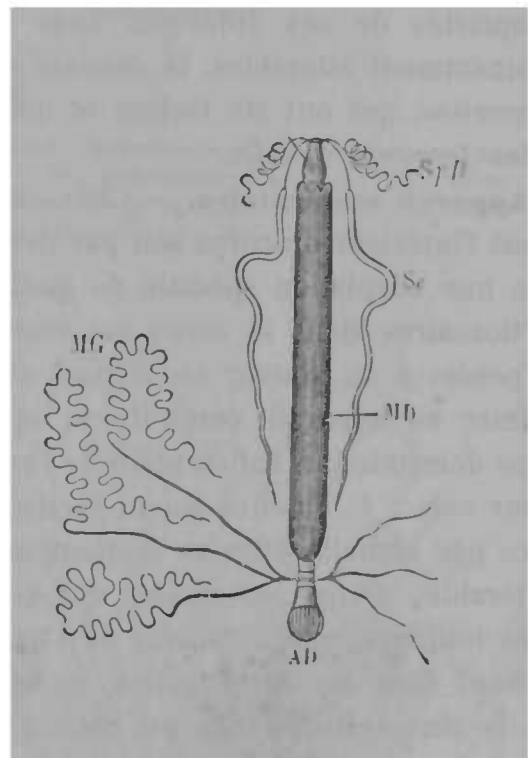


Fig. 125. — Tube digestif et ses glandes accessoires chez une Chenille. *O*, bouche; *Oe*, œsophage; *SpD*, glandes salivaires; *Se*, glandes de la soie (séricières); *MD*, intestin moyen; *AD*, rectum; *MG*, vaisseaux de Malpighi.

liquide défensif (*Araignées*, *Chrysomèles*, *Sauterelles*, *Serpents*); mais elles sont également capables de sécréter un liquide visqueux, coagulable à l'air, la *soie*, que l'animal étire en fils délicats, à l'aide desquels il se suspend ou se construit un abri (*Péripates*, *Chenilles*). Lorsqu'il existe, ce qui est fréquent, plusieurs paires de glandes salivaires, ces glandes sont généralement dissemblables et peuvent se partager la fonction défensive, la fonction séricigène et la fonction digestive (fig. 125).

La division du travail entre les glandes digestives est d'ailleurs rarement absolue. Ainsi les glandes salivaires des Insectes commencent la digestion des substances albuminoïdes, aussi bien que celle des substances grasses; le pancréas des animaux supérieurs s'attaque aux trois sortes de substances dont les glandes salivaires et les glandes gastriques ont commencé la digestion; le foie, outre la

bile, partiellement digestive, partiellement excrémentitielle, produit encore du glycogène et de l'urée qui sont emportés par le sang, le premier sous forme de sucre assimilable par les tissus, la seconde sans modification, pour être reprise par les reins et finalement rejetée au dehors. Toutefois, chez les Vertébrés supérieurs, la sécrétion des glandes salivaires s'attaque surtout aux matières féculentes; celle des glandes gastriques ou glandes à pepsine rend solubles et assimilables les matières albuminoïdes; le suc pancréatique, continue l'action de la salive et du suc gastrique, il émulsionne en outre les graisses restées inattaquées; la bile favorise cette émulsion, fait subir aux graisses un commencement de saponification et prépare en outre leur absorption; enfin le suc intestinal, à des propriétés analogues à celle du suc gastrique ajoute celle de transformer le sucre de canne soluble, mais inassimilable, en *sucre interverti* assimilable. Les propriétés de ces différents sucs résident dans des substances albuminoïdes, éminemment altérables, la *diastase salivaire* ou *ptyaline*, la *pepsine*, la *pancréatine*, l'*invertine*, qui ont été isolées et qui appartiennent à la catégorie des substances dites *ferments solubles*.

Appareil respiratoire. — Chez les Phytozoaires, la facile pénétration de l'eau dans l'intérieur du corps soit par des orifices spéciaux, soit par osmose, rend inutile une adaptation spéciale de quelque partie du corps à la respiration. Chez les Artiozoaires dont le corps est moins facilement pénétrable, toutes les surfaces exposées à se trouver en contact avec le milieu extérieur sont aptes à se transformer en appareil respiratoire, et sont effectivement adaptées, dans quelque type déterminé, à l'absorption de l'eau chargée d'air ou de l'air lui-même. Il suffit pour cela : 1° qu'elles soient facilement perméables; 2° que l'étendue de la surface par laquelle elles se mettent en contact avec le milieu respirable soit considérable; 3° que ce milieu soit assez rapidement renouvelé autour d'elles pour être toujours apte à fournir de l'oxygène et à absorber de l'acide carbonique.

Sauf chez les Arthropodes, ce renouvellement du milieu au contact immédiat de la surface respirante, est obtenu à l'aide des battements des cils vibratiles qui revêtent constamment cette surface. Chez les Arthropodes, les cils vibratiles manquent toujours; aussi l'appareil respiratoire externe des Arthropodes aquatiques est-il très ordinairement en rapport avec les appendices locomoteurs, tandis que, chez les Arthropodes aériens, il se constitue un appareil respiratoire interne, dans lequel le renouvellement de l'air est obtenu par des mouvements spéciaux de la paroi du corps.

Dans les formes inférieures des diverses séries d'Artiozoaires, le tégument suffit à l'accomplissement des phénomènes respiratoires (COPÉPODES, NÉMATODES, la plupart des LOMBRICIENS et des HIRUDINÉES, TURBELLARIÉS, TRÉMATODES, CESTODES, NÉMERTIENS). Chez les Phyllopoies, les Cladocères, les pattes abdominales, minces, larges et aplaties, fonctionnent comme des organes respiratoires; la plupart des pattes en forme de lames foliacées portent, en outre, un lobe respiratoire spécial (fig. 119, p. 86). Chez les autres Crustacés les appendices respiratoires tendent à se localiser sur les pattes d'une région déterminée du corps, et atteignent quelquefois un assez haut degré de complication; ils peuvent demeurer flottants (*Euphausia*) ou se cacher sous le bouclier céphalothoracique (DÉCAPODES, fig. 153, p. 105).

D'ordinaire la respiration dans l'eau est réalisée par des appendices tégumen-

taires flottants ou fixés au corps, lamelleux, pectinés, filamenteux ou arborescents et qu'on nomme les *branchies*. Chez les Vers, les branchies sont des appendices

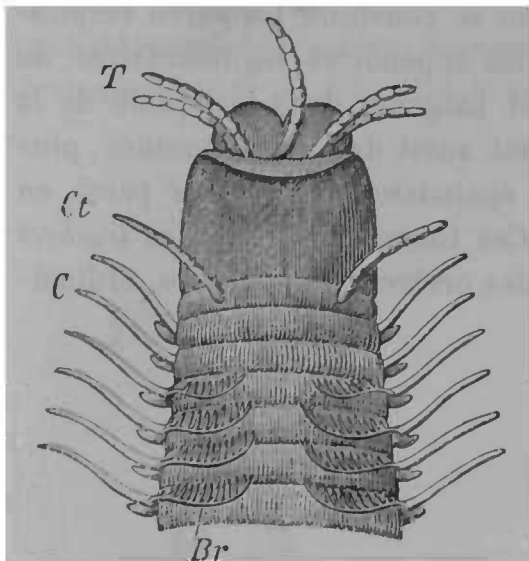


Fig. 126. — Tête et anneaux antérieurs d'une Annélide errante (*Eunice*), vue de dos. *T*, antennes du lobe céphalique; *Ct*, cirres tentaculaires; *C*, cirres des parapodes; *Br*, appendices branchiaux des parapodes.

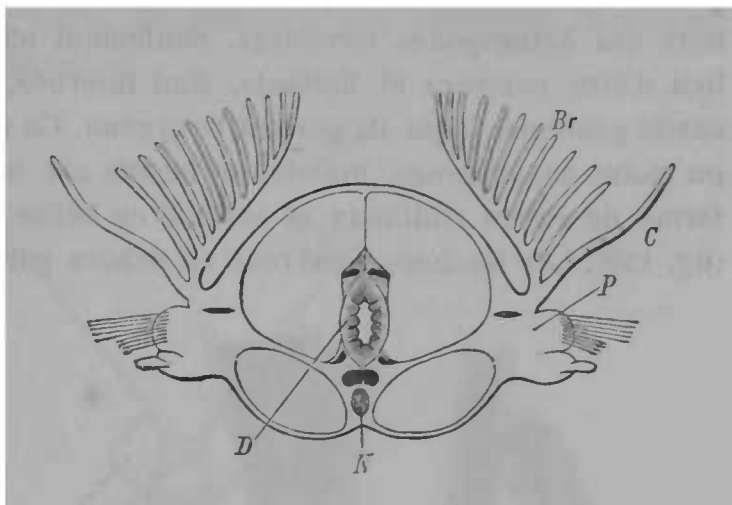


Fig. 127. — Coupe transversale d'un segment du corps d'une *Eunice*. *Br*, appendices branchiaux; *C*, cirres; *P*, parapodes avec des faisceaux de soies; *D*, tube digestif; *N*, système nerveux.

dorsaux, simples ou arborescents, présents sur tous les segments (ANNÉLIDES errantes, fig. 126 et 127), limités à la région moyenne (*Arenicola*, *Hermella*, *Branchellio*, *Lophobdella*), à la région antérieure (*Terebella*, fig. 128), concentrés sur la tête (*Sabella*, *Serpula*), ou à la partie postérieure du corps (*Dero*, *Priapul*).

On peut rattacher à ces différents types les formes diverses de branchies des Mollusques gastéropodes opisthobranches (*Pleurobranchus*, *Doris*, *Æolis*). Chez la plupart des Gastéropodes prosobranches, il existe une branchie pectinée protégée par un repli du manteau qui contribue à former une chambre branchiale dorsale. Les Céphalopodes possèdent deux ou quatre branchies (fig. 158, p. 106) contenues également dans une cavité, mais situées du côté ventral. La chambre branchiale persiste seule, sans branchies, chez quelques Gastéropodes terrestres (CYCLOSTOMIDÆ). Cette chambre serait, d'après Jehring, remplacée chez les

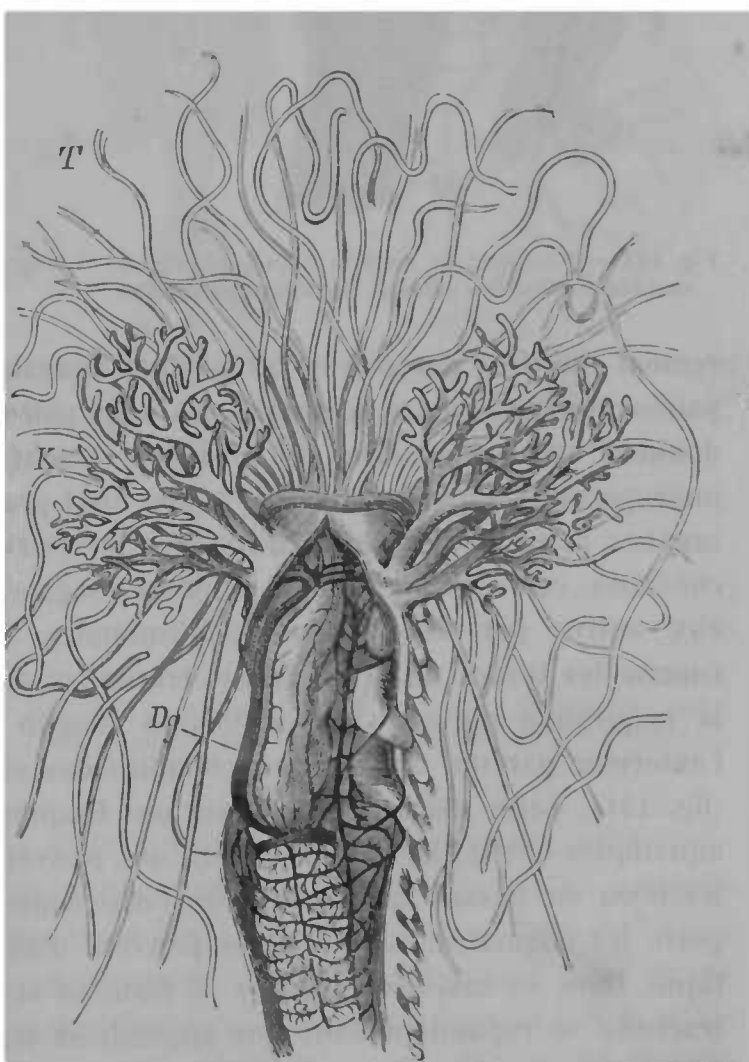


Fig. 128. — *Terebella nebulosa* ouverte sur la face dorsale (d'après H. Milne Edwards). — *T*, tentacules; *K*, branchies; *Dg*, vaisseau dorsal ou cœur.

Gastéropodes pulmonés par une dilatation de la partie terminale du canal excréteur de l'appareil urinaire; c'est à cette partie qu'on donne le nom de *poumon*.

C'est également aux dépens des téguments que se constitue l'appareil respiratoire des Arthropodes terrestres. Seulement ici les appendices tégumentaires, au lieu d'être externes et flottants, sont internes, et baignent dans le liquide de la cavité générale, à qui ils portent l'oxygène. Ce sont aussi des tubes ramifiés, plus ou moins anastomosés, maintenus béants par un épaississement de leur paroi, en forme de ruban chitineux et enroulé en hélice. Ces tubes constituent les *trachées* (fig. 129). Les trachées s'ouvrent au dehors par des orifices, les *stigmates*, ordinairement

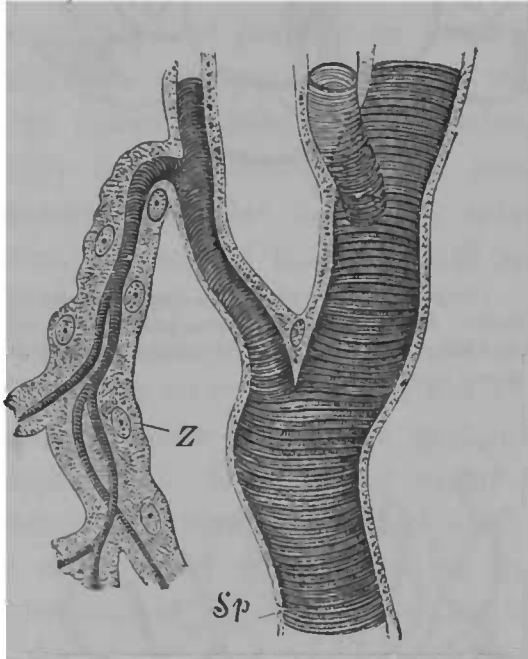


Fig. 129. — Fragment de trachée, d'après Leydig. *Z*, membrane cellulaire externe; *Sp*, intima cuticulaire.

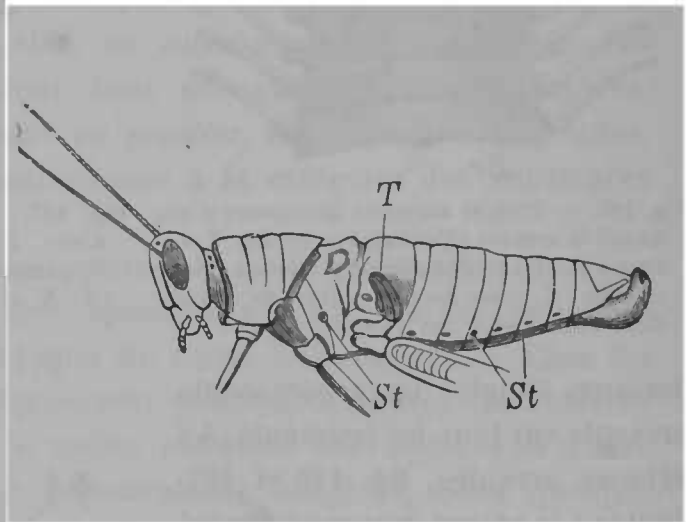


Fig. 130. --- Vue de profil du corps d'un *Acridium*. *St*, stigmates; *T*, organe tympanique.

rement disposés par paires sur chaque anneau du corps (fig. 130, *St*). Les quatre paires de stigmates des Scorpions, les deux paires ou la paire unique des Araignées, donnent accès non dans de véritables trachées, mais dans des sacs feuilletés, improprement appelés *poumons*, et qui sont probablement une forme primitive des organes respiratoires des Arthropodes terrestres. Le plus souvent les touffes trachéennes, correspondant aux différents segments du corps, sont reliées les unes aux autres par deux tubes longitudinaux, qui peuvent ainsi être considérés comme les troncs de deux arbres trachéens symétriques. Il suffit alors pour que la respiration puisse s'accomplir que chacun de ces troncs communique avec l'extérieur par un orifice, et le nombre des stigmates peut se réduire beaucoup (fig. 131). Cette disposition est surtout fréquente chez les Insectes ou les larves aquatiques (*Nepa*, larves de *Culex*), qui peuvent remplir d'air tout leur système trachéen en faisant saillir hors de l'eau seulement la partie de leur corps qui porte les stigmates. Les trachées peuvent d'ailleurs servir à la respiration aquatique. Dans ce cas, les stigmates se ferment et les ramifications ultimes de l'arbre trachéen se répandent dans des appendices tégumentaires externes, en forme de poils (chenilles d'*Hydrocampa*), de lames foliacées (larves d'Éphémères, fig. 132) ou de houppes, dont l'aspect rappelle beaucoup celui des branchies; aussi donne-t-on à ces appendices le nom de *branchies trachéennes*. Au lieu de branchies trachéennes, il existe dans le rectum des larves de Libellules de nombreux plis

saillants, dans lesquels se ramifient les trachées qui puisent l'oxygène dans l'eau dont ces larves emplissent périodiquement la partie terminale de leur tube digestif. Le tube digestif des Syllidiens, de certains Hésioniens, le rectum des *Dero* et probablement des autres Naïdiens, garni de puissants cils vibratiles, paraissent également jouer un rôle dans la respiration.

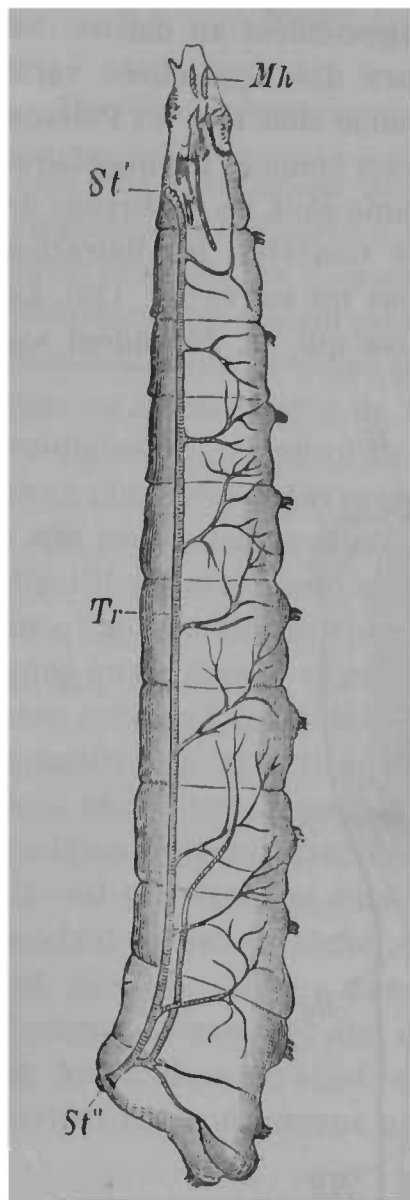


Fig. 131. — Système trachéen d'une larve de Mouche. *Tr*, tronc longitudinal du côté droit avec des faisceaux de ramuscules; *St'*, *St''*, stigmates antérieur et postérieur; *Mh*, crochets buccaux.

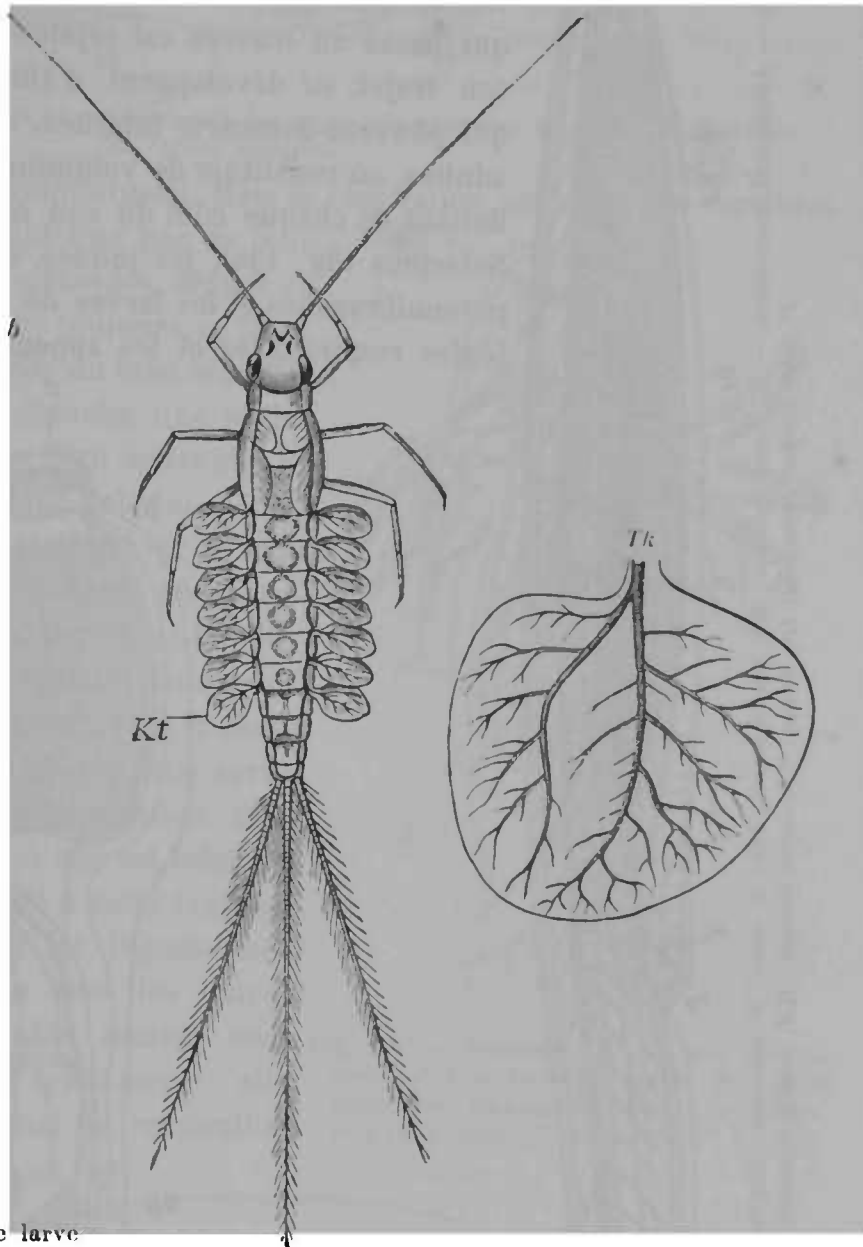


Fig. 132. — Larve d'Ephémère grossie. *Kt*, les sept paires de branchies trachéennes. — *Tk*, une branchie trachéenne isolée et très fortement grossie.

L'adaptation d'une partie du tube digestif à la fonction respiratoire, exceptionnelle chez les Arthropodes et les Vers annelés, devient au contraire un fait constant chez les Entéropeustes, les Tuniciers et les Vertébrés; elle peut se faire de façons diverses, mais porte toujours sur le pharynx ou l'œsophage. Chez tous ceux de ces animaux qui mènent une existence aquatique, l'eau introduite dans la partie antérieure du tube digestif en traverse les parois perforées à cet effet, et est ensuite rejetée au dehors. C'est dans la disposition des perforations du tube digestif, et dans la façon dont l'eau est amenée au dehors que résident les différences. L'œsophage se renfle en avant chez les Tuniciers (fig. 131) et chez l'*Amphioxus* (fig. 133),

en un sac dont les parois présentent une infinité de petites fentes à bords ciliés, souvent très régulièrement disposées; l'eau passe au travers de ces fentes et tombe dans un second sac qui s'ouvre au dehors. Chez les Entéropeustes et les Poissons, les fentes sont peu nombreuses, latérales, symétriques deux à deux, et elles intéressent à la fois le tube digestif et la paroi du corps, de sorte que l'eau qui passe au travers est rejetée directement au dehors. Sur son trajet, se développent d'ailleurs des appendices variés qui peuvent demeurer internes, comme chez tous les Poissons adultes, ou constituer de volumineuses houppes tégumentaires, flottant de chaque côté du cou comme chez les embryons des Sélaciens (fig. 135), les jeunes des Ganoïdes, les Batraciens pérennibranches et les larves de tous les autres (fig. 136). Les fentes respiratoires et les appendices qui en dépendent sont

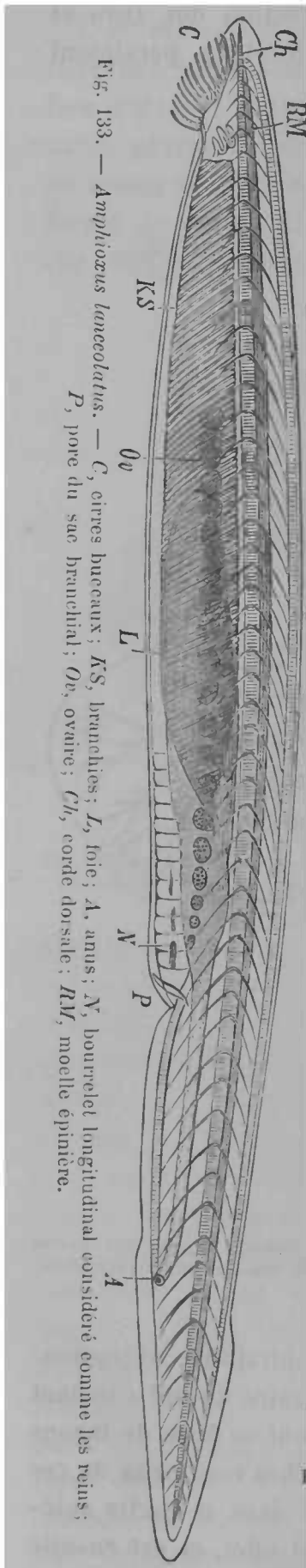


Fig. 133. — *Amphioxus lanceolatus*. — C, cirres buccaux; KS, branchies; L, foie; A, anus; N, bourellet longitudinal considéré comme les reins; P, pore du sac branchial; Ov, ovaire; Ch, corde dorsale; RM, moelle épinière.

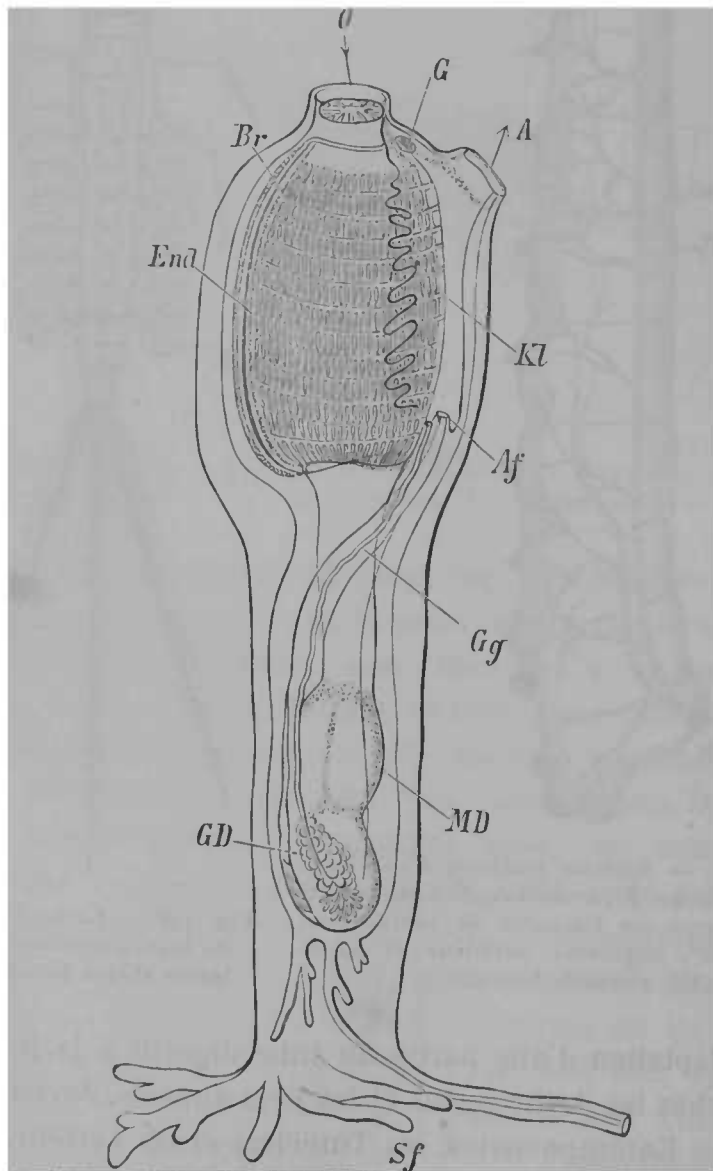


Fig. 134. — Tunicier (*Clavellina lepadiformis*), un peu schématisé (d'après Milne Edwards). — O, bouche; Br, branchie; End, endostyle; G, centre nerveux; MD, estomac; Kl, cloaque; A, orifice de sortie; Af, anus; GD, glande génitale; Gg, son canal excréteur; Sf, stolons.

indifféremment désignés sous le nom de *branchies*, déjà donné aux organes respiratoires, essentiellement tégumentaires, des Arthropodes, des Vers et des Mollusques. Ainsi que nous le verrons plus tard, les branchies tégumentaires, de même que

les branchies œsophagiennes peuvent servir à la respiration aérienne, à la seule condition d'être protégées contre la dessiccation (Crustacés terrestres, Anguilles, Pois-

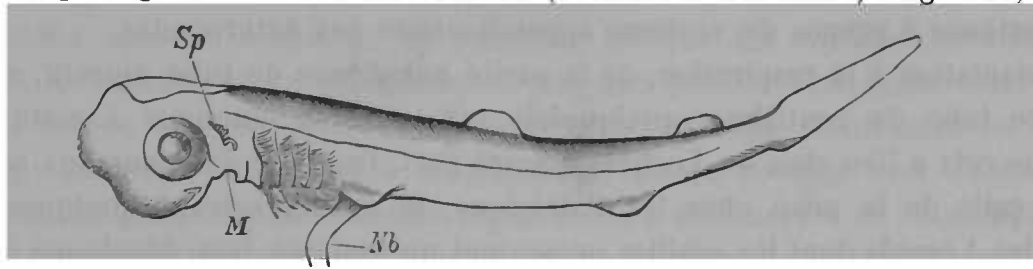


Fig. 135. — Embryon de Sélacien (*Acanthias*) avec des branchies externes. *Sp*, évent; *M*, bouche; *Nb*, cordon ombilical.

sons à os pharyngiens labyrinthiformes). Mais la respiration aérienne des Vertébrés amphibies et terrestres est obtenue par un tout autre procédé. Les Poissons ganoïdes, dipnés et téléostéens, présentent presque toujours, en libre communication avec une partie du tube digestif, plus ou moins voisine de la bouche, une poche volumineuse, remplie d'air ou d'un mélange gazeux plus riche en oxygène que l'air lui-même. Cette poche, dont la communication avec le tube digestif disparaît chez les Téléostéens physoclystes, n'est d'ordinaire chez les Vertébrés aquatiques qu'un organe chargé d'égaliser leur poids avec celui de l'eau qu'ils déplacent; c'est la *vessie natatoire* (fig. 137). Il est possible qu'elle serve déjà exceptionnellement à la respiration chez quelques Poissons ganoïdes où elle est bilobée; elle est certainement employée à cette fonction pendant la saison sèche, par les Dipnés chez qui elle est simple, comme chez les autres Poissons (*Ceratodus*), ou double comme chez les Amphibiens (*Protopterus*, *Lepidosiren*): elle devient enfin un organe normal de respiration

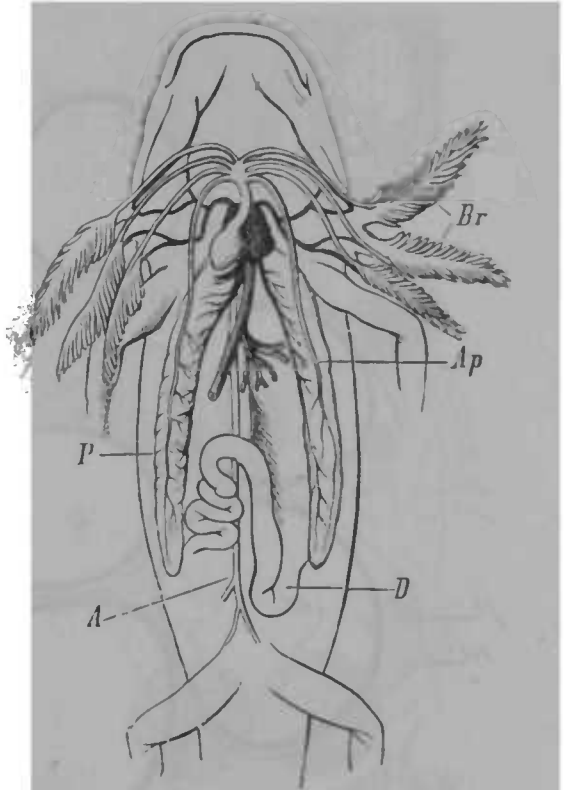


Fig. 136. — Branchies, *Br*, et sacs pulmonaires *P* d'un Percunibranche. *Ap*, artère pulmonaire naissant du premier des quatre arcs vasculaires; *D*, tube digestif; *A*, aorte.

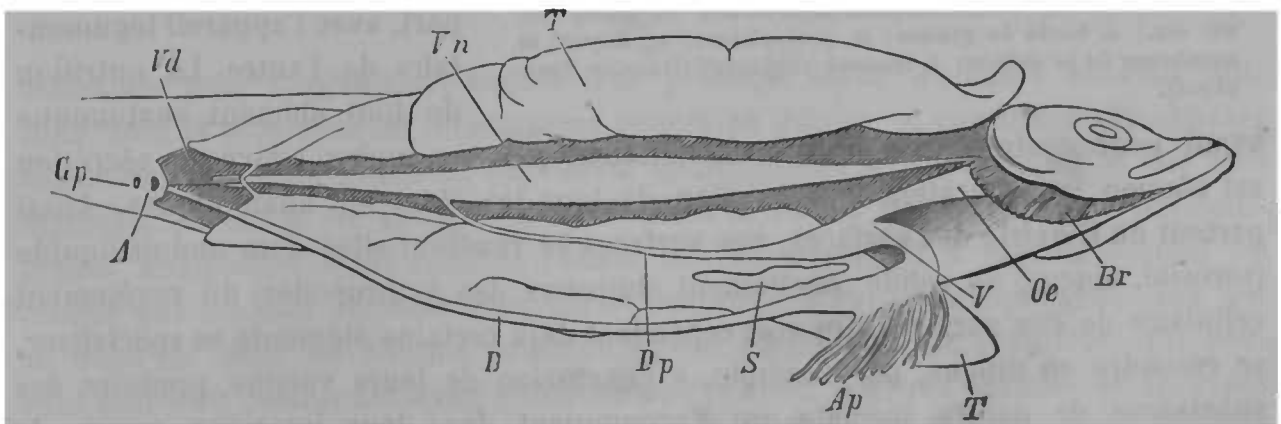


Fig. 137. — Appareil digestif et organes génitaux du *Clupea harengus* (d'après Brandt). — *Br*, branchies; *Oe*, œsophage; *V*, ostomac; *Ap*, appendices pyloriques; *D*, intestin; *A*, anus; *Vn*, vessie natatoire; *Dp*, canal aérien; *T*, testicules; *Vd*, canal excréteur des testicules; *Gp*, pore génital.

chez les Batraciens (fig. 136, *P*) et tous les Vertébrés aériens, où elle est représentée par les deux *poumons*. C'est là un exemple nouveau de ces *changements*

de fonction dont les organes sont susceptibles, soit au cours de la vie d'un même animal, soit d'une espèce à l'autre, changements dont nous avons déjà fait ressortir l'importance à propos du système appendiculaire des Arthropodes.

L'adaptation à la respiration, de la partie antérieure du tube digestif, n'empêche pas ce tube de contribuer quelquefois sur toute sa longueur à cette fonction, comme cela a lieu chez les Loches; d'autre part, l'activité des poumons se combine avec celle de la peau chez les Batraciens, et même, suivant quelques auteurs, chez les Lézards dont les écailles présentent un système très développé de canaux aérifères.

Appareil sécréteur. — L'appareil sécréteur ressemble à l'appareil respiratoire,

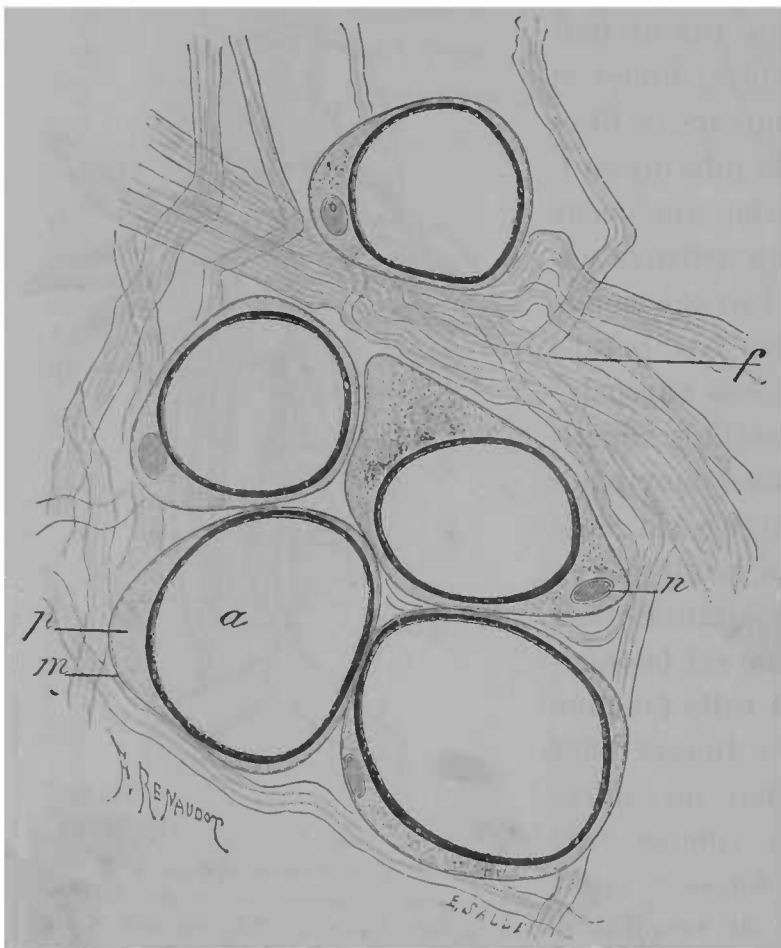


Fig. 138. — Tissu cellulo-adipeux sous-cutané du chien (Gr. 200 dm.). *a*, boule de graisse; *p*, protoplasme; *n*, noyau; *m*, membrane de la cellule; *f*, faisceau conjonctif (Ranvier Technique).

et par la nature de ses fonctions et par les régions du corps avec lesquelles il est en rapport. De même que l'appareil respiratoire entraîne au dehors l'acide carbonique et, chez les animaux aériens, la vapeur d'eau et les autres matières volatiles en excès, de même l'appareil sécréteur débarrasse l'organisme des produits de désassimilation liquides ou solubles qui résultent de l'activité des plastides et des organes. L'expulsion de ces produits ne peut avoir lieu que par les surfaces libres du corps; en conséquence, l'appareil excréteur est principalement en rapport, comme l'appareil respiratoire, avec le tube digestif d'une part, avec l'appareil tégumentaire de l'autre. La nutrition de tout élément anatomique ayant pour contre-partie une désassimilation plus ou moins active, la sécrétion est comme la respiration une fonction de tous les éléments anatomiques. Aussi partout où il existe des surfaces, ces surfaces se revêtent-elles d'un enduit liquide (sérosité, mucus) ou solide (revêtement chitineux des Arthropodes) du revêtement cellulaire de ces surfaces. On voit cependant déjà certains éléments se spécialiser, se résoudre en mucus, par exemple, à l'exclusion de leurs voisins, produire des substances de nature spéciale qui s'accumulent dans leur intérieur, comme la graisse dans les cellules adipeuses (fig. 138), ou sont expulsées comme les *excreta* des cellules caliciformes de l'intestin grêle de Vertébrés (fig. 140, *a*) ou des cellules rénales des Mollusques. D'autres s'entourent d'une membrane résistante, constituant une sorte d'ampoule munie d'un étroit goulot qui communique avec l'extérieur;

et par la nature de ses fonctions et par les régions du corps avec lesquelles il est en rapport. De même que l'appareil respiratoire entraîne au dehors l'acide carbonique et, chez les animaux aériens, la vapeur d'eau et les autres matières volatiles en excès, de même l'appareil sécréteur débarrasse l'organisme des produits de désassimilation liquides ou solubles qui résultent de l'activité des plastides et des organes. L'expulsion de ces produits ne peut avoir lieu que par les surfaces libres du corps; en conséquence, l'appareil excréteur est principalement en rapport, comme l'appareil respiratoire, avec le tube digestif d'une part, avec l'appareil tégumentaire de l'autre. La nutrition de tout élément anatomique

cette sorte d'élément sécréteur, de *glande unicellulaire*, est commun chez les Arthropodes (fig. 139 et 140, *b*, *c*).

Un véritable appareil sécréteur se constitue lorsque les surfaces sécrétantes augmentent d'étendue par un plissement ou par une prolifération toute semblable à celle qui amène la constitution de l'appareil respiratoire. Seulement ici cette prolifération ne peut avoir d'effet utile que si elle se produit vers l'épaisseur même des tissus dans lesquels résident les produits à éliminer; il en résulte l'apparition, au sein de ces tissus, de glandes tubulaires ou parenchymateuses, analogues à celles que nous avons déjà eu occasion d'étudier à propos du tube digestif. Les produits de ces glandes ne se trouvant pas en contact avec des substances

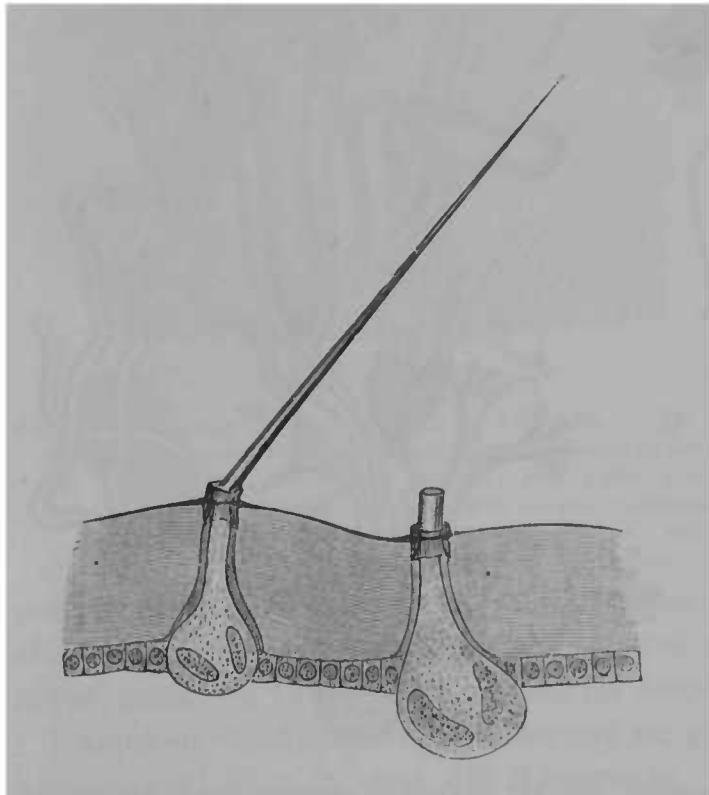


Fig. 139. — Cuticule et hypoderme de la chenille d'une *Gastropacha*, avec deux glandes à venin, surmontées chacune d'un poil rigide.

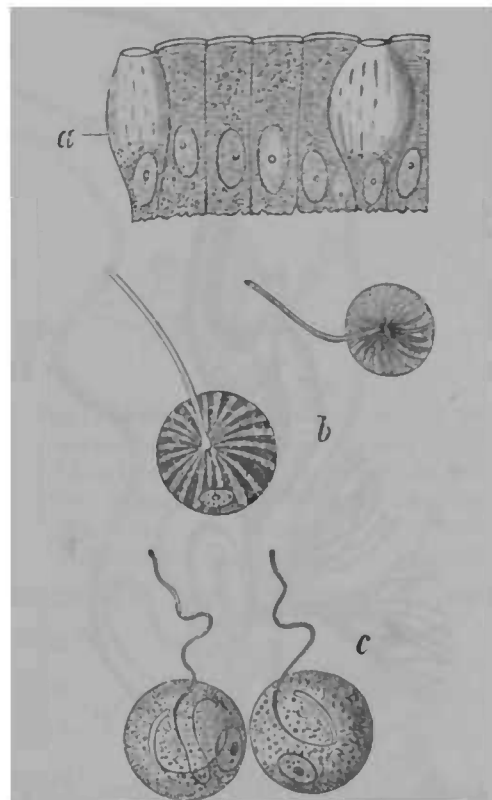


Fig. 140. — Glandes unicellulaires: *a*, cellules caliciformes de l'intestin grêle des Vertébrés; *b*, glandes cutanées d'*Argulus*, munies d'un long tube excréteur; *c*, glandes cutanées d'Insecte, munies d'un canal excréteur cuticulaire.

utilisables pour l'organisme, auquel leur présence serait d'ailleurs souvent nuisible, sont le plus souvent directement rejetés au dehors, et constituent de simples *excrétions*. Plusieurs jouissent cependant de propriétés analogues à celles des sucs digestifs. Ce fait a été invoqué à tort contre la valeur des conclusions physiologiques auxquelles avait conduit l'étude de ces derniers; il faut seulement en inférer que les sucs digestifs sont, parmi les produits excrétés similaires, ceux qui se trouvent dans de bonnes conditions pour l'utilisation de propriétés qui peuvent leur être communes avec plusieurs autres sucs. D'autres glandes se trouvent aussi placées dans des conditions favorables à l'utilisation, dans les sens les plus divers, des sucs qu'elles produisent. Telles sont les *glandes à venin* de l'extrémité de la queue des Scorpions, les *glandes séricigènes* des Araignées, les *glandes cloacales* de beaucoup d'Insectes, les *glandes odorantes* des Punaises et de divers autres Insectes, les glandes venimeuses de l'aiguillon des Hyménoptères, les glandes

productrices de la glaire dont s'enveloppent beaucoup de Mollusques, la glande productrice de l'encre des Céphalopodes, et, chez les Vertébrés supérieurs, les *glandes lacrymales*, les *glandes sébacées* qui accompagnent et lubrifient les poils, les *mamelles* qui paraissent en être une modification et produisent le *lait*. Un groupe important de glandes, dont le produit est utilisé, se trouve également en rapport avec l'appareil reproducteur. Ces glandes (fig. 141 et 142) produisent tantôt des capsules pour les œufs (*glandes capsulogènes* des TRÉMATODES et des CESTOÏDES, *ceinture* ou *clitellum* des LOMBRICIENS et des SANGSUES, etc.), tantôt des substances destinées à protéger la ponte tout entière (*glandes nidamentaires* des Mantes, des

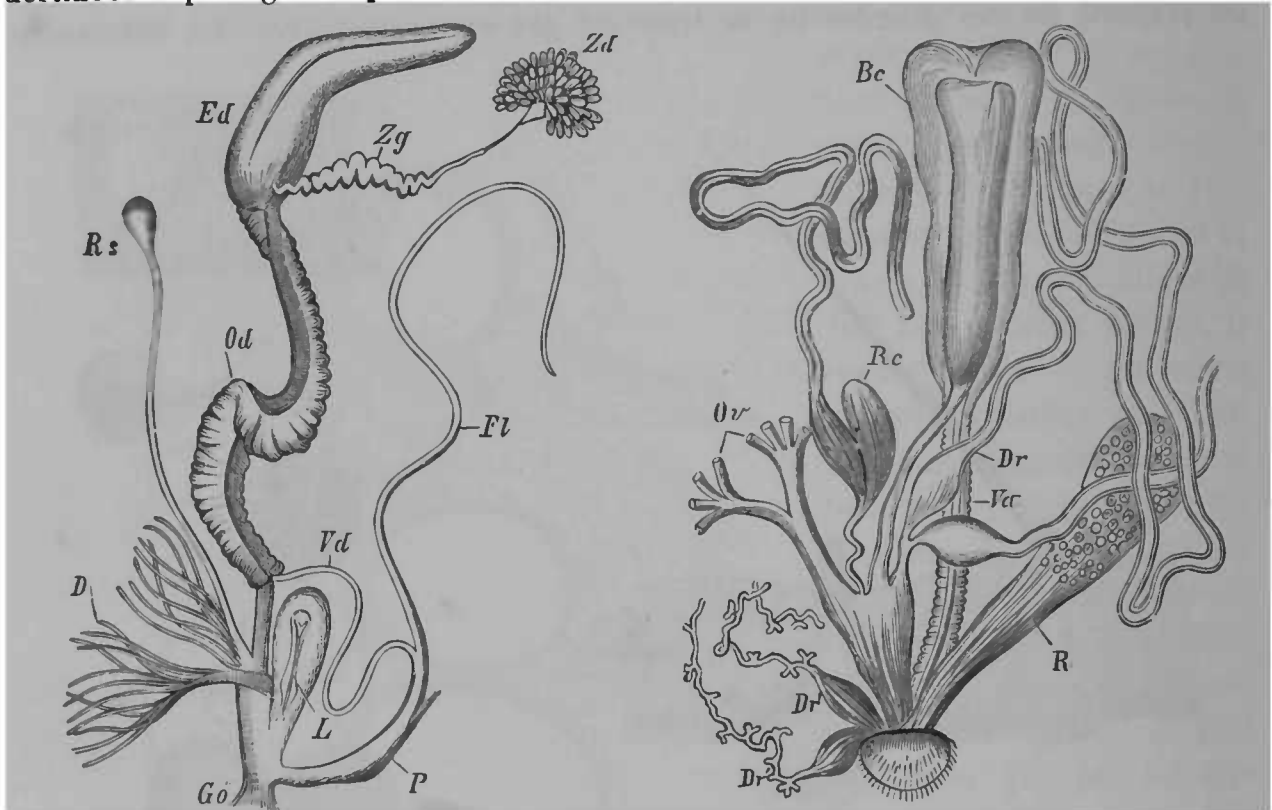


Fig. 141. — Appareil reproducteur d'*Helix pomatia* (d'après Baasen). — *Zd*, glande hermaphrodite; *Zg*, son canal excréteur; *Ed*, glande albuminipare; *Od*, oviducte et gouttière déférente; *Vd*, canal déférent; *P*, gaine du pénis; *Fl*, flagellum; *Rs*, réceptacle séminal; *D*, glandes multifides; *L*, poche du dard; *Go*, vestibule.

Fig. 142. — Organes génitaux femelles de *Vanessa urticae* (d'après Stein). — *Oc*, gaines ovigères coupées; *Rc*, réceptacle séminal; *Va*, vagin; *Bc*, poche copulatrice et canal de communication avec l'oviducte; *Dr*, appendices glanduleux; *Dr'*, glandes sébiféques; *R*, rectum.

Hydrophiles, de beaucoup d'autres INSECTES et de MOLLUSQUES), tantôt des enveloppes ou *spermatophores*, pour les filaments spermatiques, ou, comme la *prostate*, des humeurs destinées à les délayer; tantôt simplement des liquides destinés à lubrifier les surfaces qui doivent être mises en contact pendant l'accouplement.

Dans le groupe des *glandes essentiellement excrétrices*, il en est encore dont les produits jouent un certain rôle physiologique. Ainsi les innombrables *glandes sudoripares* que présentent la plupart des Mammifères (fig. 143, *Sd*) non seulement excrètent de l'urée, mais contribuent à conserver à l'épiderme sa souplesse, tandis que la sueur, en s'évaporant, enlève à l'organisme une partie de l'excès de chaleur produit par son activité.

Ces fonctions accessoires disparaissent enfin pour les *reins* qui éliminent l'urée, l'acide urique, l'acide hippurique, produits de désassimilation, ainsi que la plupart des substances solubles, inassimilables, accidentellement introduites dans l'organisme. Des tubes délicats, les *tubes de Malpighi* (fig. 144, *Mg*), qui s'ouvrent soit dans

l'intestin terminal (ARACHNIDES, MYRIAPODES), soit entre la portion stomacale et la

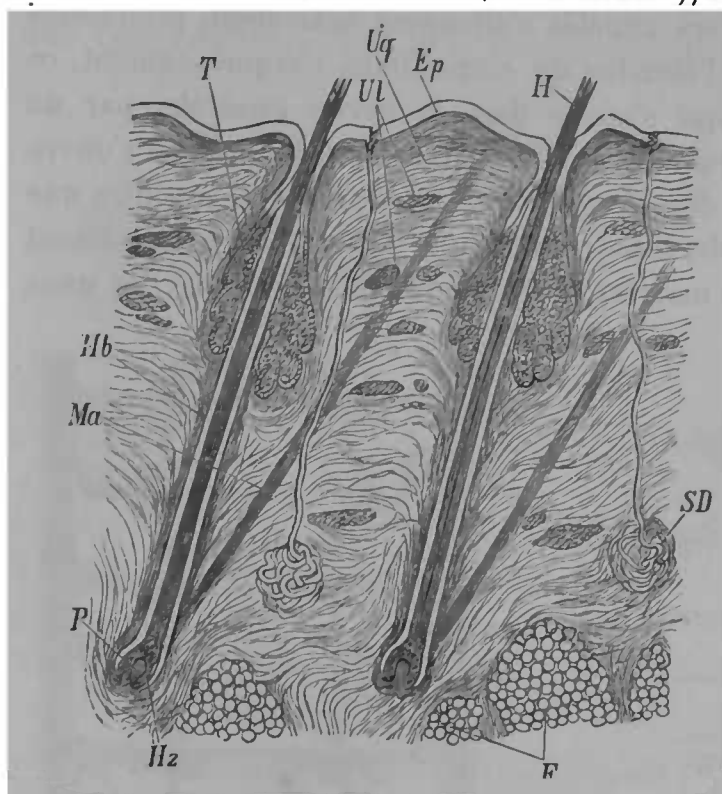


Fig. 143. — Coupe du cuir chevelu de l'Homme. — *Ep*, épiderme; *UL*, faisceaux transversaux du tissu conjonctif du derme; *Uq*, faisceaux longitudinaux; *H*, poil; *Hz*, bulbe pileux; *P*, papille du poil; *Hb*, follicule; *Ma*, muscle redresseur; *T*, glandes sébacées; *SD*, glandes sudoripares; *F*, cellules adipeuses.

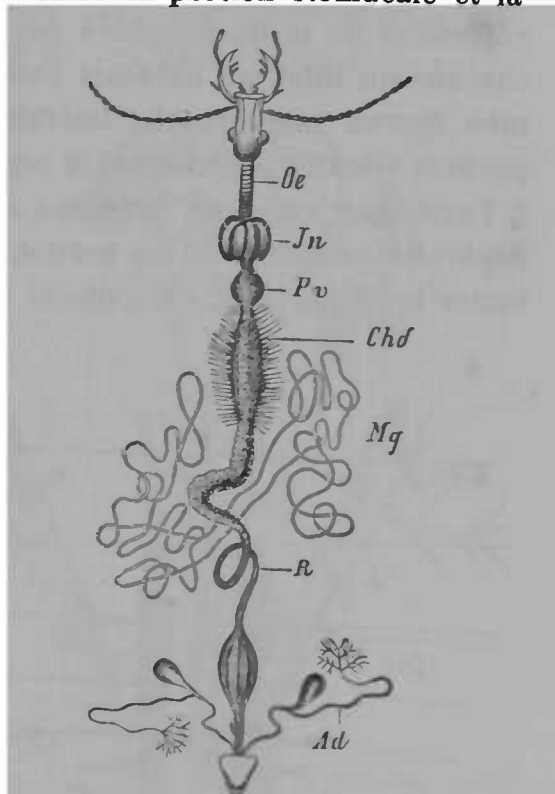


Fig. 144. — Appareil digestif d'un Coléoptère carnassier, le *Carabus auratus* (d'après Léon Dufour). — *Oe*, œsophage; *Jn*, jabot; *Pv*, gésier; *Chd*, ventricule chylifique; *Mg*, tubes de Malpighi; *R*, intestin; *Ad*, glandes anales avec leur réservoir.

portion intestinale du tube digestif (Insectes), constituent tout l'appareil urinaire chez les Arthropodes terrestres; cet appareil n'est indiqué, parmi les Crustacés, que chez les Amphipodes.

L'appareil rénal présente au contraire un grand développement dans la série des NÉPHRIDIÉS. Il a, en général, chez ces animaux, une origine mésodermique et ne contracte avec l'appareil digestif que des rapports secondaires. Il consiste déjà, chez les Rotifères, en deux longs tubes pelotonnés, ciliés à l'intérieur, présentant un certain nombre de ramifications latérales qui s'ouvrent dans la cavité générale par de petits pavillons vibratiles (fig. 145, *Ex*, *Wtr*). Ces tubes rénaux ou *néphridies* débouchent dans le cloaque. Il existe aussi chez les Bryozoaires entoproctes deux tubes ciliés, ayant chacun un orifice dans la cavité générale et un orifice externe sur le péristome. Chez les Brachiopodes, les néphridies sont volumineuses, renflées dans leur région moyenne, munies d'un large pavillon vibratile; les Rhynchonelles en possèdent deux paires, les autres Brachiopodes une seule. Des néphridies ramifiées, analogues à celles des Rotifères, se montrent déjà dans la trochosphère des Vers annelés (*Polygordius*, fig. 101, *K.V*, p. 71) et des Géphyriens

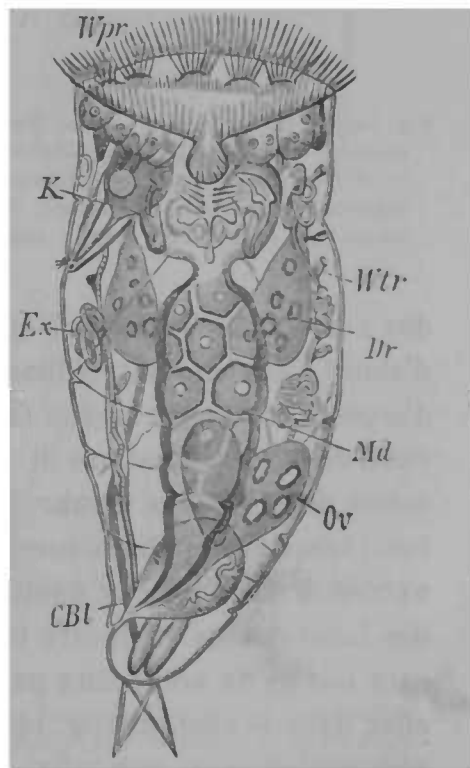


Fig. 145. — *Hydatina senta* femelle (d'après F. Cohn). — *Wpr*, appareil rotateur; *CBl*, vésicule contractile; *Wtr*, pavillon cilié de l'appareil excréteur (*Ex*); *K*, mâchoires; *Dr*, glandes salivaires; *Md*, intestin moyen; *Ov*, ovaire.

(*Echiurus*, fig. 87, p. 62, KN, et fig. 146). A mesure que le corps s'allonge, les néphridies de la trochosphère des Vers annelés s'allongent également, produisant chacune un tube qui parcourt toute l'étendue du corps. Dans chaque segment, ce tube fournit une branche latérale qui s'ouvre dans la cavité générale, par un pavillon vibratile, constituant le *néphrostome*, tandis qu'une seconde branche s'ouvre à l'extérieur; ces deux branches se disposent ensuite de manière à produire une néphridie complète, et les portions du tube primitif qui unissait momentanément toutes les néphridies, s'atrophient de manière à les rendre indépendantes les unes

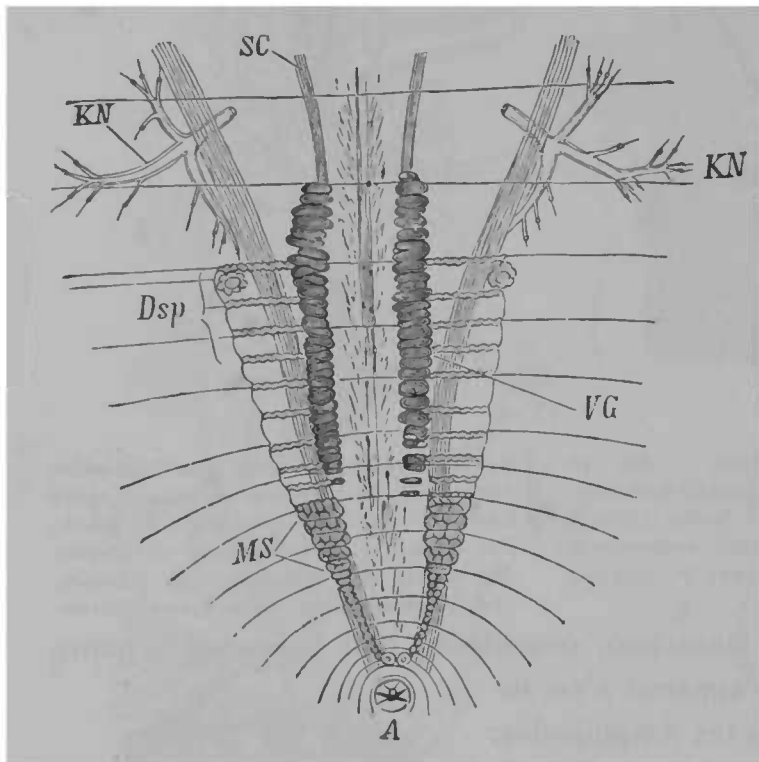


Fig. 146. — Face ventrale grossie d'une larve d'*Echiurus* pour montrer les néphridies céphaliques *KN* (d'après Hatschek). — *SC*, commissure œsophagienne; *Dsp*, dissépinents des segments antérieurs du tronc; *MS*, bandelette mésodermique; *A*, anus; *VG*, cordon ganglionnaire.

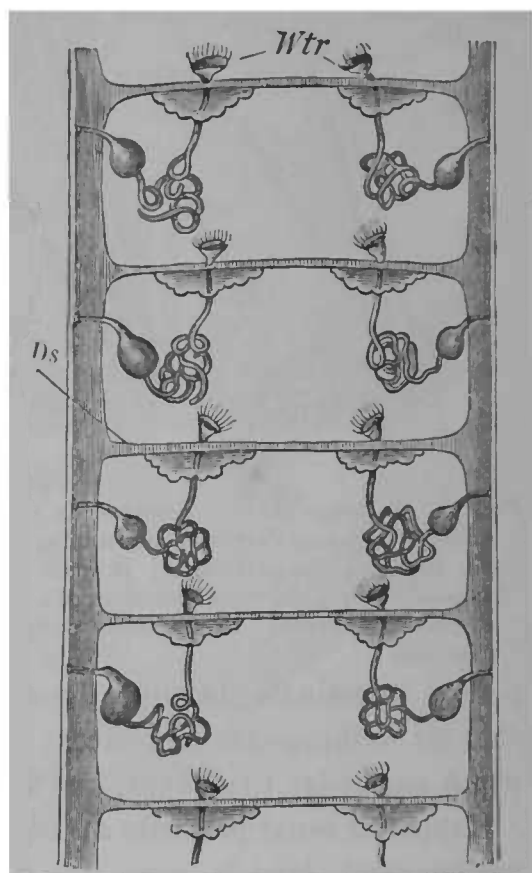


Fig. 147. — Organes segmentaires d'un Ver annelé. *Ds*, cloisons qui séparent les anneaux; *Wtr*, pavillons ciliés, terminaisons des canaux enroulés en peloton (d'après C. Semper).

des autres. Les néphridies étant ainsi en nombre égal à celui des segments, ont été d'abord désignées par Williams, qui les a découvertes chez les Annélides, sous le nom d'*organes segmentaires* (fig. 147). La néphridie céphalique s'atrophie généralement ou subit des transformations diverses; les diverses néphridies d'un même Ver peuvent de même subir d'assez nombreuses différenciations. Chez les Géphyriens où nous avons suivi leurs variations de nombre, elles servent, comme chez les Annélides, de canaux excréteurs à l'appareil génital (fig. 148). Il paraît en être de même chez une partie des Lombriciens. Peut-être faut-il considérer comme des néphridies modifiées, deux sacs munis de nombreux pavillons vibratiles qui, chez les Bonellies, viennent déboucher dans le cloaque (fig. 149, *Ab*). Les néphridies des Lombriciens sont, en général, plus compliquées que celles des Annélides et pourvues d'un appareil glandulaire très développé. Chez beaucoup d'Hirudinées, elles sont dépourvues de néphrostome.

La disparition de la segmentation du corps entraîne chez les Trématodes, les Turbellariés, la transformation du système des néphridies en une paire de canaux pelotonnés et ramifiés qui s'étendent sur la plus grande partie de la longueur du

corps, et peuvent s'ouvrir à l'extérieur en des points très différents selon les genres que l'on considère. Les plus fines ramifications de ces canaux (fig. 150), consi-

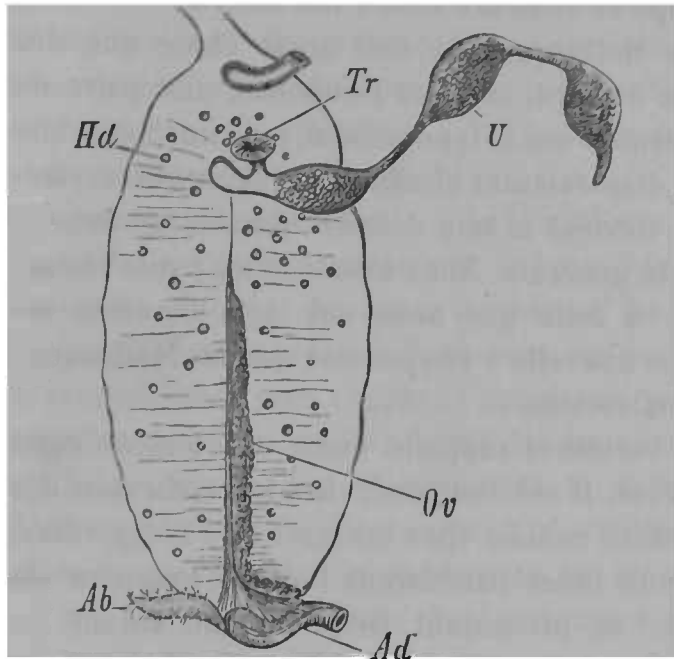


Fig. 148. — *Bonellia viridis* femelle. L'appareil digestif a été enlevé pour montrer les organes génitaux et la néphridie unique (d'après de Lacaze-Duthiers). — *Ov*, ovaire; *U*, utérus; *Tr*, pavillon cilié de l'utérus; *Ad*, reetum; *Ab*, glandes anales; *Hd*, glandes cutanées.

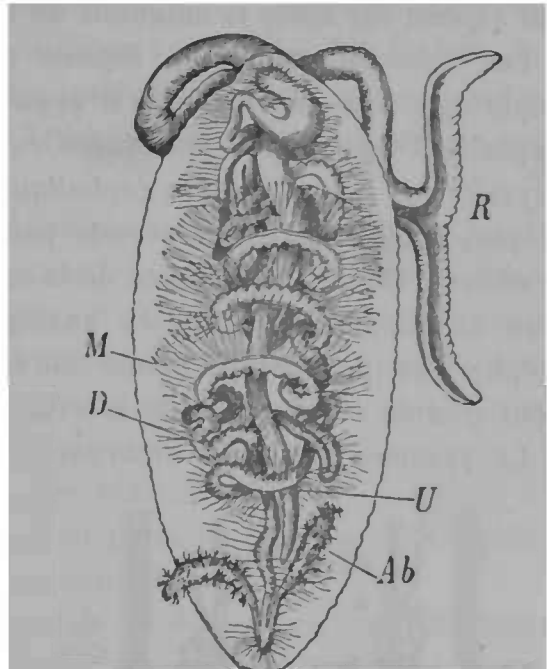


Fig. 149. — Viscères de la *Bonellia viridis* femelle (d'après de Lacaze-Duthiers). — *R*, trompe; *D*, tube digestif; *Ab*, glandes anales (néphridies?); *M*, mésentère; *U*, néphridie antérieure.

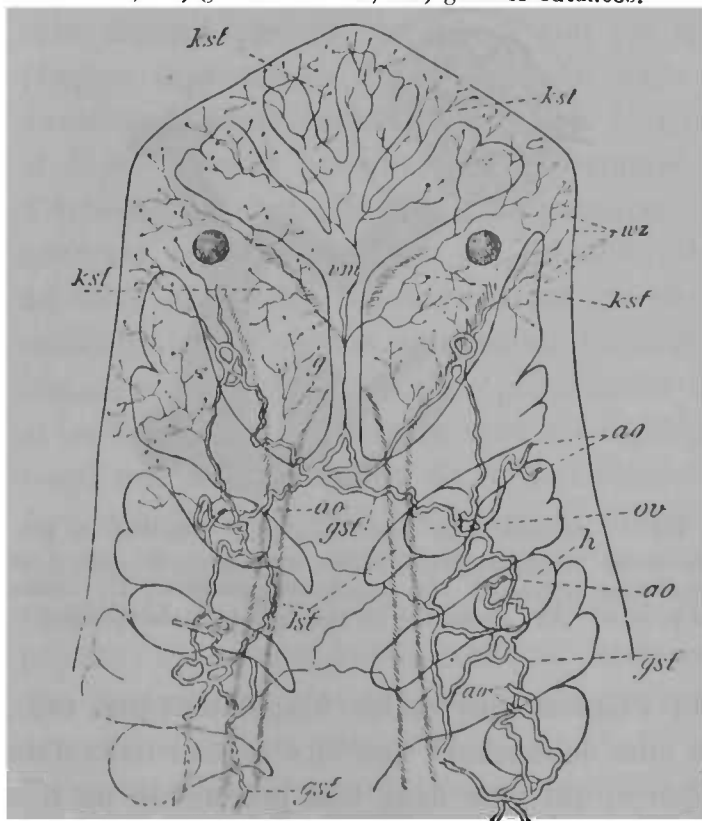


Fig. 150. — Appareil excréteur dans la région antérieure du corps de la *Gunda segmentata* (schéma). — *vm*, branche intestinale antérieure et médiane; *wz*, renflements terminaux de l'appareil excréteur; *g*, cerveau; *ao*, orifices de l'appareil excréteur; *gst*, grands canaux de l'appareil excréteur; *ov*, oviducte; *h*, testicules; *lst*, troncs nerveux longitudinaux; *kst*, canalicules ramifiés de l'appareil excréteur (d'après A. Lang).

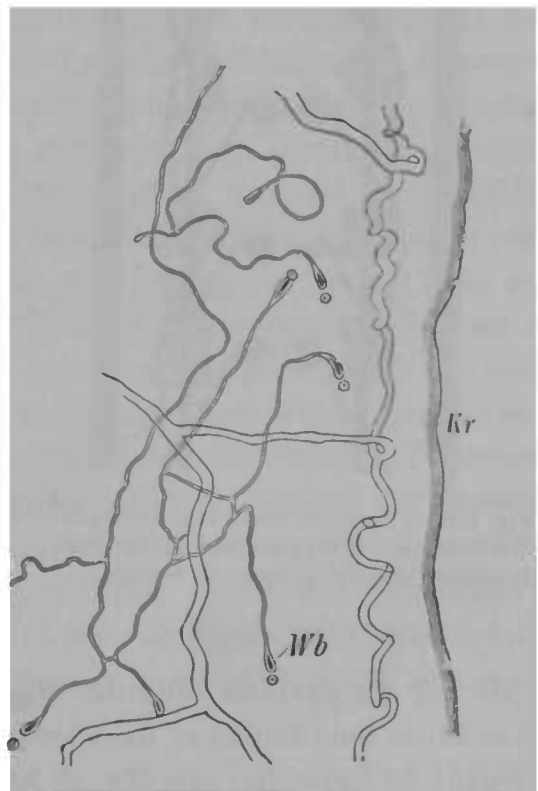


Fig. 151. — Fragment du système néphridien du *Caryophyllæus mutabilis* (d'après Pinter). — *Wb*, renflements terminaux des derniers ramuseaux du réseau néphridien.

dérés au moment de leur découverte comme un appareil vasculaire, se terminent entre les cellules du parenchyme du corps, par de petits renflements, à l'intérieur

desquels on aperçoit un long flagellum vibrant. Les Cestoides, dont chaque segment est l'équivalent d'un Trématode, ont un système néphridien analogue (fig. 151), qui s'étend sur toute la longueur du corps et demeure tout à fait indivis.

Les reins ou organes de *Bojanus* des Mollusques ne sont autre chose que des néphridies très développées. Il apparaît d'abord, chez les Pulmonés, une paire de néphridies céphaliques, bifurquées, construites sur le type normal, puis une néphridie asymétrique; les néphridies céphaliques disparaissent bientôt, et la néphridie asymétrique, représentant une seconde paire, devient le rein définitif qui s'ouvre dans le péricarde, simple dépendance de la cavité générale. Nous assistons ici à une réduction de l'appareil néphridien analogue à celle que nous ont déjà montrée les Géphyriens (p. 73) et qui donne une force nouvelle à l'hypothèse que les Mollusques sont comme eux formés de mérides coalescents.

Le système rénal des embryons de Vertébrés rappelle enfin exactement celui

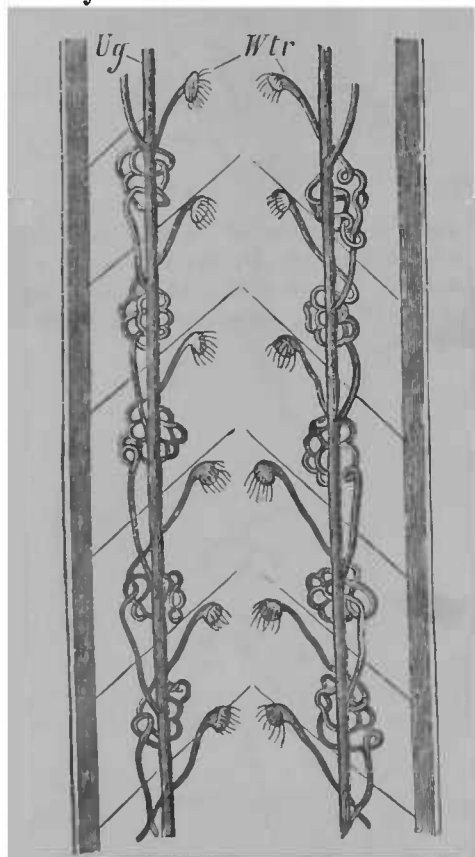


Fig. 152. — Système rénal d'un embryon de *Squal*. *Wtr*, pavillons ciliés; *Ug*, uretère primitif (d'après C. Semper).

des Vers. Il est composé, chez les embryons des Vertébrés comme chez les larves de *Polygordius*, de deux tubes parcourant toute la longueur du corps, et présentant fréquemment autant de branches latérales qu'il existe de segments musculaires du corps ou myotomes (fig. 152). Ces branches latérales s'ouvrent dans la cavité générale

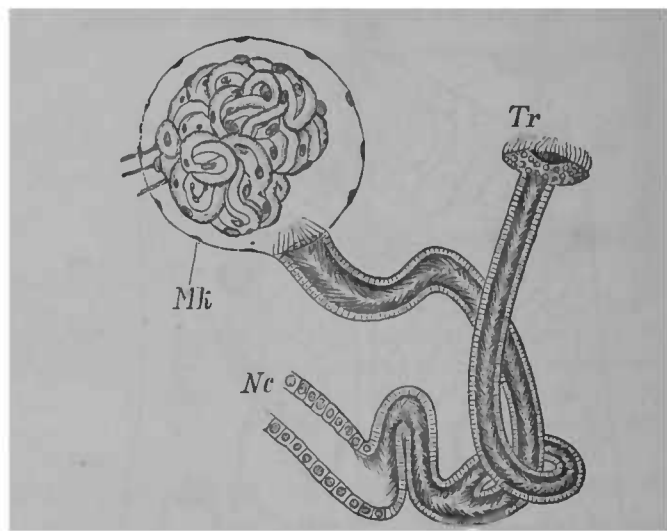


Fig. 153. — Pavillon cilié avec canalicule urinaire et glomérule de Malpighi, de la partie supérieure du rein d'un Amphibien (*Proteus*). *Ne*, canalicule urinaire; *Tr*, orifice du pavillon; *Mk*, glomérule de Malpighi (d'après Spengel).

rale par un pavillon vibratile, chez les Plagiostomes et les Amphibiens (fig. 153). Les tubes longitudinaux dans lesquels elles débouchent sont eux-mêmes issus d'un organe de formation précoce, le *pronéphros*, qui joue dans leur production un rôle analogue à celui du rein céphalique de la trochosphère des Annélides et des Géphyriens. Ils se dédoublent généralement chacun en deux autres tubes: le *canal de Wolf*, qui demeure en communication avec les branches rénales latérales, et le *canal de Müller* (fig. 174 et 175, p. 115). Tout cet appareil demeure chez les Vertébrés aquatiques (POISSONS et BATRACIENS) plus ou moins au service de la fonction urinaire et de l'appareil génital. Chez les Vertébrés terrestres (REPTILES, OISEAUX et MAMMIFÈRES), après avoir contribué à constituer le *mésonephros* ou *corps de Wolf*,

il s'atrophie en grande partie; presque tout ce qui en reste, entre dans la constitution des conduits excréteurs de l'appareil génital, tandis qu'un diverticule du canal de Wolf fournit au rein définitif ou *métanéphros*, ses canalicules urinifères et ses uretères. Il y a donc dans l'appareil excréteur de tous les Néphridiés une remarquable unité de constitution qui autorise, comme l'importance que gardent chez eux les cils vibratiles, à les séparer des Arthropodes et à les réunir en une seule et même grande série ¹

Appareil circulatoire. — Les matières assimilables, élaborées par l'appareil digestif, l'oxygène absorbé par l'appareil respiratoire, doivent être mis à la disposition des plastides de toutes les parties du corps; et de toutes les parties du corps l'acide carbonique doit affluer vers l'appareil respiratoire, comme les produits de désassimilation vers l'appareil excréteur, pour être éliminés. Un liquide que nous appellerons l'*hémolymph*e, formé par les exsudats de tous les plastides groupés en un même organisme, et contenant lui-même des plastides flottants, détachés de diverses régions du corps, sert d'intermédiaire, au point de vue de l'assimilation et de la désassimilation, entre tous les plastides associés.

Chez les plus inférieurs des Arthropodes (*Cyclops*, *Achtheres*, *Caligus*, CYPRIDÆ, CYTHERIDÆ, ACARIDA, CIRRIPEDA) et des Néphridiés (ROTIFERA, BRYOZOA, GLYCERIDÆ, CAPITELLIDÆ), ce liquide remplit toute la cavité générale. Il est incessamment brassé soit par les contractions mêmes du corps, soit par les cils vibratiles dont la cavité générale est souvent revêtue, soit par des contractions rythmiques du tube digestif (*Cyclops*, *Achtheres*), soit par les mouvements de plusieurs paires de plaques musculaires qui le poussent dans une direction déterminée. La même absence de toute canalisation propre à endiguer le liquide de la cavité générale, et à lui imposer une direction déterminée, se retrouve dans plusieurs groupes d'Artiozoaires parasites, les Linguatules, les Nématodes, qui ont une cavité générale, les Trématodes et les Cestoïdes, dont la cavité générale est remplie par du tissu conjonctif, cellulaire, ainsi que chez les *Sagitta* qui sont libres. Il ne se constitue jamais qu'une canalisation incomplète chez les Arthropodes; mais il est à remarquer que chez les formes apparentées aux types les plus anciens, les Limules et les Scorpions, le cours du sang est réglé par un système de *vaisseaux* plus développé que dans beaucoup de formes relativement récentes. Ces vaisseaux doivent être considérés comme des espaces primitivement indéfinis, comme des *lacunes* laissées entre eux par les organes, et à la surface desquelles se sont ensuite constitués des tissus nouveaux, qui leur ont peu à peu donné une délimitation précise; on ne peut guère expliquer autrement ce fait, en apparence si paradoxal, que la partie la plus importante du système nerveux des Limules soit contenue dans de véritables vaisseaux.

Les vaisseaux des Arthropodes, quand ils existent, sont toujours en rapport avec un centre d'impulsion ou *cœur* situé du côté dorsal. Le *cœur* constitue souvent presque à lui seul l'appareil circulatoire (PHYLLOPODES, CLADOCÈRES, fig. 134, OSTRACODES élevés), ou présente seulement un prolongement vasculaire soit à l'une de ses extrémités (INSECTES), soit à toutes deux (AMPHIPODES): il est lui-même formé

¹ J'ai employé, en 1881 (*Colonies animales*, p. 755), le nom de NÉPHROSTOMÉS pour désigner ces animaux; mais le nom de NÉPHRIDIÉS, outre qu'il est plus court, est préférable, les néphridies n'ayant pas toujours d'orifice dans la cavité générale, de *néphrostome*.

de chambres successives, présentant chacune deux ouvertures latérales par lesquelles le sang pénètre dans leur intérieur (fig. 119, *Rg*, p. 86); l'étendue de ces chambres correspond à celle des segments du corps, sans que leur nombre égale d'ailleurs

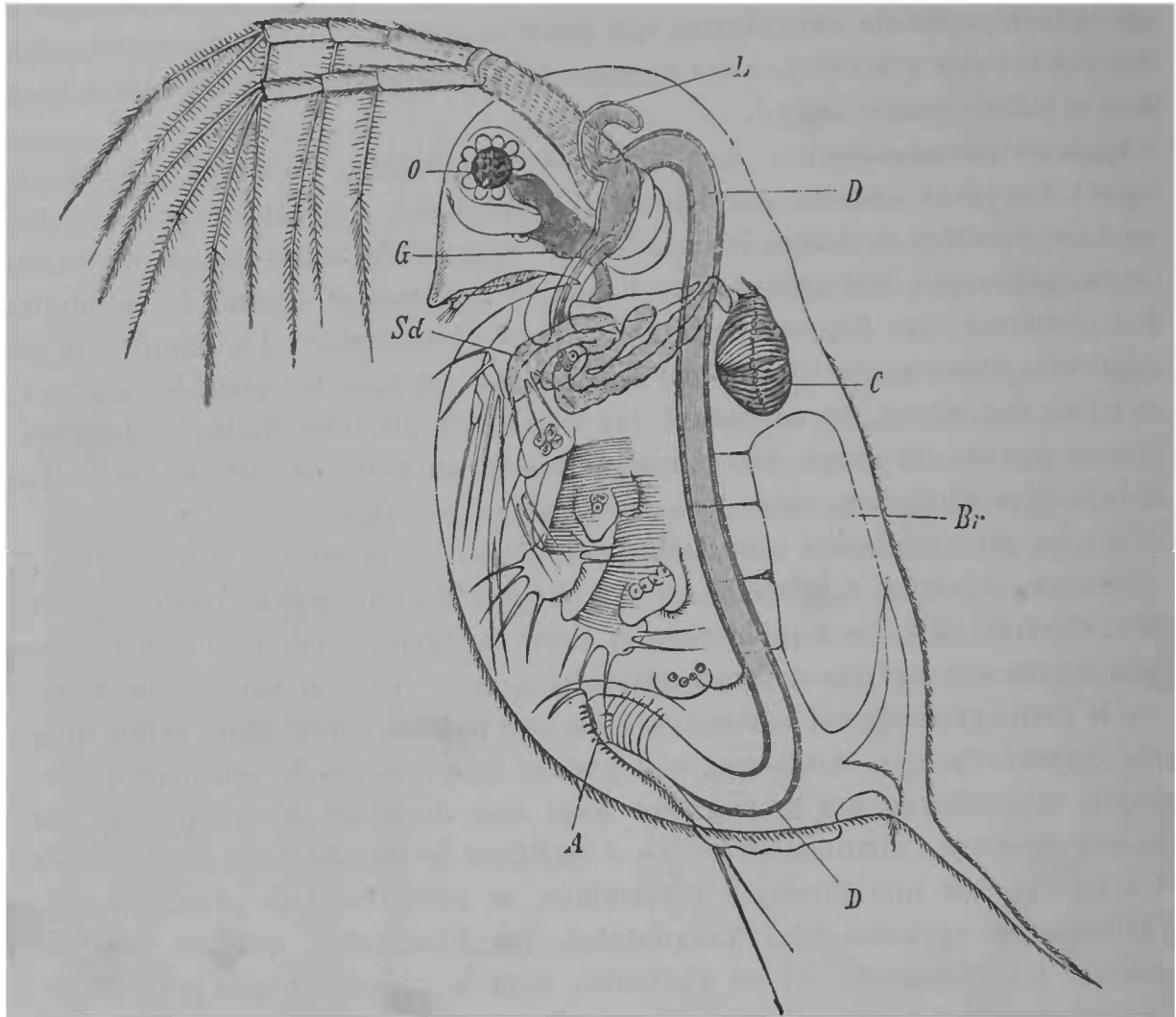


Fig. 154. — Un Cladocère (*Daphnia*). *C*, cœur simple, montrant l'orifice du côté gauche; *D*, tube digestif; *L*, appendice hépatique; *A*, anus; *G*, cerveau; *O*, œil; *Sd*, glande du test; *Br*, chambre incubatrice.

celui de ces derniers. Le nombre des chambres cardiaques et leur degré de coalescence sont extrêmement variables. Ce nombre peut se réduire à l'unité. Les vaisseaux qui emportent l'hémolymphe loin du cœur doivent être considérés comme des *artères*. Avant de pénétrer dans le cœur, le sang qui revient des branchies se rassemble souvent dans une cavité péricardique plus ou moins close (fig. 155).

Les vaisseaux que possèdent la très grande majorité des Annélides se disposent, sauf de rares exceptions (*SERPULIDÆ*, *SABELLIDÆ*), en un appareil vasculaire complètement clos (fig. 156). L'hémolymphe est remplacée par deux liquides : l'un, la *lymphe*, est incolore, chargé de corpuscules flottants, et demeure libre dans la cavité générale; l'autre, le *sang*, est contenu dans les vaisseaux; il peut être incolore (*Nais*, *Enchytræus*), jaune (*Pachydrilus*, *Aphrodite*), vert (*Sabella*, *Chlorhæma*), ou rouge, ce qui est le cas le plus fréquent (nombreuses ANNÉLIDES POLYCHÈTES, TUBIFÉCIDÉS, LUMBRICIDÉS, beaucoup d'HIRUDINÉES). Il existe, au moins dans ce cas, deux troncs longitudinaux, l'un dorsal, l'autre ventral, qui se bifurquent pour se rejoindre en avant et en arrière, et sont, en outre, reliés l'un à l'autre par autant d'anses latérales que le corps présente de segments. A la partie antérieure du corps plusieurs

de ces anses sont contractiles et méritent le nom de *cœurs latéraux* (fig. 156). Le vaisseau dorsal est lui-même décomposé en chambres contractiles successives,

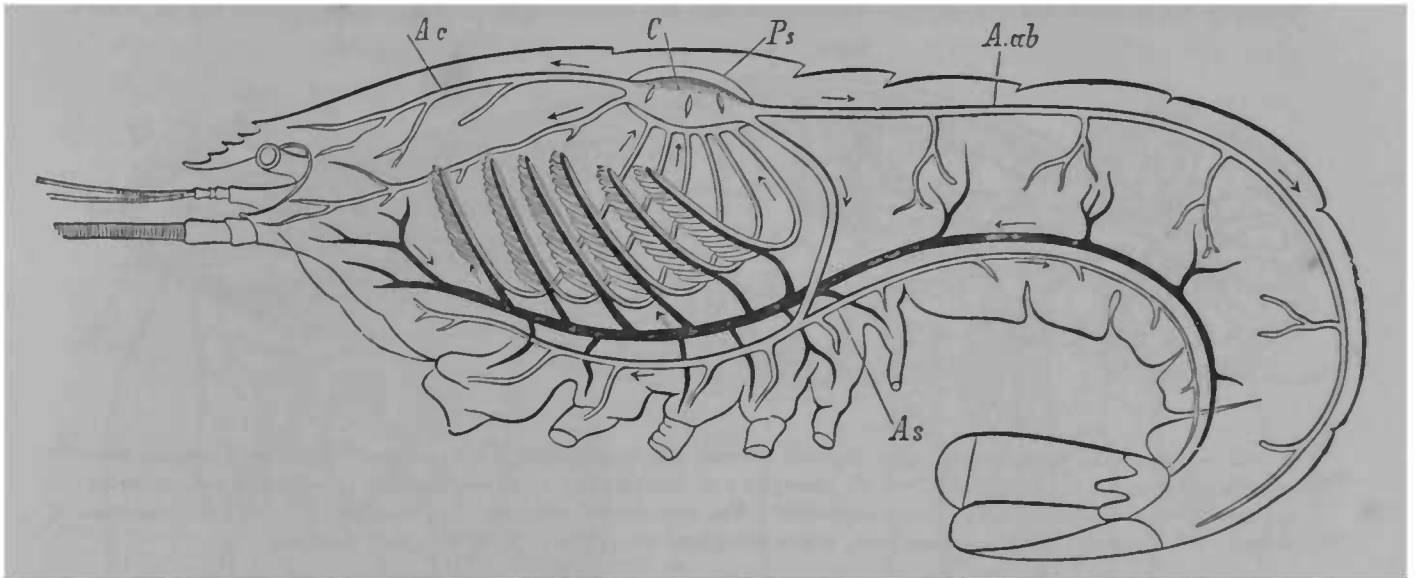


Fig. 155. — Cœur, vaisseaux et branchies de l'Ecrevisse. *C*, cœur contenu dans le sinus péricardique *Ps*, et montrant trois orifices latéraux; *Ac*, aorte céphalique; *A. ab*, aorte abdominale; *As*, artère caudale.

correspondant aux segments des corps et fonctionnant, en conséquence, comme autant de *cœurs segmentaires*. Le nombre de ces cœurs peut d'ailleurs se limiter comme chez les Arthropodes.

A ce thème fondamental s'ajoutent souvent un réseau vasculaire intestinal, un réseau respiratoire qui se distribue dans les téguments et les branchies, enfin un certain nombre de réseaux moins importants, qui se ramifient dans les organes glandulaires. Toutes les parties de l'appareil vasculaire sont diversement reliées entre elles, et il peut résulter de leurs anastomoses de nouveaux troncs longitudinaux, aussi importants que les troncs médians principaux, et qui parfois se substituent à eux (fig. 128, p. 91).

Le sang chemine en suivant une direction déterminée dans tous ces vaisseaux, parmi lesquels on peut déjà distinguer des *artères* qui conduisent le sang aux organes, des *capillaires* qui le disséminent dans la substance des tissus, des *veines* qui le ramènent aux centres principaux d'impulsion.

Il n'est pas certain que l'appareil vasculaire des Géphyriens soit aussi complet que celui des Polychètes et des Oligochètes.

En même temps que la cavité générale tend à se remplir de trabécules musculaires et conjonctifs, les limites des vaisseaux s'effacent chez les Sangsues, si bien qu'une partie plus ou moins importante de la chaîne nerveuse ventrale, et parfois même le tube digestif (*Clepsine*, fig. 157, *Piscicola*), sont contenus dans des espaces sanguins. Les néphridies s'ouvrent de même dans les espaces sanguins latéraux, chez les *Nepheleis* et les *Clepsine*.

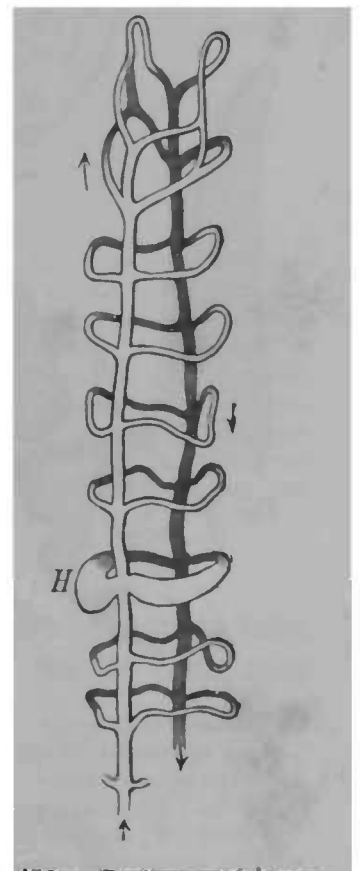


Fig. 156. — Portion antérieure de l'appareil circulaire d'une Oligochète (*Saxmuriis*), d'après Gegenbaur. Dans le vaisseau dorsal le sang se meut d'arrière en avant, dans le vaisseau ventral d'avant en arrière (dans le sens des flèches). *H*, anse latérale contractile ou cœur.

Avec les Mollusques apparaît un autre type d'appareil circulatoire. Chez les Lamellibranches et chez les Gastéropodes prosobranches, dont la date d'apparition est

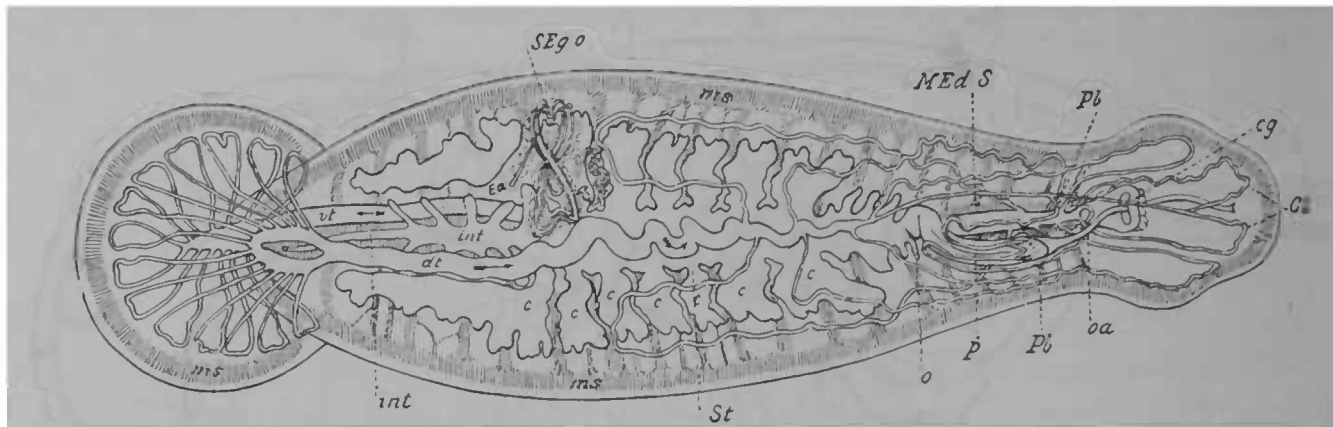


Fig. 157. — Appareil circulatoire, tube digestif et une des néphridies d'un jeune individu de *Clepsine marginata* (d'après C. O. Whitman). — P, pharynx; o, œsophage; c, c, caecum de l'estomac; int, intestin; cg, ganglion cérébreux; SEgo, une néphridie; Ea, son orifice externe; vt, vaisseau ventral; dt, vaisseau dorsal; Pb, branche pharyngienne; ms, sinus marginal ou latéral; MEDS, sinus médian.

le plus ancienne (*Fissurella*, *Haliotis*, *Trochus*, *Turbo*, *Nerita*), le cœur présente deux oreillettes recevant le sang des branchies, et un ventricule qui le lance dans les artères et qui traverse le rectum. On

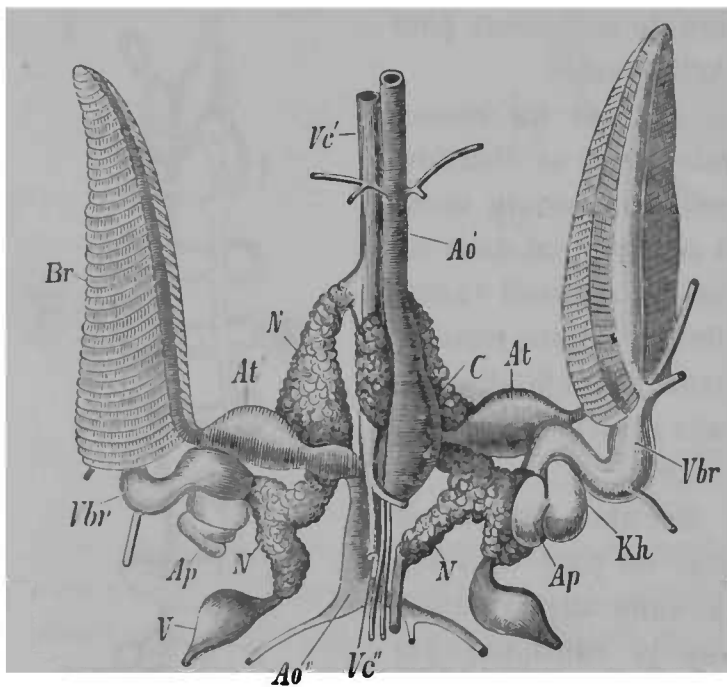


Fig. 158. — Organes de la circulation et de l'excrétion de *Sepia officinalis* (d'après Hunter). — Br, branchies; C, ventricule; Ao', aorte; Ao'', artères du corps; V, veines latérales; Vc', veine cave antérieure; Vc'', veine cave postérieure; N, organes urinaires annexés aux veines; Vbr, veines branchiales afférentes; Kh, cœurs branchiaux; Ap, appendice des cœurs branchiaux; At, At', veines branchiales efférentes, renflées en oreillettes.

peut rapprocher cette singulière disposition du fait que chez les Dentales le cœur est remplacé par un sinus périrectal, limité par une couche musculaire, et dans lequel le sang est mis en mouvement par les contractions rythmiques du rectum. Les Céphalopodes ont de même quatre ou deux oreillettes (fig. 158), suivant qu'il existe quatre ou deux branchies. Ceux des Prosobranches qui ne remontent pas au delà de la période secondaire, les Opisthobranches (fig. 159 et 160) et les Pulmonés n'ont plus qu'une oreillette au cœur. Le système artériel des Mollusques est toujours assez développé; la plus grande partie des capillaires et du système veineux est, au contraire, remplacée par des lacunes dont les nerfs suivent fréquemment le trajet.

Quoique assez compliqué, l'appareil vasculaire des Tuniciers demeure plus ou moins lacunaire, dans le plus grand nombre des cas, sinon toujours. Il a pour centre d'impulsion un cœur tubulaire, animé de mouvements péristaltiques, qui changent de sens à des intervalles réguliers, de sorte que les vaisseaux qui pendant un certain temps ont fonctionné comme des artères, fonctionnent ensuite comme des veines et réciproquement.

Par ses dispositions générales et par le complet développement de son système de veines et de capillaires, l'appareil circulatoire des Vertébrés rappelle celui des Vers. Il ne comporte chez l'*Amphioxus* qu'un vaisseau dorsal et un vaisseau ventral,

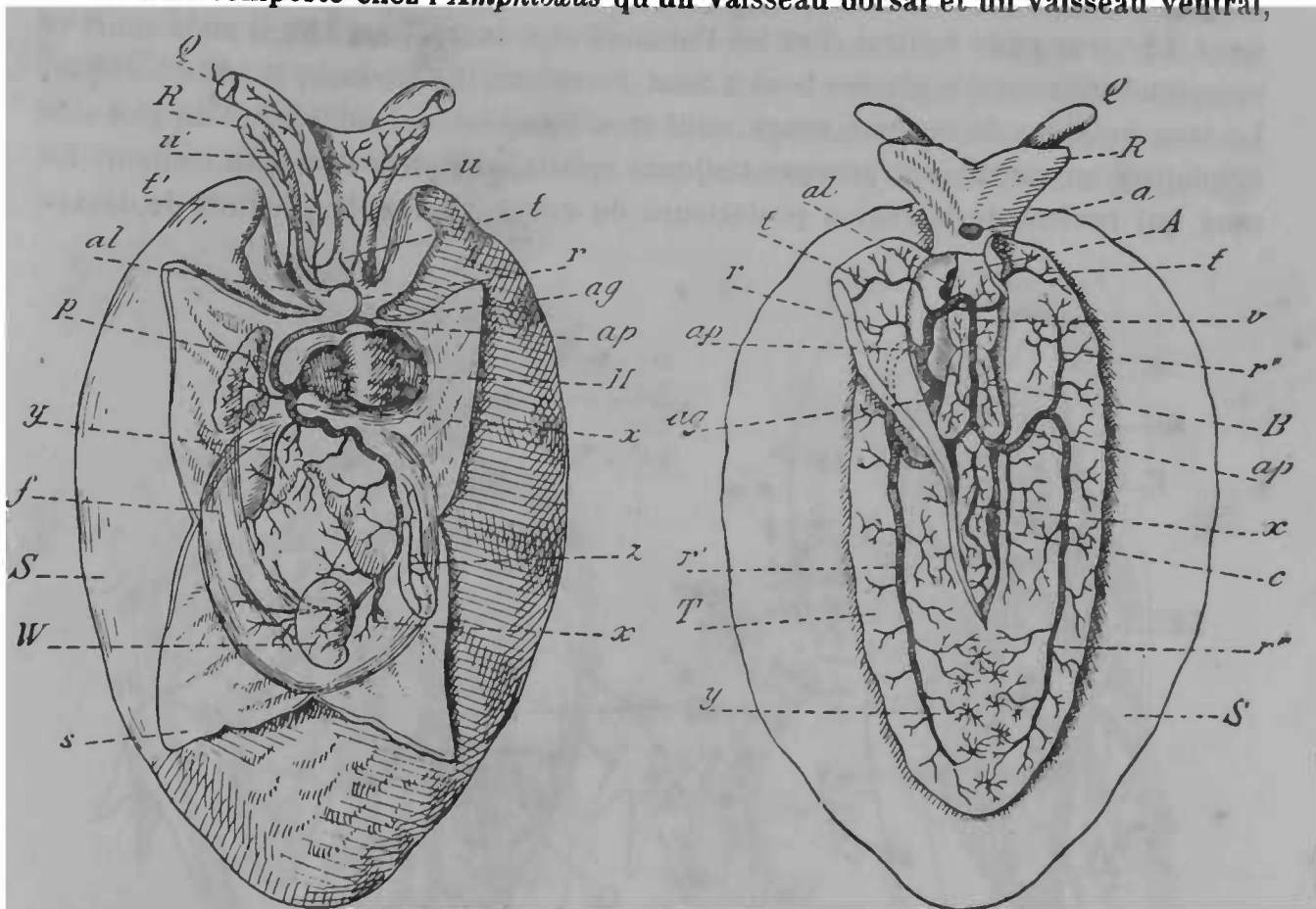


Fig. 159. — Cœur et artères chez un Opisthobranch (*Pleurobranchus aurantiacus*). La cavité placée sous le bouchier dorsal et le péricarde sont ouverts, le bouchier dorsal, fendu en avant, laisse voir la base du tentacule gauche et du voile sus-labial (d'après de Lacaze-Duthiers). — *H*, cœur; *x*, aorte postérieure; *y*, artère stomacale; *z*, artère intestinale; *p*, glande indéterminée; *q*, aorte antérieure; *ay*, artère génitale; *ap*, artère pécheuse; *t*, artère tentaculaire droite; *u*, artère du voile sus-buccal; *t'*, *u'*, artères pour le côté gauche; *al*, artère linguale; *W*, coquille avec les muscles rétracteurs du bulbe lingual qui viennent s'y fixer.

Fig. 160. — Artères de la face inférieure du corps chez le *Pleurobranchus*. L'animal est vu en dessous, le pied fendu sur la ligne médiane (d'après de Lacaze-Duthiers). — *a*, orifice tegumentaire de la trompe; *T*, pied; *A*, trompe; *B*, bulbe lingual; *R*, voile labial; *Q*, tentacules; *S*, bouchier tegumentaire dorsal; *q*, aorte antérieure; *ay*, artère génitale; *ap*, artère pécheuse; *r*, *r'*, *r''*, *r'''*, ses branches antérieures et postérieures; *al*, artère linguale; *x*, artère œsophagienne.

reliés par des anses latérales; mais, contrairement à ce qu'on observe chez les Vers, c'est ici le vaisseau ventral qui est contractile et partage le rôle de cœur avec

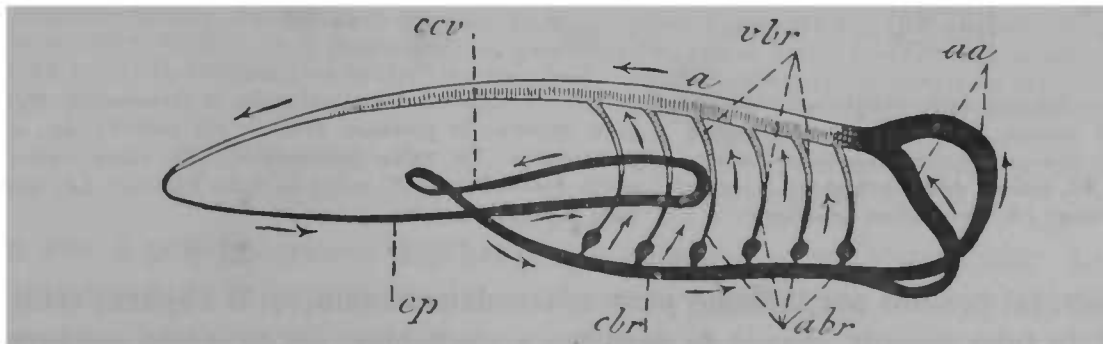


Fig. 161. — Appareil circulatoire d'*Amphioxus* (d'après Nuhu). — *cbr*, artère branchiale; *abr*, ses branches contractiles; *aa*, branches antérieures se réunissant pour former l'aorte *a*; *cp*, tronc veineux sous-branchial venant se ramifier sur le caecum hépatique (veine porte); *ccv*, veine cave.

la partie ventrale des anses latérales en rapport avec la branchie (fig. 161). Cette différence n'est au fond qu'une différence d'attitude de l'animal par rapport au

monde extérieur, puisque chez l'*Amphioxus*, comme chez les Vers, le vaisseau contractile est opposé à l'axe nerveux, et qu'on peut, en conséquence, considérer la face dorsale de l'*Amphioxus* comme correspondant à la face ventrale des Vers, et *vice versa*. Le cœur reste ventral chez les Poissons (fig. 162); il est large, mais court et comprend trois cavités placées bout à bout, l'*oreillette*, le *ventricule*, le *bulbe aortique*. Le sang toujours de couleur rouge, sauf chez l'*Amphioxus*, est chargé de globules elliptiques ou circulaires, presque toujours aplatis, auxquels il doit sa couleur. Le sang qui revient de la région postérieure du corps, chargé de produits de désas-

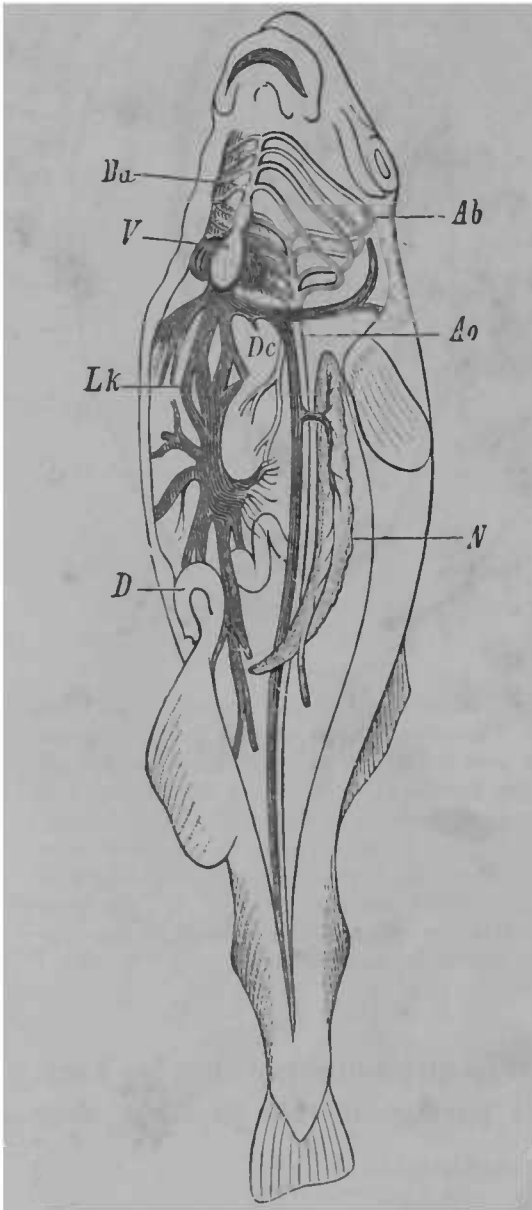


Fig. 162. — Schéma de la circulation chez un Poisson osseux. *V*, ventricule; *Ba*, bulbe aortique et arcs artériels; *Ao*, aorte descendante; *Ab*, artères épibranchiales; *N*, rein; *D*, intestin; *Lk*, circulation hépatique.

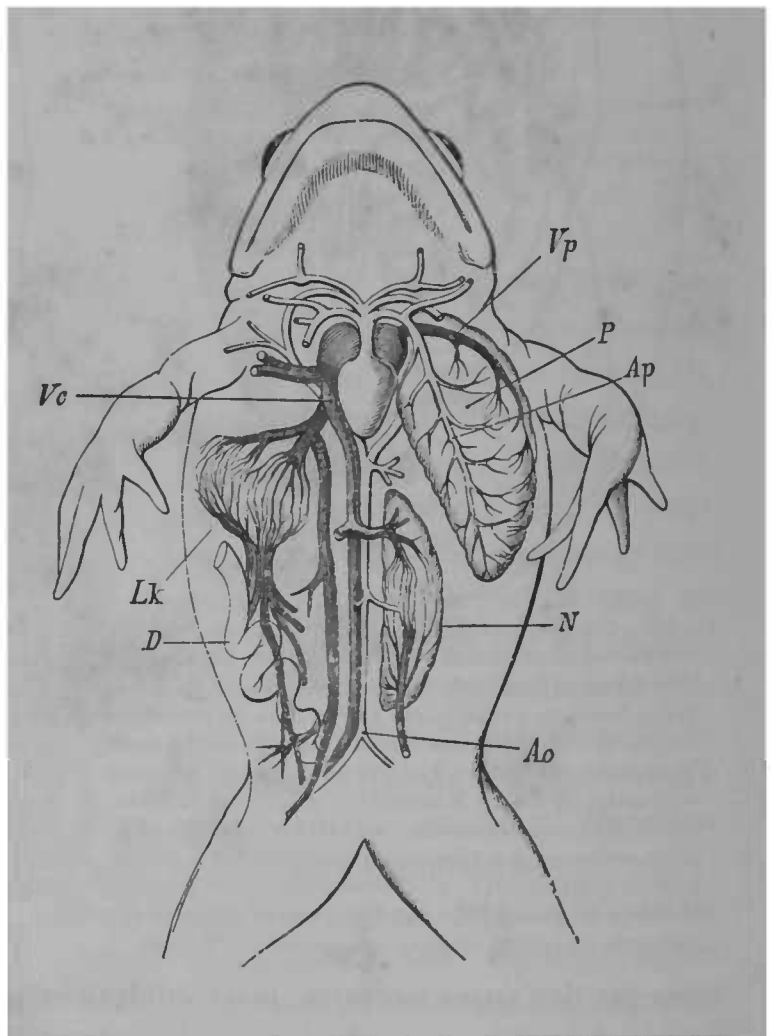


Fig. 163. — Appareil circulatoire de la Grenouille. *P*, poumon gauche, le poumon droit a été enlevé; *Ap*, artère pulmonaire; *Vp*, veine pulmonaire; *Vc*, veine cave; *Ao*, aorte descendante; *N*, rein; *D*, tube digestif; *Lk*, circulation hépatique.

similation, est conduit par la *veine porte rénale* dans le rein, où il s'épure; celui qui revient du tube digestif, chargé de matières assimilables, est de même conduit par la *veine porte hépatique* dans le foie, à qui il abandonne les éléments du glycogène, et où il se charge en même temps d'une certaine quantité d'urée. Ces deux courants sanguins se rendent ensuite dans les *veines caves* qui le ramènent au cœur. Le sang, ainsi épuré par le rein et par le foie, est lancé par le cœur dans les bran-

chies, où il se charge d'oxygène, et, sans revenir au cœur, dans l'aorte qui le distribue aux organes.

Par suite du développement considérable que prend la vessie natatoire chez les Ganoïdes, il se constitue pour elle, chez ces Poissons, un courant dérivé aux dépens de la première paire d'artères branchiales. Ce courant prend naturellement plus d'importance quand la vessie natatoire est devenue apte à fonctionner comme poumon; la plus grande partie du sang issu du cœur, se dirigeant vers elle, aban-

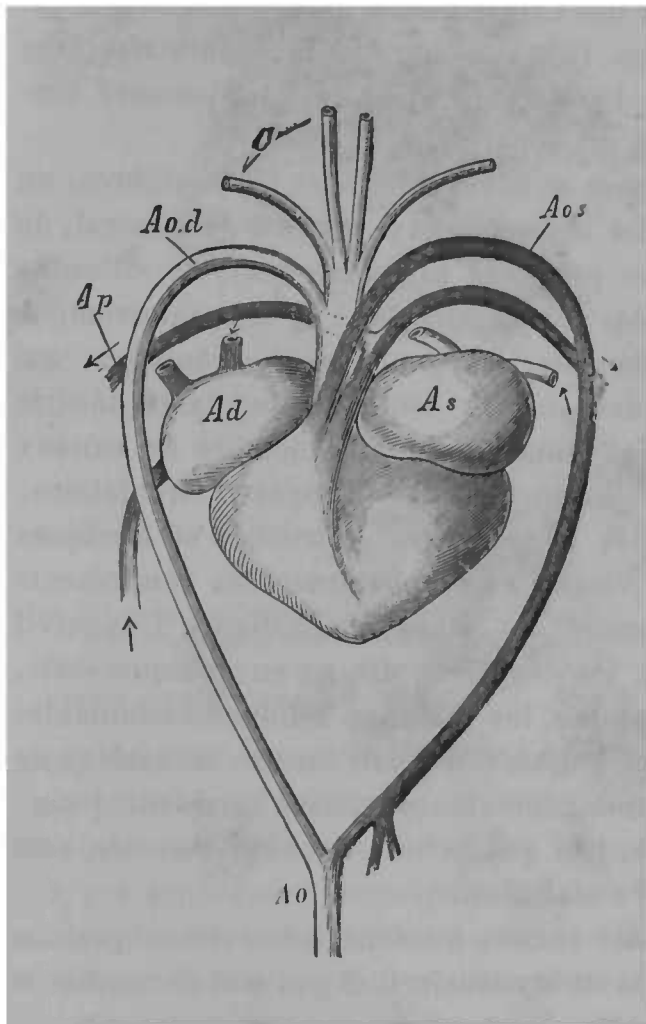


Fig. 164. — Cœur et troncs vasculaires d'une Tortue. *Ad*, oreillette droite; *As*, oreillette gauche; *Ao.d*, crosse aortique droite; *Ao.s*, crosse aortique gauche; *Ao*, aorte; *C*, vaisseaux de la tête; *Ap*, artères pulmonaires.

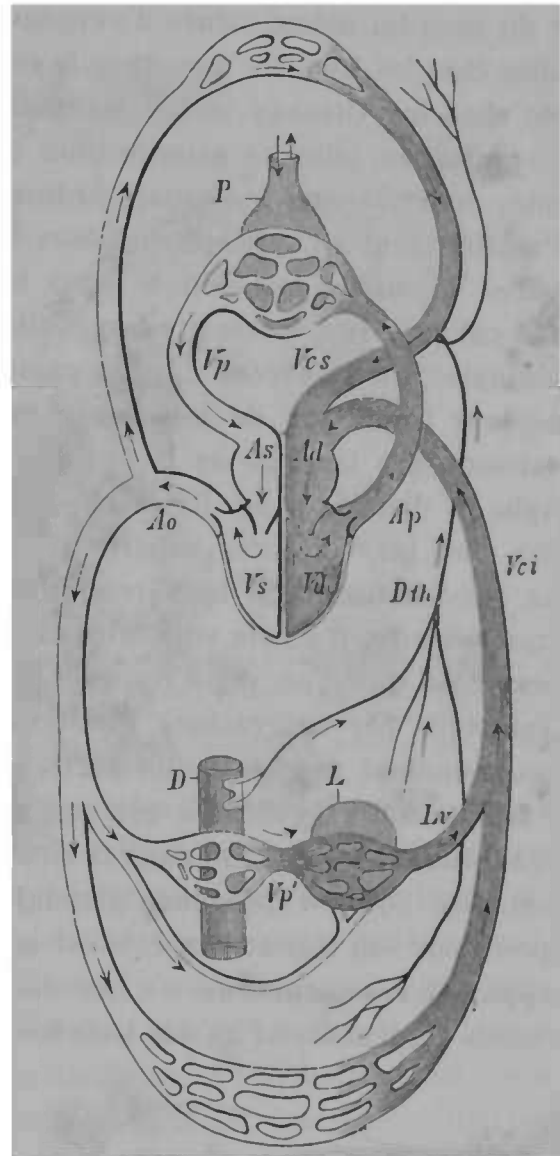


Fig. 165. — Schéma de la circulation double et complète, d'après Huxley. *Ad*, oreillette droite; *Vcs*, veines caves supérieure et inférieure; *Dth*, canal thoracique; *Vd*, ventricule droit; *Ap*, artère pulmonaire; *P*, poumons; *Vp*, veines pulmonaires; *As*, oreillette gauche; *Vs*, ventricule gauche; *Ao*, aorte; *D*, intestin; *L*, foie; *Vp'*, veine porte; *Lr*, veine hépatique.

donne peu à peu les artères des branchies antérieures qui s'atrophient. Le sang qui a respiré dans le poumon repasse d'ailleurs par le cœur, comme s'il revenait d'un organe ordinaire, et, avant d'y arriver, traverse une poche spéciale, s'ouvrant comme l'oreillette primitive dans le ventricule, et constituant ainsi une seconde oreillette. Désormais le cœur a trois cavités (fig. 163 et 164). La transformation de la respiration branchiale, essentiellement aquatique, en respiration pulmonaire, propre à permettre l'existence aérienne, entraîne donc dans l'appareil circulatoire

une série de modifications importantes que l'on peut encore suivre pas à pas lors de la métamorphose des Batraciens. Le terme de ces modifications est atteint lorsque le ventricule se décompose, par un cloisonnement longitudinal, en deux cavités indépendantes, dont l'une correspond à l'*oreillette primitive* ou *oreillette veineuse*, l'autre à l'*oreillette pulmonaire* ou *oreillette artérielle* (fig. 165). De cette façon le *sang noir* qui revient des organes et le *sang rouge* qui revient des poumons cessent de se mélanger dans le ventricule; les organes ne sont plus nourris que par du sang lui-même saturé d'oxygène. La séparation des deux ventricules ne se réalise chez les Reptiles que dans le cœur des Crocodiliens; elle est toujours complète chez les Oiseaux et les Mammifères. Elle coïncide chez ces animaux avec une puissance telle de calorification que leur température interne demeure constante, malgré toutes les causes ordinaires de déperdition de chaleur.

Parallèlement à l'*appareil vasculaire sanguin* se développe, chez les Vertébrés, un *appareil vasculaire lymphatique* dans lequel les vaisseaux restent, en général, de faible calibre. Les vaisseaux lymphatiques prennent naissance dans les villosités intestinales, ou s'ouvrent dans la cavité des poches séreuses; ils sont interrompus dans leur trajet par de nombreux renflements, les *ganglions lymphatiques*, qui paraissent être le siège de la formation des *globules blancs* si abondants dans la lymphe et dans le sang. Ils se rassemblent enfin en un petit nombre de canaux (deux chez les Vertébrés supérieurs) qui débouchent dans l'appareil circulatoire. Chez les Salamandres, les Grenouilles, les Reptiles, les Autruches et quelques autres Oiseaux, il existe sur le trajet des vaisseaux lymphatiques des renflements contractiles que l'on peut considérer comme des *cœurs lymphatiques*. L'appareil lymphatique par ses racines intestinales, les *chylifères*, draine en quelque sorte, concurremment avec la veine porte hépatique, les matières rendues assimilables par la digestion; il recueille sur son trajet tous les exsudats encore utilisables de l'organisme, et les ramène dans la circulation générale, prévenant ainsi leur déperdition. Des corps d'apparence glandulaire, tels que la *rate*, le *corps thyroïde*, sont disposés sur son trajet; leur rôle est encore mal connu.

Appareil reproducteur. — Les éléments sexués ne sont autre chose que des éléments empruntés à l'un des trois feuilletts embryonnaires, et pouvant se constituer

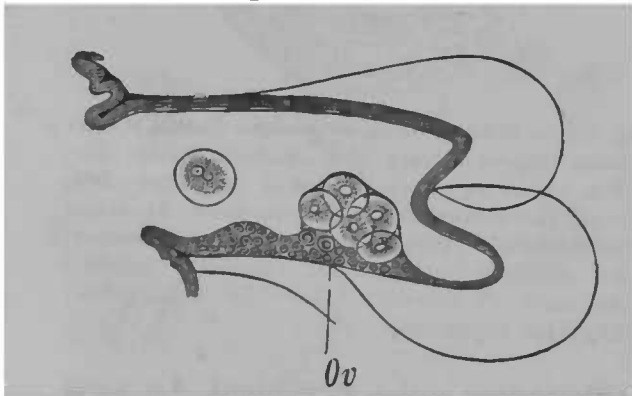


Fig. 166. — Un parapode de *Tomopteris* renfermant un amas de cellules ovulaires (Ov) et un ovule libre (d'après C. Gegenbaur).

indépendamment les uns des autres, sans se réunir en un organe défini. C'est le cas chez les Annelides polychètes (fig. 166) et les Némertiens, dont le revêtement mésodermique péritonéal peut fournir des œufs ou des spermatozoïdes sur toute son étendue; mais en général la production des œufs et des spermatozoïdes se localise, et ces éléments semblent alors formés par des glandes spéciales : les *ovaires* ou glandes génitales femelles; les *testicules* ou glandes génitales mâles.

Il peut arriver que tous les éléments reproducteurs issus d'un même individu soient de même espèce : l'individu producteur de spermatozoïdes est l'*individu mâle*; l'individu producteur d'œufs est l'*individu femelle*. Mais il est également fréquent que les œufs et les sper-

matozoïdes soient produits par un même individu, qui est alors *hermaphrodite*.

Chez les Cirripèdes, au lieu de mâles et de femelles, il y a des mâles de taille extrêmement réduite et des hermaphrodites.

L'hermaphrodisme se présente sous des états différents. La sexualité, au lieu de s'étendre à toute la longueur du corps de l'animal, varie d'un segment à l'autre chez certaines Annélides polychètes (*Nereis massiliensis*, *Spirorbis Pagenstecheri*, etc.); la plupart des segments demeurent stériles chez les Oligochètes (fig. 173, p. 114),

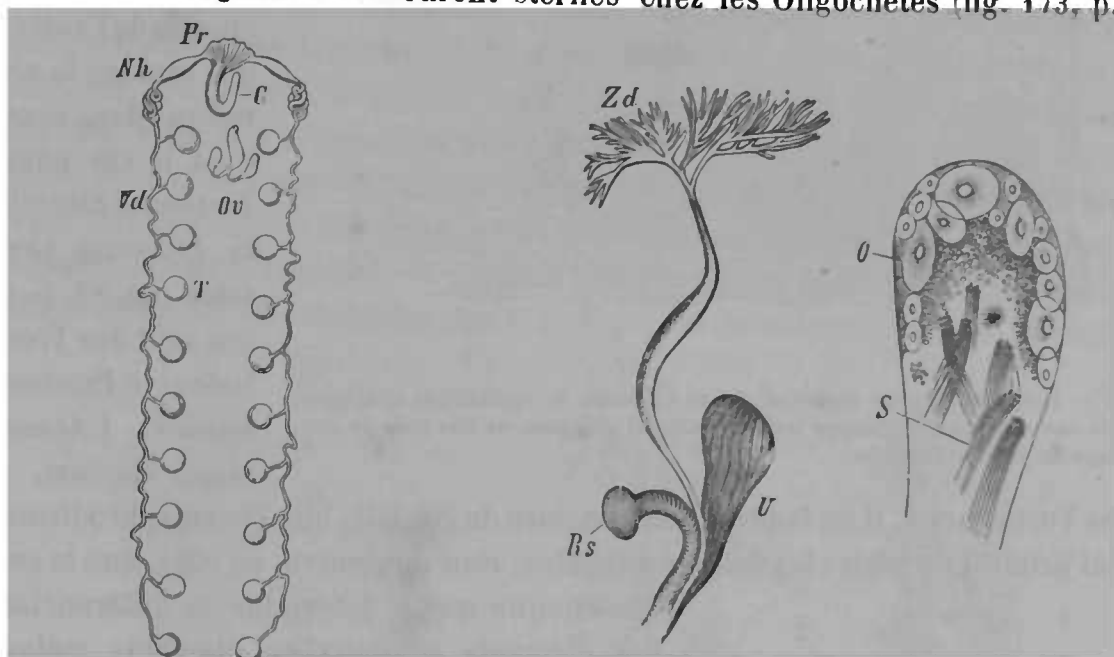


Fig. 167. — Appareil génital de la Sangsue. — *T*, testicules; *Vd*, canal déférent; *Nh*, épидидyme; *Pr*, prostate; *C*, cirre; *Ov*, ovaires avec le vagin.

Fig. 168. — Appareil génital de la *Cymbulia* (Pteropode), d'après Gegenbaur. — *a*, *Zd*, glande hermaphrodite avec son canal excréteur commun; *Rs*, réceptacle séminal; *U*, utérus. — *b*, Un des acini de la glande hermaphrodite. *O*, œufs; *S*, zoospermes

mais dans un certain nombre d'entre eux naissent des testicules, et dans un autre une paire d'ovaires. Il en est de même chez les Hirudinées (fig. 167), seulement ici les ovaires se forment dans un anneau qui contient aussi des testicules et qui est, par conséquent, hermaphrodite. Les Trématodes, les segments (zoïdes) des Cestoides, les Turbellariés, les Ascidies, dont le corps n'est pas segmenté, présentent aussi un double appareil génital. Il en est de même, parmi les Crustacés isopodes, des Cymothoïdes; mais ici les deux appareils fonctionnent successivement, de telle sorte que le même animal, après avoir joué le rôle de mâle, devient exclusivement femelle. Au contraire chez certaines Arachnides (Opilionides), où le phénomène est seulement indiqué, chez les Mollusques opisthobranches, ptéropodes et pulmonés, la même glande, parfois dans le même acinus (*Cymbulia*, fig. 168), produit côte à côte des spermatozoïdes et des ovules. C'est ce qui arrive aussi chez quelques espèces de Poissons (*Serranus*, *Chrysophrys*), et accidentellement chez quelques individus monstrueux d'espèces normalement dioïques (*Clupea*, *Cyprinus*). Le phénomène se régularise, nous l'avons déjà vu p. 48, dans la glande génitale du *Rhabdonema nigrovenosum*, et dans celle de la *Leptodera appendiculata*, qui produisent successivement des spermatozoïdes et des œufs.

Il est clair, d'après ce qui précède, que l'œuf et le spermatozoïde représentent seulement deux états de différenciation d'une même catégorie d'éléments anatomiques, et que les glandes génitales femelles ou mâles ont la même valeur morphologique. Aussi n'est-il pas étonnant que chez les espèces à sexes séparés, ou chez les

individus hermaphrodites à glandes génitales sexuées, la disposition des organes génitaux mâle et femelle soit fondamentalement la même. L'identité est loin cependant d'être complète, si bien que chez certaines espèces appartenant à des groupes

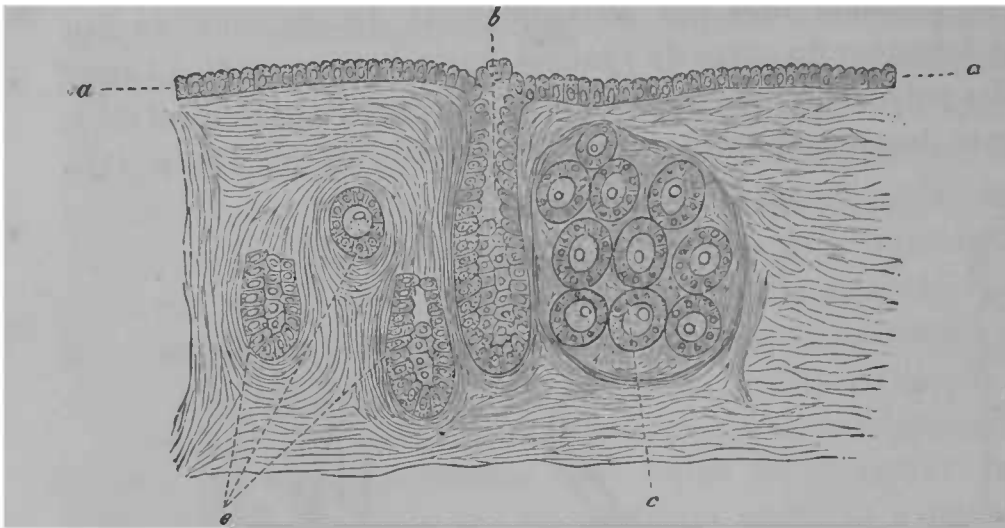


Fig. 169. — Préparation d'un ovaire de jeune Chienne. *a*, épithélium ovarique; *b*, cul-de-sac ovarique; *c*, coupes transversales et obliques de ces culs-de-sac; *d*, groupe de jeunes follicules.

sont des Turbellariés. Il ne faudrait pas conclure de ces faits que l'hermaphrodisme ait été l'état primitif de toutes les formes animales; rien ne prouve, en effet, que la cause

quelconque qui a déterminé la différenciation des éléments génitaux en éléments mâles et femelles, n'a pas agi sur la totalité de l'individu produisant ces éléments, pour en déterminer d'emblée la sexualité; la sexualité segmentaire conduisant à l'hermaphrodisme serait alors le résultat d'une différenciation ultérieure, elle-même suivie de retour à l'état sexué lorsque se produit l'avortement de l'un des deux appareils génitaux qui coexistaient dans le même individu.

La différenciation en éléments mâles et femelles n'est pas la seule que puissent subir les éléments des glandes génitales. Chez les Vertébrés, certaines cellules de l'épithélium ovarique se distinguent par leurs grandes dimensions et leur gros noyau granuleux, sphérique, entouré de protoplasma clair. Chez les Mammifères et divers autres Vertébrés toutes ces grosses cellules, entourées de petites cellules ayant la même origine qu'elles (fig. 169), se transforment en œufs qui demeurent alors petits. Mais plus

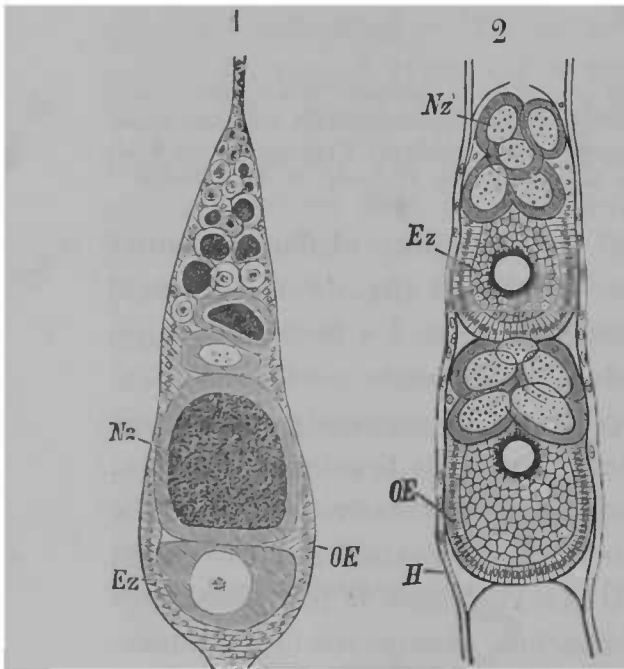


Fig. 170. — 1. Tube ovarien de *Forficula*. *Nz*, cellules nutritives; *Ez*, ovule; *OE*, épithélium de la paroi du tube. — 2. Région médiane d'un tube ovarien de l'*Yponomeuta evonymella*. *Nz*, cellules nutritives de la chambre vitelline; *Ez*, ovules dans la chambre ovulaire; *H*, membrane conjonctive ou séreuse.

fréquemment les cellules se multiplient soit par la différenciation de cellules nouvelles de l'épithélium ovarique, auquel cas elles demeurent isolées, soit par la division suivie d'accroissement des cellules anciennes, auquel cas elles forment des amas ou *nids*, dont les cellules ont encore, suivant les types, deux sorts différents: ou bien toutes deviennent des œufs, ou bien toutes les cellules d'un même nid

normalement hermaphrodites, l'un des deux appareils peut avorter à l'exclusion de l'autre, ce qui ramène la séparation des sexes: c'est le cas pour le *Distomum fillicolle* et la *Bilharzia hæmatobia* (fig. 85, p. 61), qui sont des Trématodes; le *Prostomum lineare*, l'*Acmostomum diæcium*, qui

fusionnent leur cytoplasme, tandis que les noyaux se multiplient par division; quelques-uns des noyaux ainsi formés ne continuent pas leur développement et s'atrophient; autour de ceux qui restent, le cytoplasme se condense, et chacun devient ainsi l'origine d'un œuf. Dans ce cas plusieurs cellules semblables ont concouru à la formation d'un même œuf, l'une d'elles absorbant les autres.

De toutes les cellules qui constituent le jeune ovaire d'un certain nombre de Cladocères (*Sida*, *Daphnella*, *Leptodora*, *Moïna*), et de beaucoup d'Insectes, un certain nombre seulement deviennent des œufs, comme dans le cas précédent, mais celles qui doivent être absorbées par les œufs qui grandissent à leurs dépens demeurent petites (fig. 170); il y a donc une différenciation des éléments de l'ovaire en *cellules ovulaires* et *cellules nutritives* ou *cellules vitellines*. Les cellules vitellines et les œufs peuvent être mélangés; ces deux sortes d'éléments occupent souvent des chambres alternantes chez les Insectes; la *chambre vitelline* s'isole enfin chez les Pucerons, et constitue une sorte de *vitellogène* (fig. 171). Il en est de même, parmi les Turbellariés,

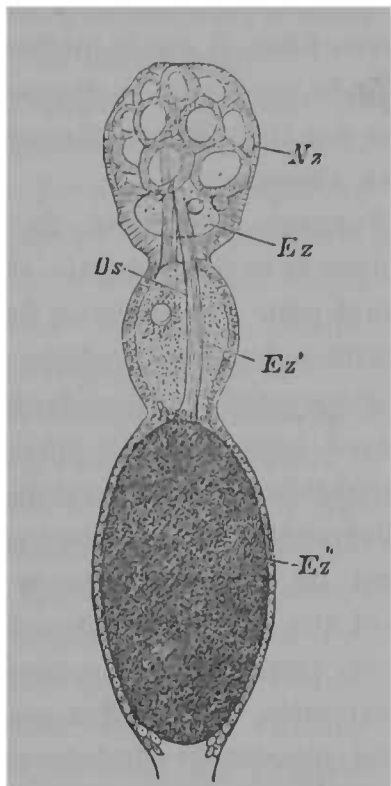


Fig. 171. — Tube ovarien de l'*Aphis platanoides* avec trois chambres ovulaires, *Ez'*, *Ez''*, *Ez*, et la chambre vitelline terminale *Nz*, remplie de cellules nutritives; *Ds*, cordons vitellins.

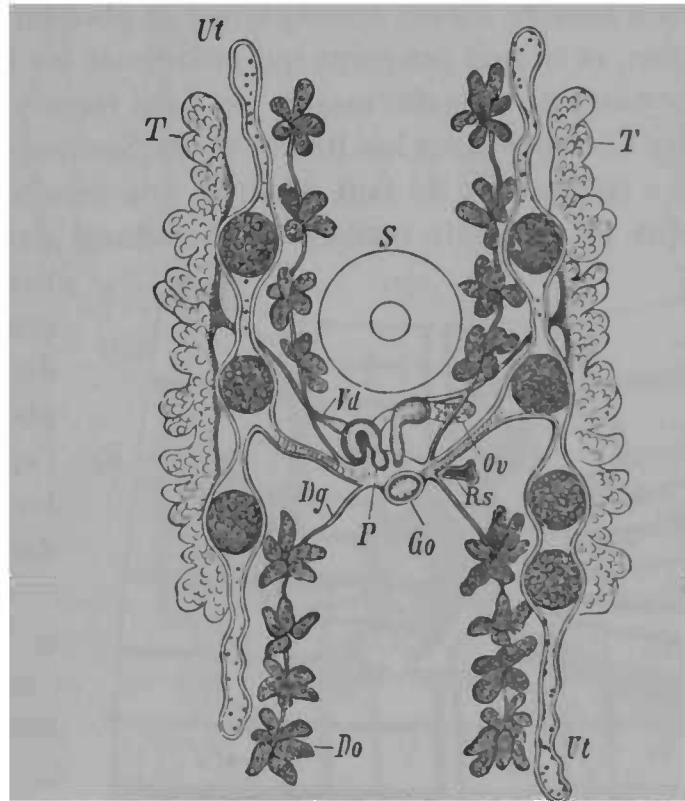


Fig. 172. — Appareil génital du *Mesostomum Ehrenbergii* (d'après Graff et Schneider). — *S*, œsophage; *Go*, orifice génital; *Ov*, ovaire; *Ut*, uterus renfermant des œufs d'hiver; *Do*, vitellogènes; *Dg*, vitelloducte; *T*, testicule; *Vd*, canal déférent; *P*, pénis; *Rs*, réceptacle séminal.

chez les *Macrostomum*. L'isolement est plus complet encore chez les Trématodes, les Cestoides, ainsi que chez les autres Turbellariés (fig. 172), où l'ovaire, désigné par P.-J. Van Beneden sous le nom de *germigène*, est accompagné de deux *vitellogènes* qui déversent leur contenu autour de l'œuf, dès que celui-ci arrive dans une poche spéciale, l'*ootype*; là l'œuf rencontre aussi les spermatozoïdes et une coque y enveloppe bientôt tous ces éléments mélangés. Ces œufs résultant de la fusion de plusieurs éléments peuvent souvent se développer sans fécondation préalable (CLADOCERA, APHIDIDÆ, *Kermès*, *Apis*, certains *Cynips*, *Psyche*, *Solenobia* et accidentellement un assez grand nombre de BOMBYCIDÆ et de SPHINGIDÆ); c'est le phénomène que nous avons déjà signalé p. 49, sous le nom de *parthénogenèse*. La possibilité d'une

reproduction parthénogénétique est aussi fort probable chez les Rotifères, et il ne serait pas étonnant qu'il en fût de même chez certains Turbellariés rhabdocèles. Ces animaux, comme les Rotifères et les Cladocères, produisent en effet deux sortes d'œufs : des œufs à coque mince, qui se développent immédiatement, et d'autres à coque dure qui doivent passer l'hiver. Les œufs à coque dure ont seuls besoin de fécondation chez les Cladocères, les Pucerons et les Rotifères. Les œufs non fécondés se développent dans le corps même des Pucerons, qui sont ainsi vivipares pendant l'été; chez certains Cladocères (*Evadne*), on les voit déjà commencer à se développer dans les embryons, avant la naissance de ceux-ci. De même chez quelques Diptères (*Chironomus*), les nymphes peuvent produire des œufs qui se développent sans fécondation. Si l'on admet que ce phénomène puisse devenir de plus en plus précoce, on comprendra que, chez certaines larves d'Insectes, des organes correspondant aux rudiments des glandes génitales de l'adulte arrivent à donner directement naissance à des larves nouvelles. De ces organes se détachent, en effet, un certain nombre d'œufs accompagnés de plusieurs chambres vitellines et de leur épithélium, et ce sont ces corps qui produisent les larves filles. Il serait intéressant de déterminer dans quelle mesure on peut rapprocher de ces faits le développement des Cercaires dans les Rédies et les Sporocystes des DISTOMIDÆ, phénomène dont on a fait, comme de tant d'autres, une génération alternante.

Lorsque les éléments sexuels ne constituent pas d'organe différencié, ils tombent dans la cavité générale, et empruntent pour se rendre au dehors des orifices ou des conduits morphologiquement indépendants de l'appareil génital. C'est ainsi que les néphridies des Brachiopodes, des Polychètes et des Géphyriens servent de canaux vecteurs aux œufs et aux spermatozoïdes. Lorsque

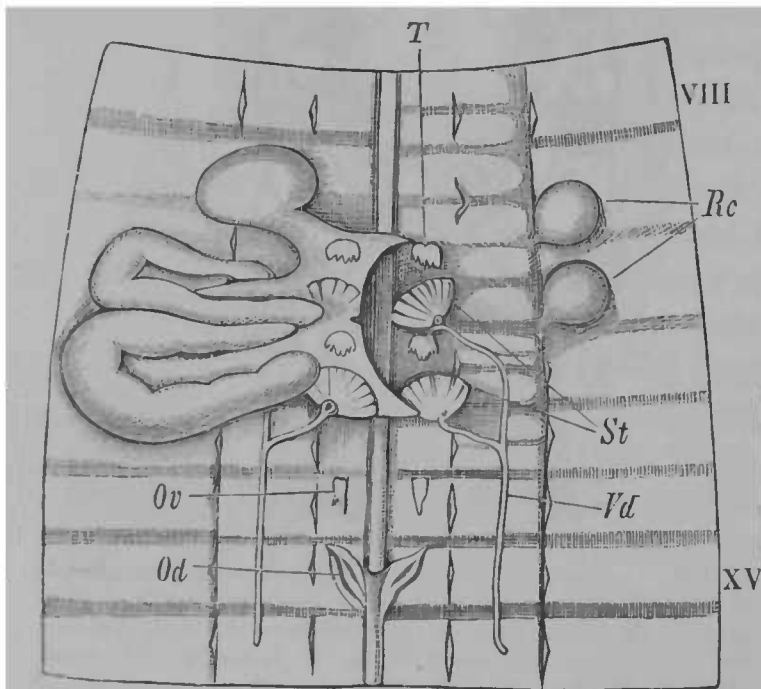


Fig. 173. — Organes génitaux du *Lumbricus* (du 8^e au 15^e anneau, d'après E. Hering). — *T*, testicules; *St*, les deux pavillons séminaux; *Vd*, canal déférent; *Ov*, ovaire; *Od*, oviducte; *Rc*, réceptacles séminaux.

il se constitue des ovaires et des testicules, ces glandes sont, en général, munies de conduits excréteurs spéciaux, les oviductes, pour les ovaires, les canaux déférents pour les testicules. Ces conduits affectent encore chez les Lombriciens une grande ressemblance avec les néphridies (fig. 173). Les canaux déférents, *Vd*, sont des tubes qui parcourent souvent plusieurs segments, et sur lesquels viennent se greffer de larges pavillons vibratiles, *St*, dans les segments qui contiennent les réservoirs séminaux. Les oviductes ont également la forme de courts pavillons vibratiles. On s'est, en conséquence, demandé si les canaux vecteurs des organes génitaux n'étaient pas des néphridies modifiées, d'autant plus que s'ils coexistent avec de véritables néphridies dans les segments génitaux des Lombriciens terricoles, ils semblent tenir la place de ces organes chez les Lombriciens limicoles. Chez la

plupart des autres Artiozoaires l'oviducte et le canal déférent sont en continuité de tissu avec la glande qu'ils desservent (ARTHROPODES, NÉMATODES, HIRUDINÉES, TRÉMATODES, CESTOÏDES, TURBELLARIÉS, MOLLUSQUES, TUNICIERS, VERTÉBRÉS mâles). Chez les Mollusques ils s'ouvrent assez souvent dans les néphridies ou corps de Bojanus, et chez ceux de ces animaux qui sont hermaphrodites, l'unique glande génitale présente souvent un double appareil excréteur, l'un servant au passage des œufs, l'autre à celui du sperme, qui d'ailleurs n'arrivent pas toujours à maturité en même temps.

L'appareil excréteur des glandes génitales sexuées des Vertébrés est particulièrement remarquable en ce qu'il est disposé comme si les Vertébrés primitifs avaient présenté sur le même individu deux glandes génitales, l'une mâle, l'autre femelle, et comme si la séparation des sexes tenait, chez ces animaux, à l'avortement de l'une d'elles. On croit effectivement avoir constaté l'existence d'un rudiment d'ovaire chez les Crapauds mâles. L'appareil excréteur typique des Vertébrés aquatiques comprend, nous l'avons vu page 102, deux canaux : le canal de Wolf et le canal de Muller (fig. 174 et 175). Chez le mâle des Vertébrés aériens, le canal de Müller s'atrophie et se réduit à l'utricule prostatique qu'on désigne quelquefois sous le nom d'*utérus mâle*; le canal de Wolf constitue le canal déférent. Chez la femelle, le canal de Müller donne naissance à la matrice et aux trompes de Fallope qui s'ouvrent, à la façon des néphridies des Vers annelés, dans la cavité générale; la portion moyenne du canal de Wolf s'atrophie, et les rudiments qui en restent sont :

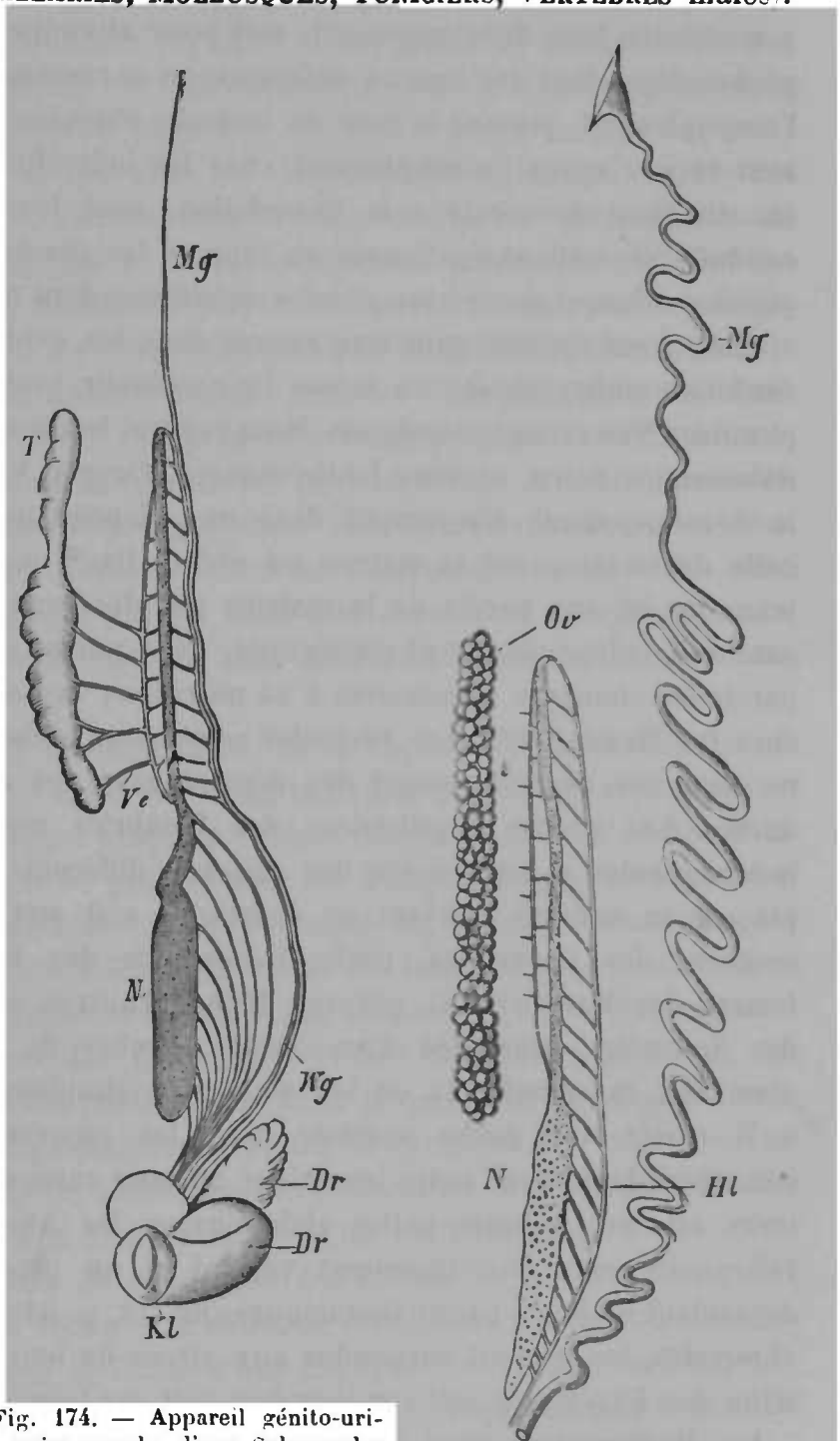


Fig. 174. — Appareil génito-urinaire gauche d'une Salamandre mâle. — *T*, testicule; *Ve*, canaux efférents; *N*, rein primitif avec ses uretères; *Mg*, canal de Müller; *Wg*, canal de Wolf ou canal déférent; *Kl*, cloaque avec les glandes accessoires *Dr*, du côté gauche.

Fig. 175. — Appareil génito-urinaire gauche d'une Salamandre femelle, dont on a retranché le cloaque. *Ov*, ovaire; *N*, rein; *Hl*, uretère correspondant au canal de Wolf; *Mg*, canal de Müller transformé en oviducte.

celui du haut, le *corps de Rosenmüller*; celui du bas, le *canal de Gärtner*.

Sur le trajet des canaux excréteurs de l'appareil génital se développent souvent des poches renflées dans lesquelles s'arrêtent les éléments reproducteurs, soit pour y continuer leur développement, soit pour attendre l'occasion d'être utilisés. Les poches dépendant des canaux déférents, où se rassemblent les spermatozoïdes avant l'accouplement, portent le nom de *vésicules séminales*; celles où les spermatozoïdes sont reçues après l'accouplement, chez les individus femelles ou hermaphrodites, en attendant de servir à la fécondation, sont les *poches copulatrices*. Avec ces conduits se mettent également en rapport les *prostates*, les *glandes à albumen*, les *glandes nidamentaires* et les *glandes coquillières* dont nous avons parlé p. 98.

Enfin l'œuf fécondé peut être retenu dans les oviductes pour y commencer son évolution embryonnaire ou même l'y accomplir tout entière (Scorpions, Trichines et autres NÉMATODES, nombreux MOLLUSQUES, beaucoup de POISSONS PLAGIOSTOMES, Salamandre noire, anciens Ichthyosaures, Orvets, Vipères, MAMMIFÈRES). Lorsque le développement s'accomplit dans une dépendance différenciée de l'oviducte, cette dépendance est la *matrice* ou *utérus*. Dans ce cas, il arrive souvent que le jeune est lié aux parois de la matrice par des organes spéciaux, et, tout en gardant son indépendance physiologique, peut puiser dans le sang qui traverse ces parois les éléments nécessaires à sa nutrition; ces organes constituent le *placenta* chez les Mammifères. Les vésicules séminales, poches copulatrices, matrices, etc., ne sont pas nécessairement des dépendances des canaux déférents et des oviductes. Les poches copulatrices des Lombrics notamment en sont totalement indépendantes et situées sur des anneaux différents; des *poches incubatrices*, remplaçant la matrice, peuvent se constituer soit aux dépens des téguments (sacs ovigères des COPÉPODES, poche incubatrice des Pédicellines, des Syngnathes, bourse des MARSUPIAUX), soit aux dépens d'autres organes (tentacule operculigère des Spirorbes, branchies d'un certain nombre de LAMELLIBRANCHES). On arrive ainsi aux cas nombreux où les œufs sont simplement portés par l'animal, sans qu'il existe une poche spéciale pour les recevoir. Ainsi certains Ostracodes retiennent leurs œufs entre les valves de leur carapace, les Décapodes portent les leurs attachés à leurs pattes abdominales, les Amphipodes et les Isopodes les retiennent entre leur tégument ventral et un plancher formé par des lamelles dépendant de leurs pattes thoraciques (fig. 72, p. 53); les Thécidies, parmi les Brachiopodes, les portent suspendus aux cirres de leurs bras, et les Syllidiens de la tribu des EXOGONÆ soit sur leur dos, soit sur leur ventre.

Les Phytozoaires étant pour la plupart fixés au sol ou peu mobiles, émettent dans le liquide ambiant leurs œufs et leurs spermatozoïdes, qui s'unissent au hasard des rencontres. Il en est encore ainsi chez un certain nombre de formes aquatiques d'Artiozoaires, appartenant à la série des Néphridiés. Toutes les formes fixées (BRYOZOAIRE, BRACHIOPODES, TUNICIERS), ou sédentaires (ANNÉLIDES tubicoles, GÉPHYRIENS, LAMELLIBRANCHES), viennent naturellement se ranger dans cette catégorie; mais on y rencontre aussi des formes que signale seulement leur ancienneté (GASTÉROPODES DIOTOCARDES) et d'autres que leur agilité semblait désigner pour une adaptation à la fécondation par accouplement (ANNÉLIDES polychètes, NÉMERTIENS, la plupart des POISSONS). Dans toutes ces formes, l'appareil reproducteur est réduit aux glandes génitales et à leurs canaux excréteurs.

L'air ne pouvant servir de véhicule aux spermatozoïdes des animaux, comme il le fait pour le pollen de beaucoup de plantes phanérogames, la fécondation par accouplement était une condition préalable de l'adaptation à la vie terrestre. Tous les Artiozoaires terrestres s'accouplent, en effet; il est d'ailleurs remarquable que les deux classes de Vers annelés où l'accouplement est la règle sont presque exclusivement composées d'animaux terrestres ou d'eau douce comme les Lombriciens ou les Sangsues. De même tous les Gastéropodes pulmonés, exclusivement terrestres et d'eau douce, s'accouplent. Le fait est d'autant plus intéressant que les Lombriciens, les Sangsues et les Gastéropodes pulmonés sont hermaphrodites, tandis que chez les Annélides polychètes et les Gastéropodes pectinibranches, presque tous marins, les sexes sont presque toujours séparés. Il semble donc que l'hermaphrodisme ait aussi constitué, chez les Vers annelés et les Gastéropodes, une condition favorable à l'adaptation à l'habitat dans les eaux douces, moins abondantes et moins constantes que les eaux marines. L'hermaphrodisme avec accouplement se rencontre cependant aussi chez les Gastéropodes opisthobranches, tous marins; chez les Trématodes et les Cestoïdes, tous parasites, aussi bien des animaux marins que des autres, ainsi que chez leurs proches parents, les Turbellariés, dont les formes marines sont plus nombreuses que les formes lacustres ou terrestres.

Les organes d'accouplement se constituent de la façon la plus variée. Ils ont pour fonction soit de faciliter l'union des deux individus accouplés, soit d'assurer l'arrivée des éléments fécondateurs jusqu'au contact des œufs. A la première catégorie se rattachent les organes de préhensions ou d'adhésion que présentent si fréquemment les mâles de Crustacés sur les antennes, les pattes-mâchoires ou les pattes, afin de leur permettre de saisir solidement les femelles. Ces modifications sont surtout sensibles sur les pattes antérieures des Cladocères, les antennes postérieures et les pattes-mâchoires des Ostracodes et des Copépodes parasites, les antennes antérieures et les pattes postérieures de la plupart des Copépodes libres, les pattes antérieures des Amphipodes, les pattes thoraciques des Isopodes. Les tarsi antérieurs de beaucoup de Coléoptères (CARABIQUEs, DYSTISCIDEs, HYDROPHILIDEs, etc.) sont aussi modifiés dans ce but, et l'on peut rattacher à cette série d'organes les crochets terminaux de l'abdomen des Libellules, etc. Le plus grand développement des organes de vision et d'olfaction (antennes) si commun chez les mâles d'Arthropodes, les odeurs, la lumière que dégagent les deux sexes de certaines espèces ou l'un d'entre eux seulement, surtout à l'époque du rut, sont aussi des moyens de faciliter la rencontre des individus qui doivent s'unir.

Les organes spécialement employés à empêcher la déperdition des éléments fécondateurs sont plus spécialement désignés sous le nom d'*organes de copulation*. Ils consistent d'ordinaire chez les femelles en un conduit, le *vagin*, qui communique soit avec des organes de réserve, les poches copulatrices, soit avec les oviductes. Chez les mâles ils ont la forme d'appendices qui doivent pénétrer dans le vagin et y déposer le sperme. L'absence de vagin chez les femelles n'entraîne cependant pas l'absence d'*organes copulateurs* chez les mâles. Ces organes déposent alors les spermatozoïdes réunis en masse dans une enveloppe commune, le *spermatophore*, à portée de l'orifice génital femelle. Chez les Arthropodes les organes copulateurs sont empruntés comme tant d'autres au système des appendices locomoteurs; ils

sont formés par la 8^e paire chez les Ostracodes (fig. 176), la 1^{re} paire abdominale chez les Décapodes (fig. 182, F' p. 121), les pattes-mâchoires ou palpes maxillaires

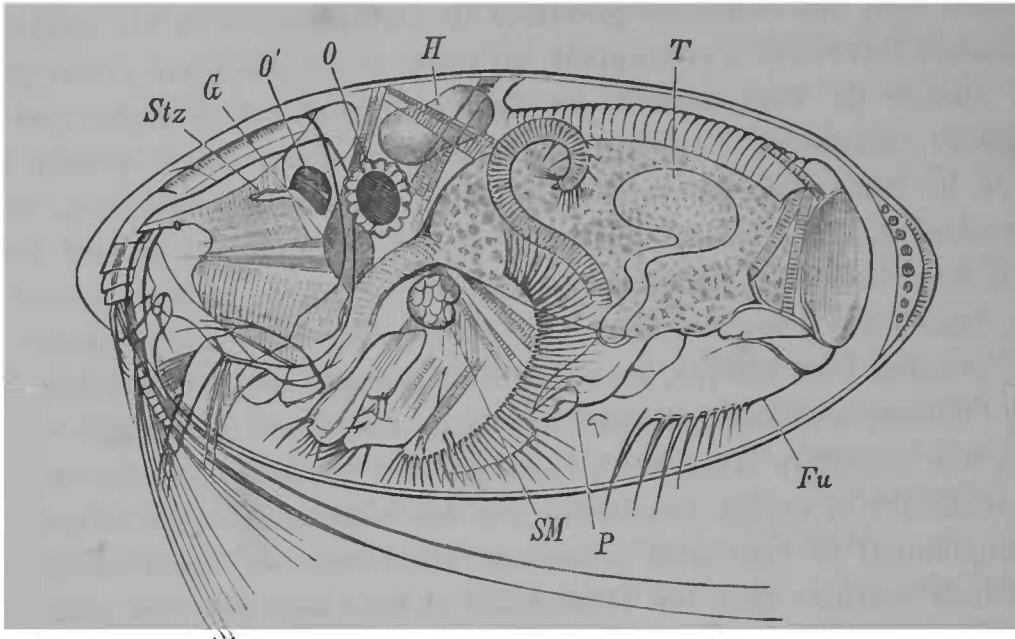


Fig. 176. — Un ostracode mâle (*Cypridina mediterranea*). — *H*, cœur; *SM*, muscle du test; *O*, œil impair; *G*, *O'*, œil cerveau; *Stz*, organe frontal; *T*, testicule; *P*, organe copulateur; *Fu*, queue (*furca*).

chez les Araignées (fig. 177 et 178). La constitution de l'appareil copulateur des Insectes est plus compliquée; cet appareil, situé, sauf quelques exceptions (Libel-

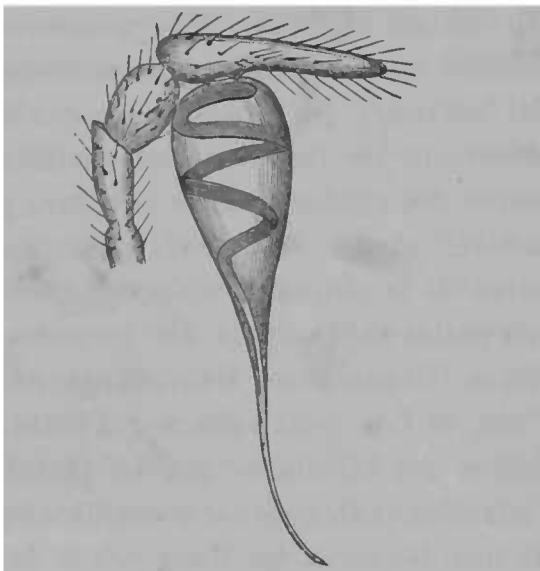


Fig. 177. — Portion terminale du palpe maxillaire d'une *Segestria* mâle (d'après Bertkau).

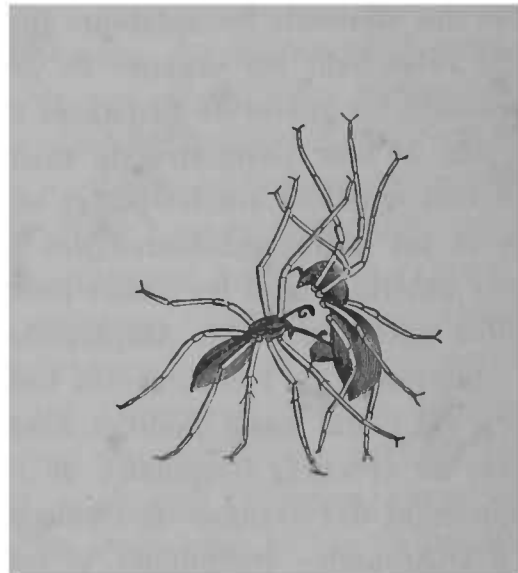


Fig. 178. — Mâle et femelle de *Linyphia* accouplés (d'après O. Hermann).

lules), à l'extrémité postérieure du corps, est un tube corné, entourant l'extrémité du canal déférent et à la formation duquel s'emploient les parties constitutives du squelette externe d'un ou plusieurs segments.

La plupart des Nématodes mâles ont pour organe d'accouplement deux ou trois *spicules* chitineux, contenus dans le cloaque et exsertiles. Les organes de copulation des Néphridiés ont le plus souvent avec l'extrémité du canal déférent les mêmes rapports que s'ils en étaient une partie plus ou moins modifiée par l'adjonction de muscles ou de tissus érectiles (pénis des *Eudrilus*, *Perichetu*, *Pontodrillus*, parmi les OLIGOCHÈTES, cirre des HIRUDINÉES, des TRÉMATODES, des Cestoïdes, organe copulateur des TURBELLARIÉS, pénis rétractile des GASTÉROPODES

pulmonés, pénis des REPTILES, de quelques OISEAUX, des MAMMIFÈRES); mais il n'en est pas toujours ainsi : chez un certain nombre de Lombriciens (*Lumbricus*, *Urocheta*, *Rhinodrilus*, *Acanthodrilus*) un ou plusieurs groupes de soies locomotrices se modifient pour servir à l'accouplement. Les Poissons plagiostomes possèdent une paire d'organes copulateurs externes de grande dimension, indépendants de canaux déférents (?); mais c'est surtout chez les Mollusques Gastéropodes et Céphalopodes que les organes copulateurs présentent une grande variété. Ils n'apparaissent chez les Prosobranches qu'à partir des NERITIDÆ, et sont constitués par un appendice des téguments céphaliques, ordinairement situé à une certaine distance de l'orifice génital mâle, auquel il est relié par une gouttière (fig. 179). Le tentacule droit loge en partie la verge chez les Paludines, et chez les Pul-

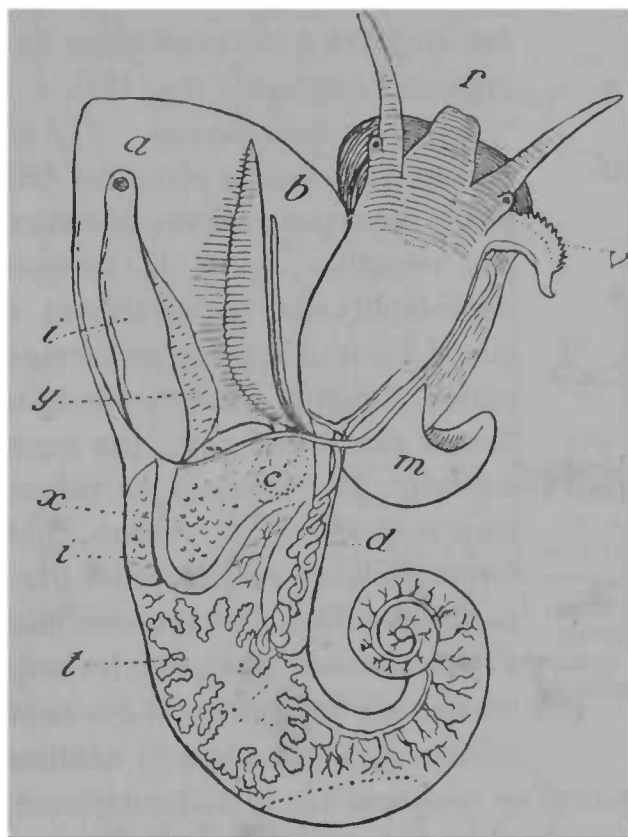


Fig. 179. — *Littorina littoralis* mâle (d'après Souleyet). — a, anus; b, branchie; c, cœur; d, canal déférent; i, intestin; m, muscle columellaire; r, mufle; t, testicule; v, verge; x, rein; y, glande à mucosité.

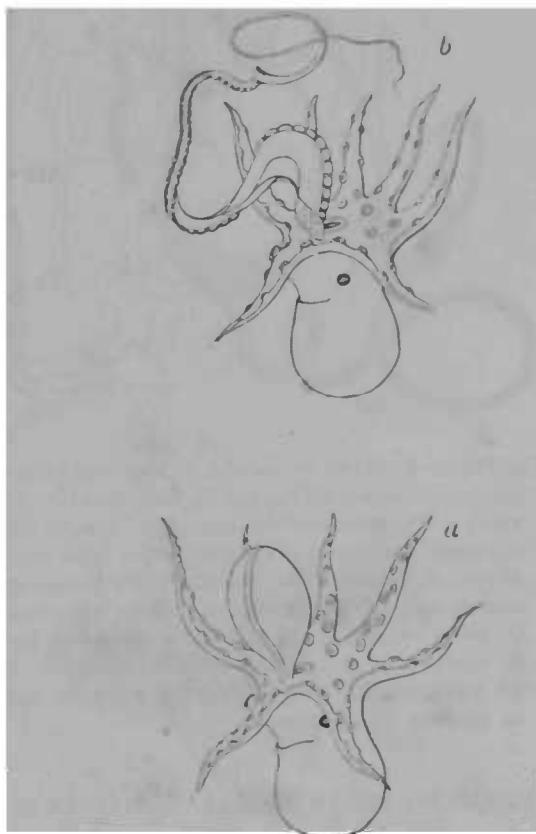


Fig. 180. — Individus mâles d'*Argonauta argo*, grossis deux fois et vus de côté (d'après H. Müller). — Sur la figure a, l'hectocotyle est enfermé dans un sac; sur la figure b, le sac est fendu et l'hectocotyle est déroulé.

monés ditrèmes l'orifice du canal déférent est très souvent situé à la base de l'un des tentacules. La transformation de l'un des bras céphaliques en organe copulateur est générale chez les Céphalopodes dibranchiaux (fig. 180), où l'orifice mâle demeure cependant dans la cavité palléale. Le tentacule copulateur subit une modification profonde et peut même devenir caduc, auquel cas il se régénère et demeure enfermé dans un sac avant son complet développement (*Argonauta*, *Tremoctopus*); c'est ce qu'on nomme l'*hectocotyle*.

La ponte peut être effectuée chez les femelles par des organes spéciaux, destinés à l'enfouissement des œufs, et qui sont particulièrement bien développés chez les Insectes. Les *oviscaptés* en forme de stylet, de lame de sabre ou de faucille des Gryllides, des Locustides, de quelques Coléoptères (*Valgus*), des Cigales, les *tarières*

des Hyménoptères fouisseurs, en sont des exemples bien connus. Ces appareils peuvent du reste s'adapter à d'autres fonctions. Dans l'ordre des Hyménoptères,

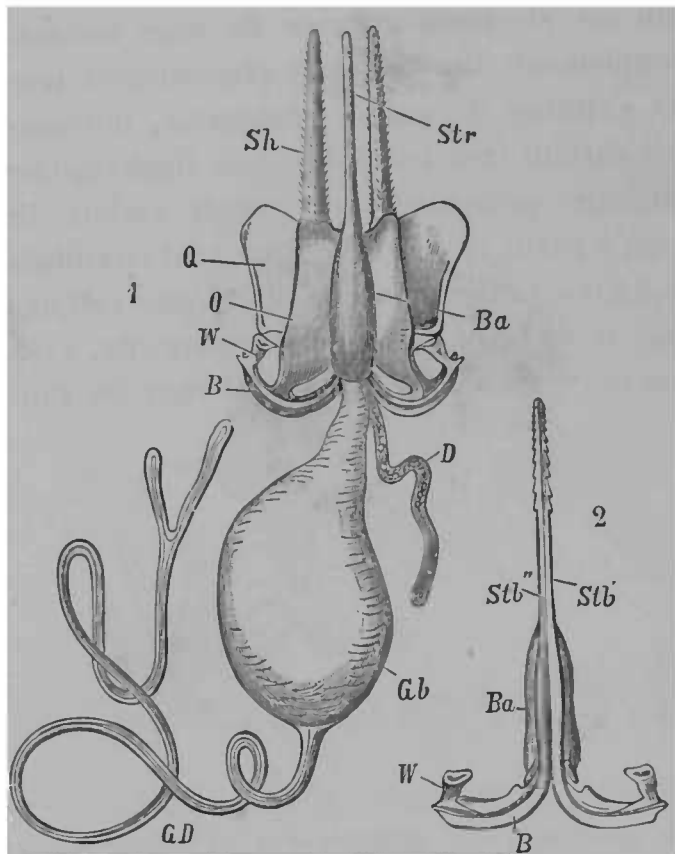


Fig. 181. — Appareil venimeux de l'Abeille (d'après Kraepelin). — 1. Appareil vu par la face dorsale. *GD*, glande à venin; *Gb*, réservoir du venin; *D*, glande sébacée; *Str*, gorgeret avec les deux stylets; *Ba*, base renflée du gorgeret; *B*, racines des stylets et du gorgeret; *W*, pièce angulaire; *Sh*, gaine de l'aiguillon; *O*, pièce oblongue; *Q*, pièce carrée. — 2. Aiguillon vu par la face ventrale; *B*, racines du gorgeret et des stylets; *Ba*, base renflée du gorgeret; *Stb'* et *Stb''*, les deux stylets contenus dans la rainure du gorgeret.

les mêmes organes qui, chez certaines espèces, servent à déposer les œufs dans les tissus de plantes ou d'animaux vivants, deviennent, chez d'autres, des aiguillons propres à paralyser les proies destinées aux larves, puis chez les Abeilles et les Fourmis de simples organes de défense. Le squelette externe de plusieurs segments, y compris leurs appendices, est employé à la constitution de ces organes compliqués (fig. 181).

Appareil locomoteur. — Le revêtement chitineux du corps des Arthropodes supprime chez ces animaux les cils vibratiles; aussi la locomotion s'accomplit-elle exclusivement chez eux à l'aide d'appendices formés de plusieurs parties ou *articles* mobiles, et dont il existe une paire par segment du corps. Ces articles, en raison de leur revêtement de chitine, ont la forme de tubes solides, reliés par des parties flexibles. Des muscles insérés à leur intérieur font plier les articles les uns sur les autres, et ces mouvements sont employés à la natation, à

la marche ou au saut. Ces mêmes appendices se modifient à la région antérieure du corps pour former les *pattes-mâchoires*, les *mâchoires*, les *mandibules*, les *antennes* qui chez beaucoup de Crustacés ne se différencient que graduellement, au cours de la vie, pour s'adapter aux fonctions d'organes préhenseurs, masticateurs ou tactiles, et commencent par être des organes locomoteurs. Les appendices se modifient également à la région postérieure du corps et servent soit à la natation (PHYLLOPODES, PALÉMONIDES), soit à la gestation (DÉCAPODES, fig. 182), soit encore à d'autres fonctions. Ils avortent chez la plupart des Arthropodes terrestres (ARACHNIDES, INSECTES). Cette différenciation des appendices, dont ceux qui occupent une position moyenne sont le plus souvent seuls réservés à la marche, est la cause principale de la division du corps des Arthropodes en *tête*, *thorax*, *abdomen* et *post-abdomen*.

Chez les Insectes il se développe, outre les appendices ventraux, sur le deuxième et le troisième article du thorax, de grandes lames membraneuses dorsales, dont la vibration détermine le *vol*, et qui sont, en conséquence, des *ails* (fig. 183).

Accessoirement de brusques mouvements de l'abdomen (DÉCAPODES MACROURES), l'expulsion subite de l'eau contenue dans le rectum (larves de Libellules) peuvent aussi devenir des moyens de locomotion.

Chez les Néphridiés les cils vibratiles jouent dans la locomotion un rôle important; ils sont les seuls ou les principaux moyens de locomotion des Rotifères, des Gastérotiches, des Turbellariés, des Némertiens. Ils servent à la locomotion des embryons de Bryozoaires, d'Annélides, d'Oligochètes, de Géphyriens, d'Hirudinées,

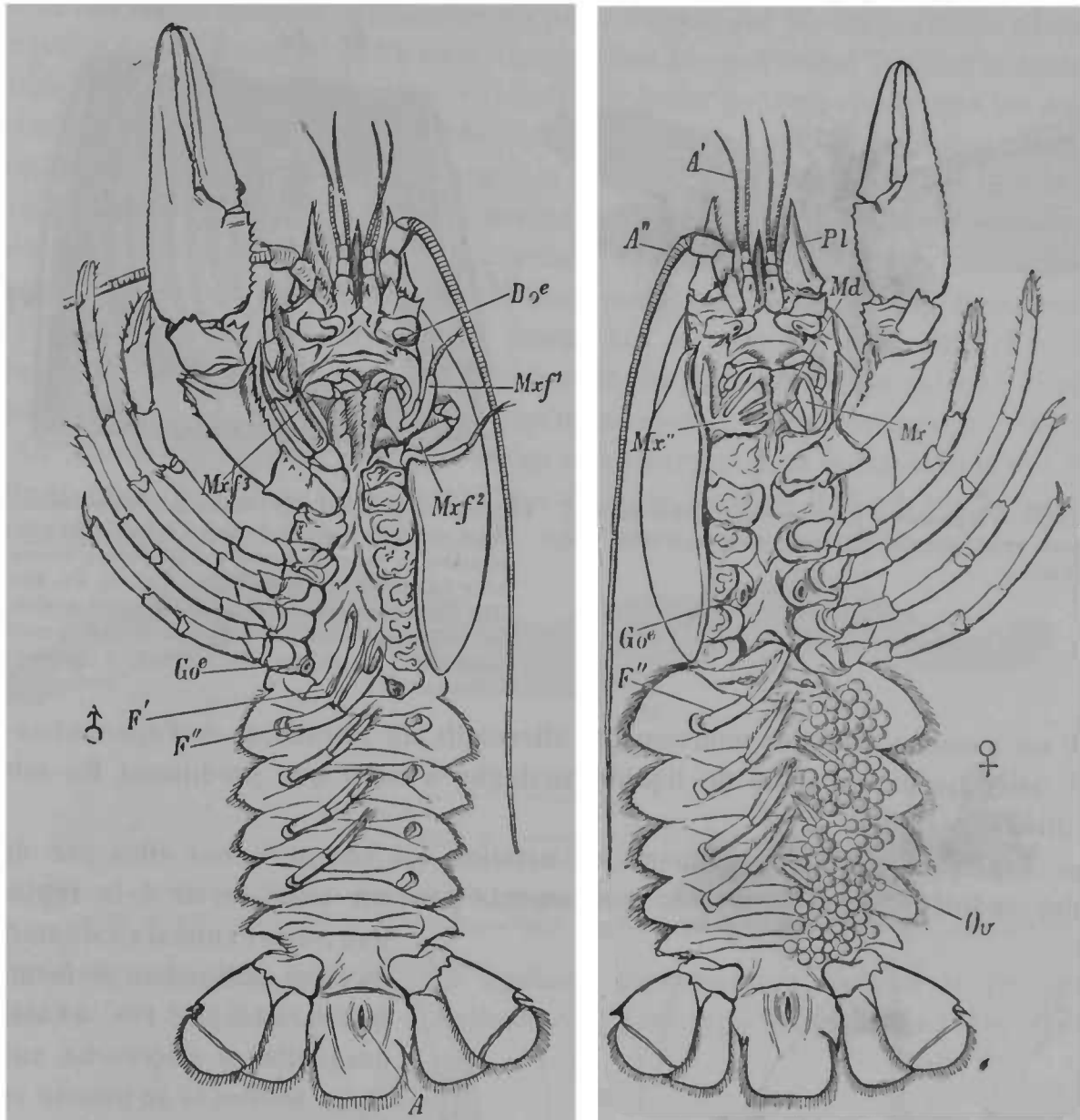


Fig. 182. — *Astacus fluviatilis* mâle et femelle vus par la face ventrale. — Chez le mâle on a supprimé les pattes ambulatoires et les pattes abdominales du côté gauche; chez la femelle, les pattes ambulatoires du côté droit, ainsi que toutes les pattes-mâchoires. — A', antenne interne; A'', antenne externe avec son écaille (Pl); Md, mandibule avec son palpe; Mx', première mâchoire; Mx'', deuxième mâchoire; Mxf' à Mxf'', les trois pattes-mâchoires; Goe, orifice sexuel; Doe, orifice de la glande verte; F' et F'', première et deuxième patte abdominale; Ov, œufs; A, anus.

de Némertiens, de Mollusques et même d'un Vertébré, l'*Amphioxus*. Lorsqu'ils atteignent un développement suffisant, ils permettent à certaines formes aquatiques de continuer à s'alimenter et à respirer, malgré leur fixation au sol, ou leur existence absolument sédentaire; ils déterminent alors dans l'eau ambiante des courants convergents qui amènent, vers l'appareil respiratoire et vers la bouche, l'eau chargée d'oxygène et de particules alimentaires, en quantité suffisante pour le maintien de la vie. Ainsi vivent par intervalles beaucoup de Rotifères, et d'une manière définitive les Mélicertes, les Lacinulaires, qui sont aussi des Rotifères, les Bryozoaires, les Brachiopodes, les Annélides céphalobranches, les Mollusques

lamellibranches, les Tuniciers. En général, c'est le courant produit par les cils de l'appareil respiratoire qui est dérivé, en partie, pour former le courant nutritif. Chez les Arthropodes, où il n'y a pas de cils vibratiles, un artifice spécial permet aux Cirripèdes de vivre fixés. Les pattes bifurquées et recourbées en crosse for-

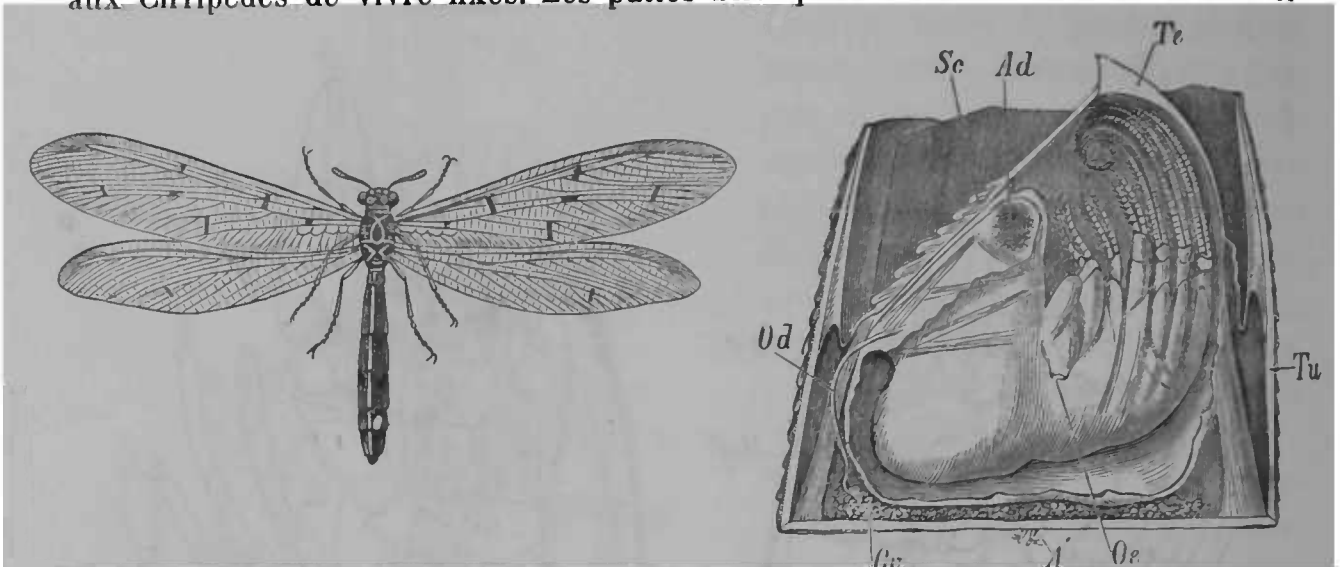


Fig. 183. — *Myrmeleon formicarius* (Règne animal), comme type simple d'Insecte ailé, à quatre ailes semblables.

Fig. 184. — Un cirripède (*Balanus tintinnabulum*), dont une des moitiés du test a été enlevée pour montrer le panache formé par les pattes recourbées en crosse (d'après Ch. Darwin). — Tu, section de la couronne externe du test; Ov, ovaire; Od, oviducte; Oe, orifice de l'oviducte; Ad, muscle adducteur; T, tergum; Sc, scutum; A', antenne adhésive.

ment un panache, dont les mouvements alternatifs de rétraction et d'épanouissement déterminent un appel de liquide analogue à celui que produisent les cils vibratiles (fig. 184).

Les Annélides nagent et rampent. La natation est obtenue chez elles par de rapides ondulations du corps; ces mouvements peuvent aussi servir à la reptation; mais l'animal s'aide alors

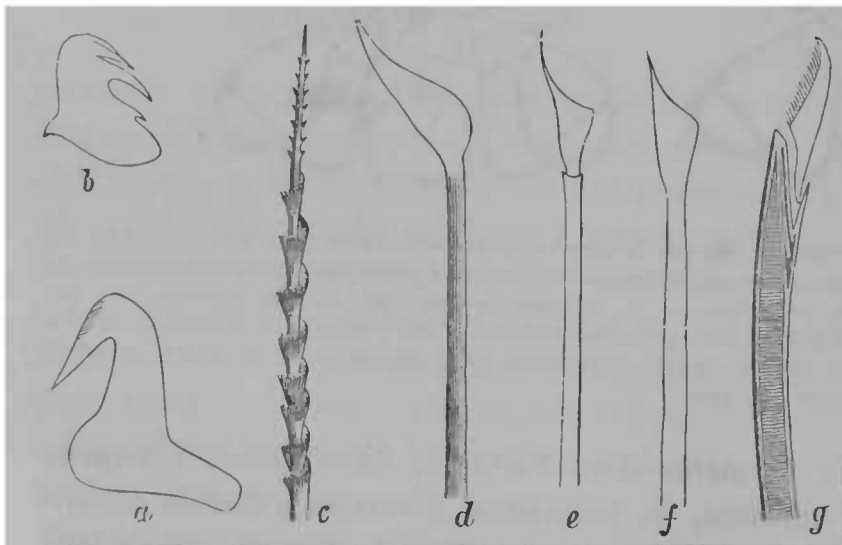


Fig. 185. — Soies de différentes Polychètes (d'après Malmgren et Claparède). — a, soie en crochet de *Sabella crassicornis*; b, soie en crochet de *Terebella Danielsseni*; c, soie avec une saillie spiroïde de *Sthenelais*; d, soie lancéolée de *Phyllochaetopterus*; e, soie lancéolée de *Sabella crassicornis*; f, soie lancéolée de *Sabella pavonia*; g, soie falciforme composée de *Nereis cultrifera*.

de soies chitineuses de forme très variable (fig. 185), à l'aide desquelles il s'accroche aux corps solides et se pousse en avant. Ces soies sont disposées sur chaque segment en quatre groupes symétriques deux à deux, à droite et à gauche, et contenues dans quatre tubercules saillants de la paroi du corps, les *parapodes* (fig. 127, P, p. 91). Elles peuvent chez quelques espèces (forme sexuée des *Autolytus*, *Heteronereis*) devenir des rames natatoires. Les Oligo-

chètes se servent de leurs soies comme les Annélides. Mais chez tous les animaux mous intervient un autre agent locomoteur dont l'importance est particulièrement

considérable chez les Géphyriens et les Mollusques : c'est la contractilité des parois musculaires du corps. Grâce à cette contractilité, le liquide de la cavité générale est poussé vers telle ou telle région du corps, qui parfois alors se gonfle énormément ; cette turgescence est souvent utilisée pour faire saillir des organes qui peuvent alors saisir des objets éloignés ou chercher un point d'appui sur les corps solides situés en avant ou à côté du corps, et s'y fixer, tandis qu'en se contractant l'animal se hisse en quelque sorte derrière eux. C'est par ce phénomène de turgescence que les Annélides, les Némertes, les Gastéropodes proboscidières font saillir leur trompe ; c'est de cette façon que les Gastéropodes pulmonés évaginent leurs tentacules ou leur pénis.

Les Hirudinées, à l'aide de leurs ventouses, réalisent un autre mode de locomotion. Le corps étant étendu en ligne droite, l'animal fixe sa ventouse antérieure et ramène, en se courbant en arc, sa ventouse postérieure au contact de l'antérieure ; il s'étend alors de nouveau en ligne droite, fixe sa ventouse antérieure et recommence le même mouvement. L'extension du corps est du reste obtenue, comme chez les Annélides, par l'intermédiaire des muscles et du liquide de la cavité générale.

Le liquide cavitaire ne joue plus qu'un rôle restreint dans la locomotion des Vertébrés. Chez ces animaux, les ondulations du corps suffisent d'abord aux besoins de la locomotion (*Amphioxus*, *Petromyzon*, fig. 186). Déjà cependant une crête mem-

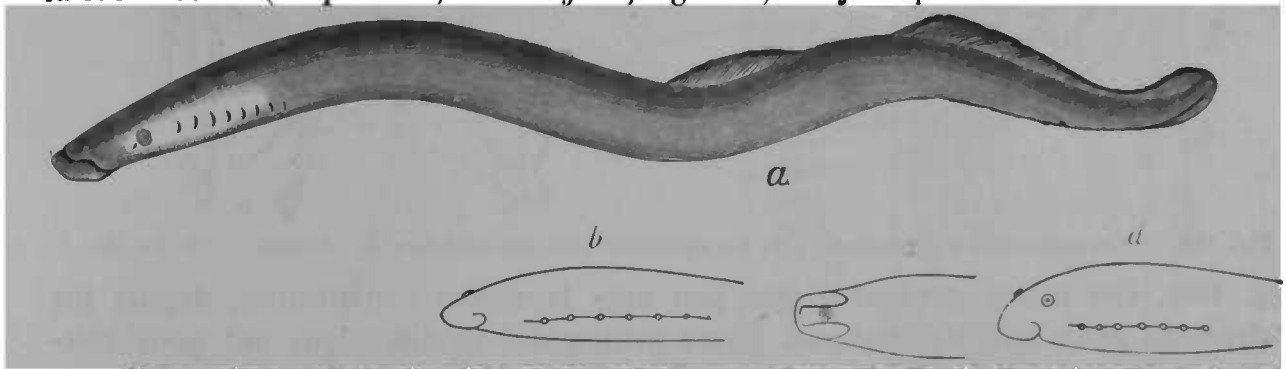


Fig. 186. — *a*, Poisson à simple crête natatoire (*Petromyzon fluviatilis*, d'après Hæckel et Kner). *b*, *c*, *d*, formes de passage de l'*Ammocoetes branchialis* au *Petromyzon Planeri* (d'après v. Siebold).

braneuse, s'étendant sur la ligne médiane dorso-ventrale, accroît la puissance natatoire de la queue. Cette membrane est plus tard soutenue par des rayons

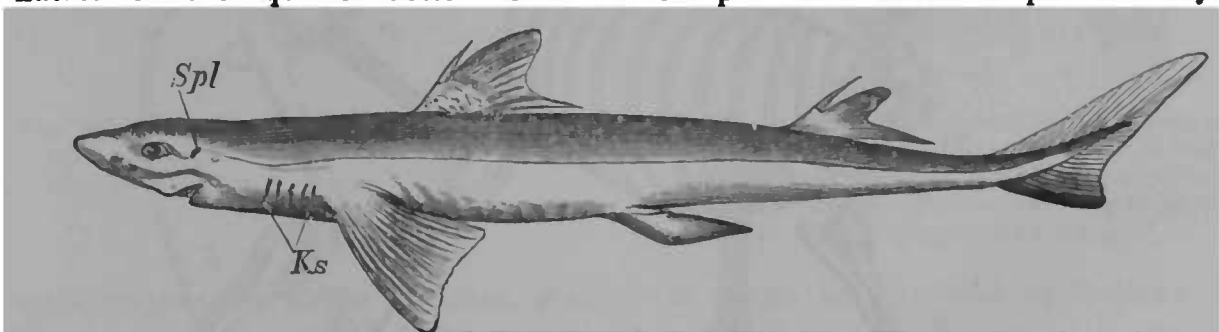


Fig. 187. — Poisson à nageoires dorsales, caudales et latérales. (*Acanthias vulgaris*. *Spl*, évent ; *Ks*, fentes branchiales.)

osseux plus ou moins développés, elle se découpe de diverses façons et finit par former les nageoires dorsales, caudale et anale des Poissons supérieurs (fig. 187). Cependant deux paires d'appendices se sont montrées en arrière de la tête et à une distance plus ou moins grande de la queue, ce sont les nageoires latérales. Comme les nageoires disposées sur la ligne médiane du corps, les nageoires latérales paraissent résulter de la fusion d'un certain nombre d'appendices correspondant chacun à un segment du corps, et rappelant, par conséquent, la

disposition des parapodes des Annélides. Le nombre des appendices ainsi fusionnés paraît être de cinq, au moins chez les Vertébrés terrestres, ainsi que l'indique déjà le nombre de leurs doigts. Ces nageoires latérales sont remplacées chez les Vertébrés qui se meuvent en prenant le sol comme point d'appui, par quatre *pattes*

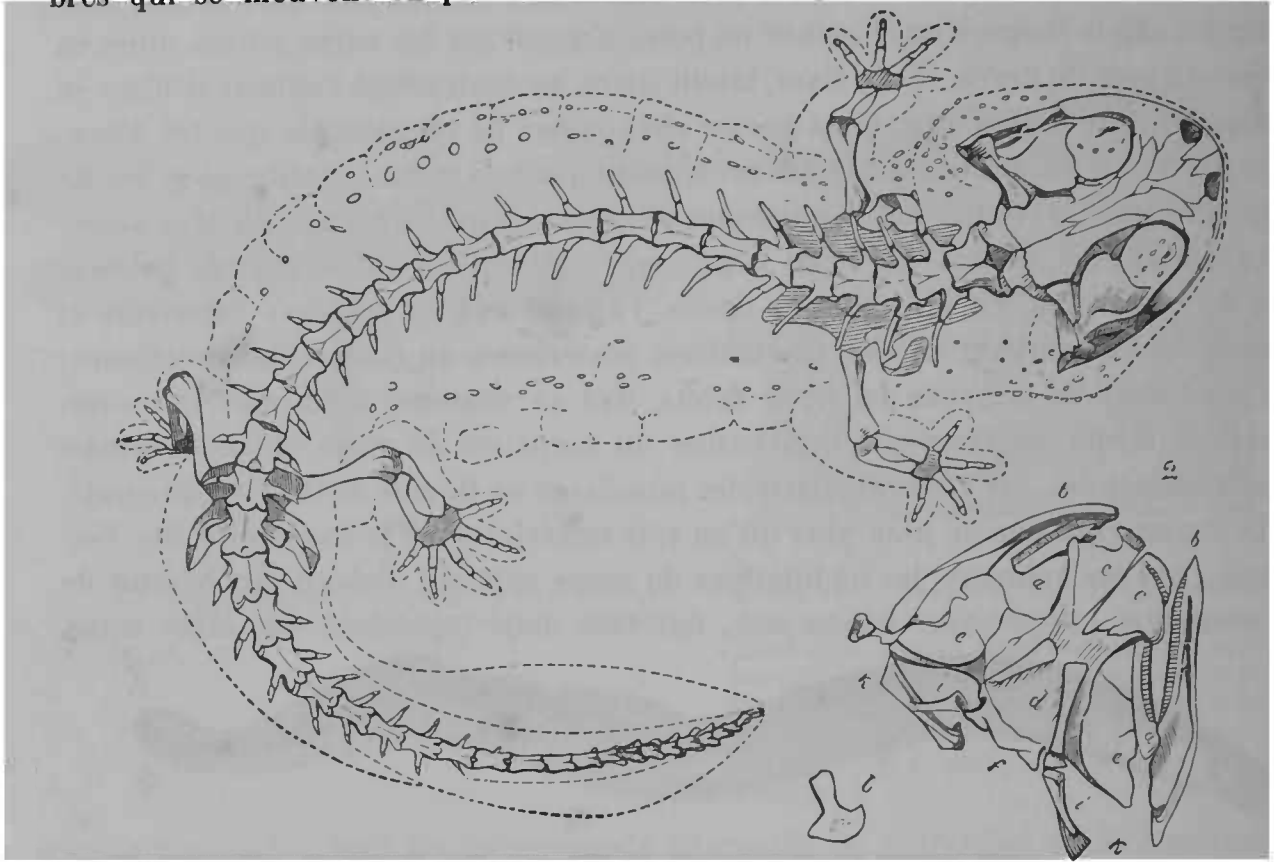


Fig. 188. — *Cryptobranchus japonicus*. — 1. Le squelette avec les contours de l'animal. — 2. La tête.

(fig. 188). Ces pattes gardent à très peu près la même constitution, depuis les Batraciens jusqu'aux Mammifères. Leurs principales modifications ont pour con-

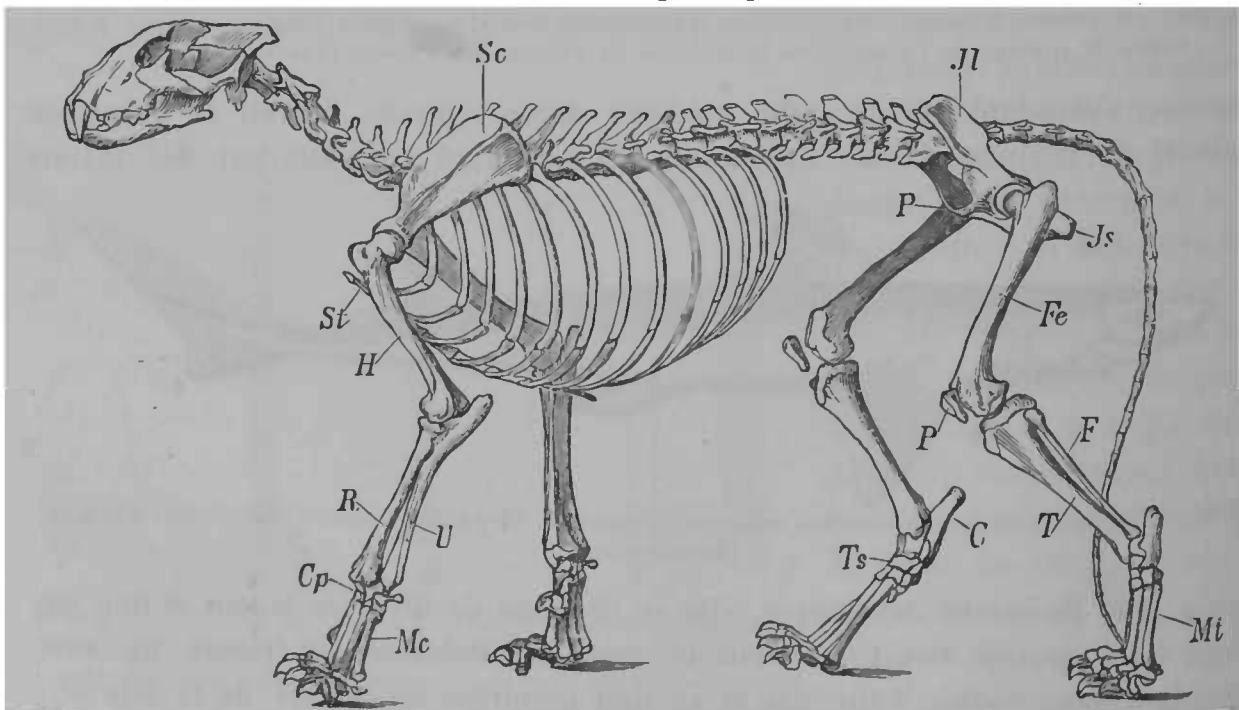


Fig. 189. — Squelette de Lion (d'après Giebel). — *St*, sternum; *Sc*, omoplate; *H*, humérus; *R*, radius; *U*, cubitus; *Cp*, carpe; *Mc*, métacarpe; *Jl*, ilion; *P*, pubis; *Js*, ischion; *Fe*, fémur; *T*, tibia; *F*, péroné; *P*, rotule; *Ts*, tarse; *Mt*, métatarse; *C*, calcanéum.

séquence d'élever de plus en plus le corps au-dessus de la surface du sol, et de favoriser ainsi une course d'autant plus rapide (fig. 189). La solidité de ces mem-

bres est due au développement à leur intérieur de pièces résistantes, internes, les *cartilages* et les *os*, qui se meuvent les unes sur les autres lorsque les masses charnues ou *muscles* qui les recouvrent viennent à se contracter. Les os des membres se rattachent à un axe également résistant, mais flexible, formé d'autant de parties distinctes que le corps présente de segments, et alternant avec ces segments. Les parties constituant cette pièce maîtresse du squelette sont les *vertèbres*, et la pièce elle-même est la *colonne vertébrale*. La colonne vertébrale supporte en avant le crâne; elle se prolonge dans la queue. L'ensemble des pièces solides cartilagineuses ou osseuses auxquelles s'attachent les muscles ou qui protègent les organes, porte le nom de *squelette* (fig. 188 et 189). De légères modifications dans la forme et les dimensions des parties constituant les membres suffisent à les rendre propres à la marche, à la course, au saut, à la natation, au vol, à la préhension.

Appareil sensoriel. — L'appareil sensoriel présente d'abord chez les Artiozoaires un état de simplicité presque aussi grand que chez les Phytozoaires. Des éléments

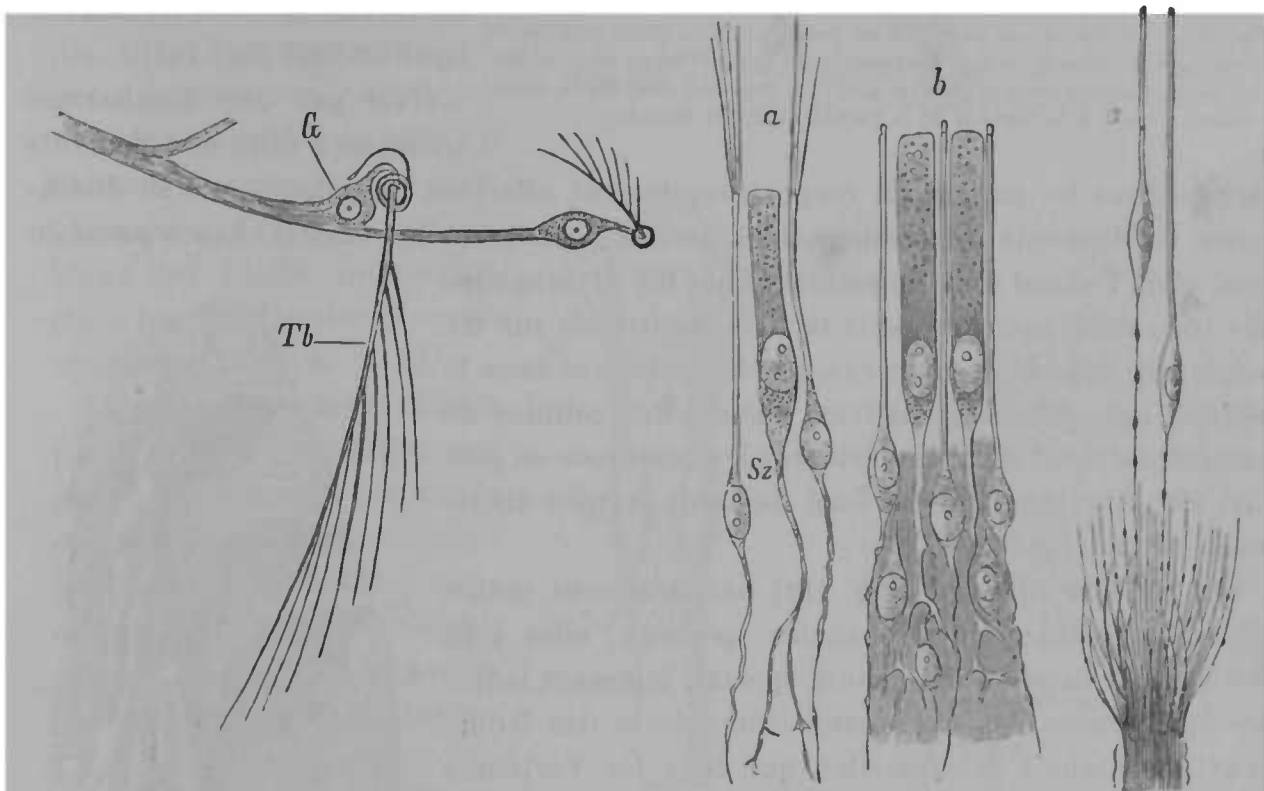


Fig. 190. — Nerfs et cellules ganglionnaires (*G*) au-dessous des poils tactiles de la peau *Tb*, dans la larve de *Corethra*.

Fig. 191. — *a*, Cellules sensorielles de la région olfactive de la Grenouille; *Sz*, cellule cylindrique à prolongement intérieur ramifié, placée entre deux bâtonnets ciliés; — *b*, cellules olfactives de l'Homme; *c*, *Id.* du Brochet (d'après Max Schultze).

anatomiques de forme spéciale, disséminés parmi les plastides épithéliaux, fréquemment surmontés chez les Arthropodes de soies rigides ou de poils (fig. 190), sont d'abord les seules parties sensibles aux excitations du milieu extérieur. Les impressions tactiles et calorifiques sont perçues par leur intermédiaire, mais ce ne sont pas les seules : ils peuvent aussi recueillir les excitations gustatives et olfactives (fig. 191). Les éléments tactiles ne se rassemblent guère de manière à constituer de véritables organes que chez les Vertébrés, où, unis à des éléments de soutien, ils constituent les diverses sortes de *corpuscules du tact* (fig. 192) dont certaines formes sont appelées *corpuscules de Pacini*, de *Meissner*, de *Wagner*, de *Krause*, du nom des anatomistes qui les ont découverts. Quelques parties du

corps n'en sont pas moins spécialement employées à l'action de *palper*, telles sont : les antennes ou même certaines pattes des Arthropodes ; les antennes,

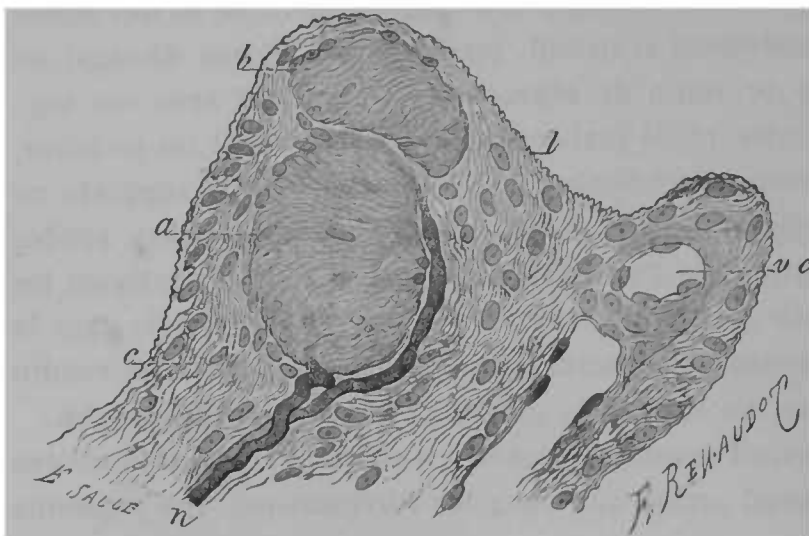


Fig. 192. — Coupe d'une papille d'un doigt humain, traité par l'acide osmique et l'alcool. — *a, b*, corpuscule du tact divisé en deux lobes; *c*, tissu connectif de la papille; *n*, nerf; *vc*, vaisseau sanguin; *l*, membrane plissée à la surface de la papille (d'après Ranvier).

les tentacules et les cirres des Annélides; les tentacules de certains Gastéropodes; les bras des Céphalopodes; les barbillons des Poissons, certains poils des Mammifères, etc. Il faut sans doute aussi attribuer la perception de quelque sensation tactile aux organes développés le long du corps des Vertébrés aquatiques (POISSONS et larves de BATRACIENS) et formant la *ligne latérale* (fig. 193).

C'est par une localisation analogue à celle des éléments

tactiles dans les parties du corps spécialement affectées au palper, que se distinguent les éléments impressionnables par les saveurs et les odeurs. Les *organes du goût* et de l'*odorat* sont simplement chez les Arthropodes des poils analogues aux poils tactiles, distribués sur les mâchoires dans le premier cas, sur les antennes dans le second. Les cellules gustatives, unies à des cellules de soutien, forment chez les Vertébrés les *bourgeons du goût* (fig. 194) souvent situés au fond de petits cryptes distribués sur la langue.

Les cellules olfactives (fig. 191) ne paraissent même pas se rassembler en corpuscules spéciaux; elles sont disséminées dans un épithélium spécial, tapissant tantôt des émergences des téguments (*rhinophores* des NUDI-BRANCHES), tantôt des fossettes qui chez les Vertébrés sont placées au voisinage de la bouche (*narines*). Chez

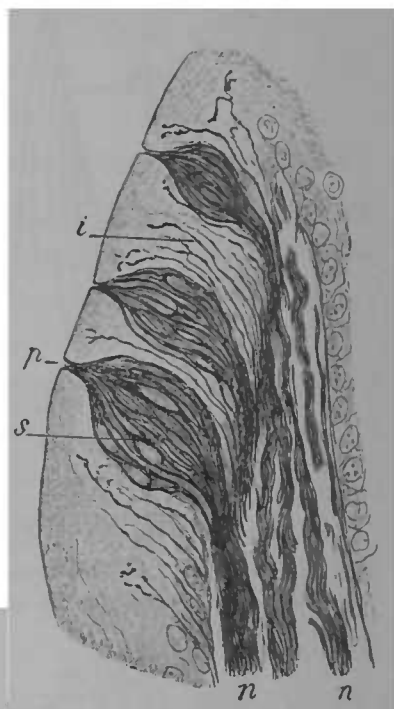


Fig. 194. — Coupe dans une partie des organes du goût du lapin (appareil folié). *p*, pore du goût; *s*, cellule gustative; *i*, fibres nerveuses intra-épithéliales; *n*, nerf (chlorure d'or, d'après Ranvier).

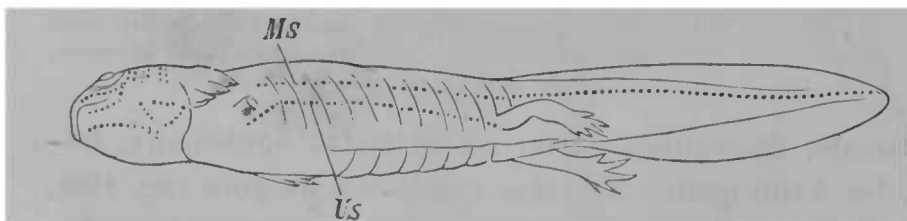


Fig. 193. — Larve de *Salamandra maculosa*. *Ms*, ligne latérale médiane; *Us*, ligne latérale inférieure (d'après Malbranc).

les Vertébrés aériens ces fossettes communiquent avec l'arrière-bouche, et par elle avec la trachée-artère, de sorte que l'air inspiré les traverse d'ordinaire pour arriver aux poumons. Il est bien évident que le sens de l'odorat ne saurait être que difficilement distingué du sens du goût chez les animaux aquatiques.

Le sens de l'*ouïe* et le sens de la *vue* s'exercent, en général, à l'aide d'organes

plus différenciés. Il n'est pas impossible que chez les Arthropodes les vibrations sonores se communiquent à certains poils sensitifs difficiles à distinguer de leurs congénères; en effet, chez beaucoup de ces animaux qui paraissent cependant sensibles au son, on n'a pas réussi jusqu'ici à découvrir d'organe spécial de l'audition. Chez divers Crustacés, au contraire, il existe à la base des antennes internes (DÉCAPODES) ou sur les lamelles de la nageoire caudale (*Mysis* et autres SCHIZOPODES) des cavités spéciales, parfois en communication avec l'extérieur, et dans lesquelles l'animal peut alors introduire des grains de sable (Homard, Ecrevisse). Les organes auditifs des Insectes, connus seulement chez quelques types, sont diversement placés; ils sont constitués par une membrane rigide, au-dessous de laquelle viennent se terminer les nerfs acoustiques (fig. 197); d'où leur nom d'organes tympaniques. Ces organes se trouvent à la base de l'abdomen chez les Criqueets (*Acridium*, fig. 195), sur les tibias des pattes antérieures chez les Sauterelles (*Locusta viridissima*, fig. 196 et 197).

La présence de corps solides paraît utile à l'excitation des poils auditifs, car les corps étrangers sont remplacés chez les Néphridiés par des concrétions calcaires, les *otolithes* (fig. 195), produites par l'organisme lui-même et analogues à celles que nous avons déjà rencontrées chez les Méduses (fig. 110, p. 83). Ces concrétions, de forme très variable, réduites parfois à une poussière calcaire, l'*otoconie* des Vertébrés supérieurs, sont même considérées comme caractéristiques de l'organe de l'ouïe. Chez les Annélides et les Mollusques, ces

organes, très diversement placés, sont constitués par une vésicule arrondie, l'*otocyste*, tapissée intérieurement de cellules à longs cils vibratiles (fig. 198). Au centre de la vésicule se trouve ou bien un seul otolithe sphérique, ou un nombre variable de petits otolithes fusiformes. Des vésicules auditives analogues se retrouvent jusque chez les Vertébrés les plus élevés, où elles constituent l'*utricule* et le *sacculé* de l'oreille interne (fig. 199). Mais à ces vésicules fondamentales s'ajoutent des

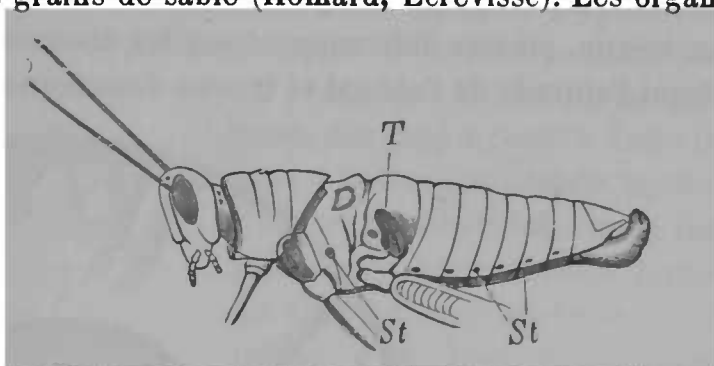


Fig. 195. — Corps dépouillé de ses ailes d'un *Acridium*.
St, stigmates; T, organe tympanique.

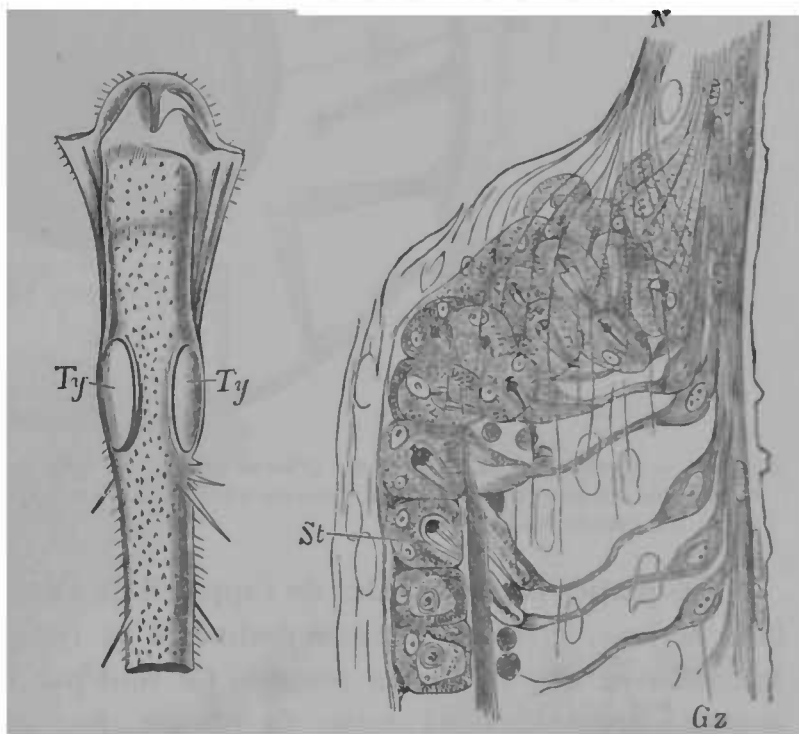


Fig. 196. — Fragment du tibia de la patte antérieure de la *Locusta viridissima* (d'après V. Graber). — Ty, membrane tympanique avec l'opercule.

Fig. 197. — Fragment d'une terminaison nerveuse dans l'organe tympanique d'une patte antérieure de *Locusta viridissima* (d'après V. Graber). — N, nerf; Gz, cellules nerveuses; St, pointes nerveuses dans les cellules terminales.

parties accessoires, dont les unes, comme le *limaçon*, constituent un perfectionnement de l'appareil auditif proprement dit et semblent liées à la perception de certaines qualités des sons, tandis que les autres, comme les *canaux semi-circulaires*, paraissent n'avoir plus aucun rapport avec le sens de l'audition et recueillent des impressions qui, sans pénétrer dans notre conscience, ou tout au moins sans être l'objet d'une analyse de sa part, sont immédiatement utilisées pour le maintien de notre équilibre. Il est possible que ces divers ordres d'impression soient d'ailleurs perçus par les otocystes; les corps solides qu'ils contiennent doivent, en effet, en raison même de leur inertie, presser différemment sur les diverses parties de la vésicule auditive, suivant l'attitude de l'animal et le sens dans lequel il se meut.

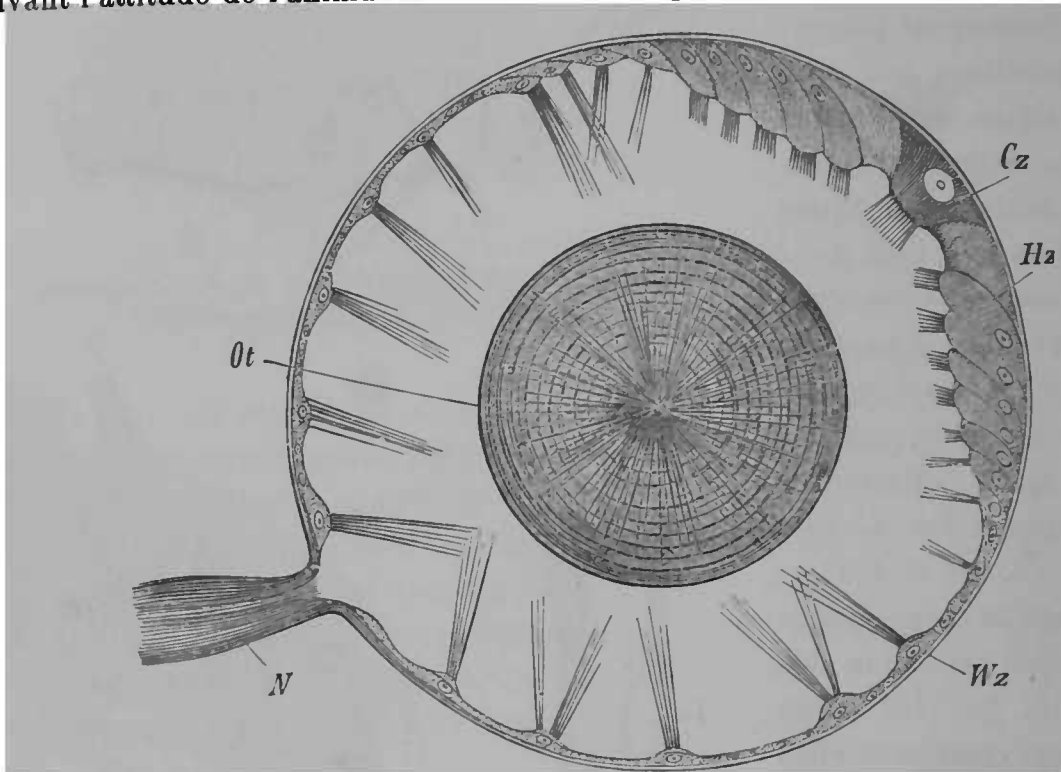


Fig. 198. — Otocyste d'un Hétéropode (*Pterotrachea*). *N*, nerf acoustique; *Ot*, otolithe suspendu dans le liquide qui remplit l'otocyste; *Wz*, cellules ciliées sur la paroi interne de l'otocyste; *H_z*, cellules auditives; *Cz*, cellule centrale.

A ces parties fondamentales de l'appareil de l'audition s'ajoutent, chez les Vertébrés aériens, d'autres organes destinés à la réception, au renforcement et à la transmission des vibrations sonores. Ce sont par ordre d'apparition : 1° l'*oreille moyenne*, comprenant la *caisse du tympan*, les *osselets* et la *trompe d'Eustache*; 2° l'*oreille externe*, séparée par le *tympan* de l'oreille moyenne, et comprenant le *canal auditif externe* et le *pavillon*. L'oreille externe commence à se développer chez les Oiseaux, mais n'atteint tout son développement que chez les Mammifères.

Il existe une grande différence entre la simple perception des sons et l'aptitude à distinguer leurs diverses qualités musicales et leurs innombrables combinaisons; cette différence explique la variété et la complication des appareils auditifs dans le Règne animal. Il en est exactement de même de la perception des phénomènes lumineux et des organes de la vue. La concentration des grains d'un pigment noir ou rouge à l'intérieur de cellules sensibles par elles-mêmes, ou entourant des cellules sensibles, est le premier signe de différenciation d'organes visuels. C'est d'ailleurs uniquement par induction que l'on peut attribuer à la présence du pigment la valeur d'un signe caractéristique à cet égard; il existe presque

toujours, en effet, une couche pigmentaire dans les organes visuels bien caractérisés, comme il existe des otolithes dans les organes auditifs incontestés. On n'a pas de renseignements précis sur le rôle du pigment dans la perception de la lumière, et il est peu probable que ce rôle se borne, comme on l'admet quelquefois, à une simple extinction des rayons lumineux en excès. La lumière éteinte est, en définitive, de la force vive transformée; c'est la nature de cette transformation qu'il importerait de connaître.

Chez beaucoup d'Arthropodes les cellules visuelles et les cellules pigmentaires qui les accompagnent, se rassemblent en différents points de la tête pour former,

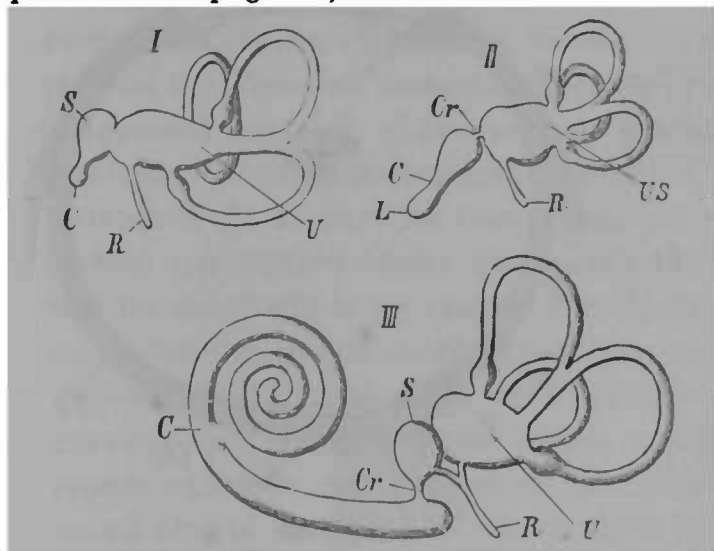


Fig. 199. — Schéma du labyrinthe; I, Poisson; II, Oiseau; III, Mammifère. — U, utricule avec les trois canaux semi-circulaires; S, sacculus; US, utricule et sacculus confondus; C, limacon; L, lagena; R, aqueux du vestibule (d'après Waldeyer).

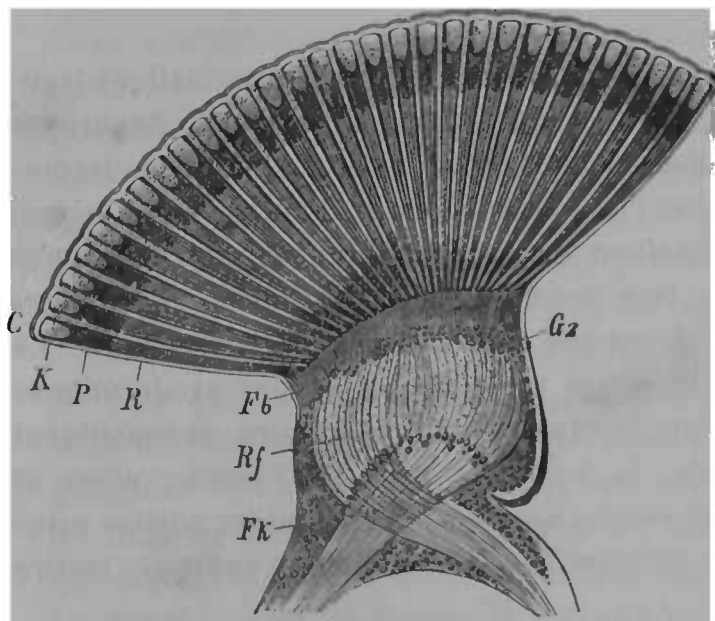


Fig. 200. — Œil à facettes de Libellule à demi schématisé. C, cornéules; K, cônes cristallins; P, pigment; R, bâtonnets nerveux de la rétine; Fb, couche fibreuse; Gz, couche des cellules ganglionnaires; Rf, fibres de la rétine; Pk, entrecroisement des fibres.

en avant, des ocelles, et, latéralement, des yeux à facettes. Dans les yeux à facettes, un certain nombre d'éléments visuels fusionnent leur partie périphérique pour former un filament axile (*rhabdome*), surmonté d'un appareil réfringent

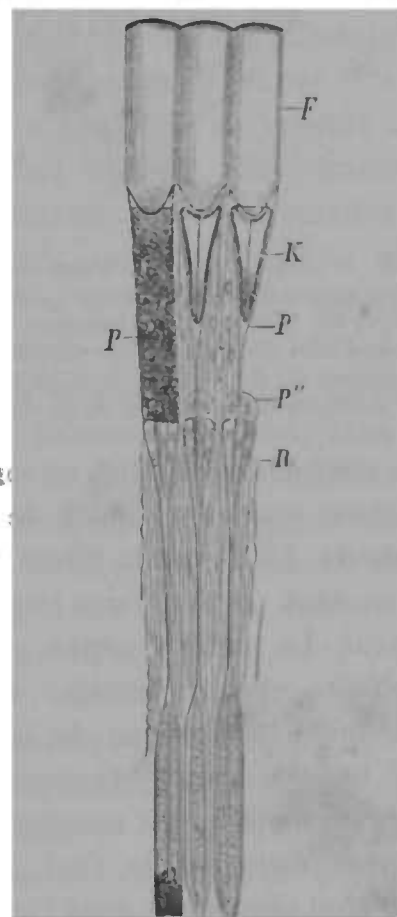


Fig. 201. — Trois cornéules avec leurs rétines prises dans l'œil du Hanneton; dans deux d'entre elles le pigment est dissous (d'après Grenacher). F, cornéule; K, cône cristallin; P, gaine de pigment; P', cellules pigmentaires principales; P'', cellules pigmentaires de deuxième ordre; R, rétines.

(cône cristallin et cornéule), constitué aux dépens des éléments hypodermiques et de la couche chitineuse (fig. 201). Chaque œil à facettes est composé d'une multitude de ces petits appareils pressés les uns contre les autres, et rayonnant à partir de

l'extrémité des nerfs optiques; l'ensemble des cornéules forme une surface convexe, d'étendue variable, ayant l'aspect d'une mosaïque à éléments hexagonaux, dont chaque élément correspond à une cornéule (fig. 200).

Les *ocelles* sont généralement constitués par une invagination de l'hypoderme au-devant de laquelle la couche chitineuse se renfle, sans s'interrompre, en une cornéule. Au fond de l'invagination se trouvent les cellules sensibles terminées par un *bâtonnet* transparent (fig. 202).

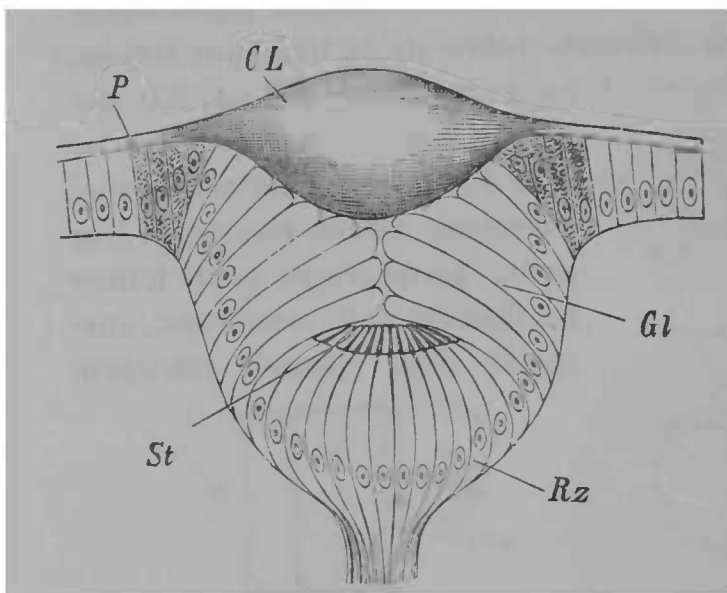


Fig. 202. — Coupe d'un ocelle d'une larve de Hanne-ton (en partie d'après Grenacher). *CL*, lentille cornéenne; *Gl*, cellules hypodermiques sous-jacentes, ou corps vitré des auteurs, avec sa zone périphérique de pigment *P*; *Rz*, cellules de la rétine; *St*, bâtonnets cuticulaires des cellules de la rétine.

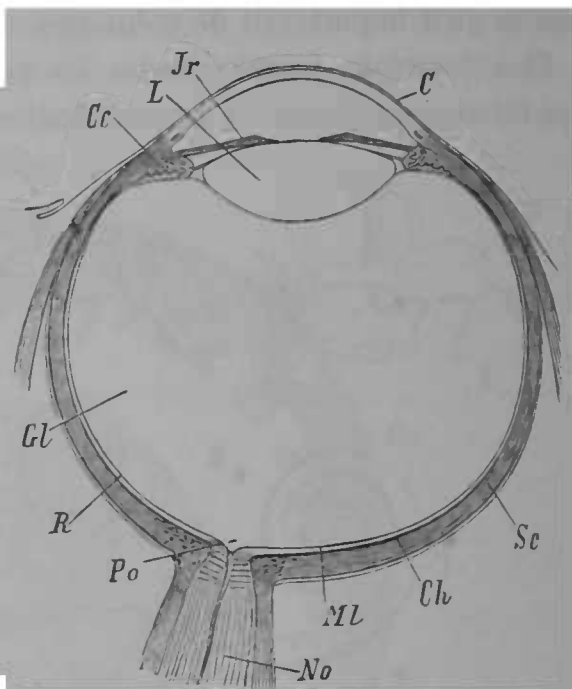


Fig. 203. — Coupe du globe oculaire de l'Homme. *C*, cornée; *L*, cristallin; *Jr*, iris avec la pupille; *Cc*, procès ciliaires; *Gl*, corps vitré; *R*, rétine; *Sc*, sclérotique; *Ch*, choroïde; *ML*, tache jaune; *Po*, papille du nerf optique; *No*, nerf optique (d'après Arlt).

Les yeux des Néphridiés ne sont de même, en somme, que des invaginations tégumentaires, mais leur mode de formation est très complexe chez les Néphridiés supérieurs. Là ils ont la forme de globes (fig. 203) dont la paroi externe se décompose en deux parties, l'une tournée vers l'intérieur du corps, l'autre vers le milieu extérieur. La partie tournée vers l'intérieur du corps (*sclérotique*) est empruntée au derme; elle est revêtue sur sa face concave par une couche pigmentaire (épithélium en mosaïque de la *choroïde*) et par une couche nerveuse (*rétine*). La partie tournée vers l'extérieur est constituée par des productions exodermiques et mésodermiques, qui remplissent toute la cavité du globe oculaire, et constituent l'appareil réfringent de l'œil, à savoir: la *cornée*, le *cristallin*, l'*humour vitrée* et un appareil régulateur dont l'*iris* et les *muscles accommodateurs* sont les parties principales. Des appareils protecteurs et moteurs spéciaux viennent enfin se mettre au service de l'œil.

Pas plus que les organes de l'audition, les organes de la vue ne sont essentiellement céphaliques. Parmi les Arthropodes, les *Gnathophausia* possèdent des yeux, ou des organes de structure analogue, sur les pattes-mâchoires; les *Thysanopoda* sur les deuxième et septième paires de pattes et sur l'abdomen; les *Euphausia* en ont sur les côtés du céphalothorax et à la face inférieure de l'abdomen; les *Acanthephyra* sur les pattes. De même, parmi les Annélides, il existe des yeux à l'extrémité postérieure du corps chez les *Nematonereis contorta*, *Fabricia*, *Amphi-*

corina Armanli, *Mysicola*, *Amphiglana mediterranea*; il y a des yeux latéraux sur les segments du corps des *Myxicola parasitica*, *Amphicorina cursoria*, *A. argus*, ainsi que chez les *Polyophthalmus*, les *Tomopteris* et diverses espèces d'*Eunices* (*Eunice vittata*). Un certain nombre de Poissons possèdent aussi des yeux latéraux, et ces yeux sont disposés de manière à correspondre aux segments du corps (*Chauliodus*, *Stomias*, *Astronesthes*). Chez les Annélides (diverses *Eunice*), comme chez les Poissons (*Scopelus*, *Maurolicus*, *Gonostoma*) les yeux latéraux peuvent être remplacés par des organes d'apparence glandulaire. Les yeux dont la position est le plus remarquable sont ceux qui occupent le bord du manteau des *Arca*, *Pectunculus*, *Pecten*, *Spondylus*, *Cardium*, *Tellina*, et ceux qui sont épars sur les plaques dorsales d'un certain nombre de *Chiton*.

Appareil nerveux. — Les organes des sens, le tube digestif, les organes respiratoires, et même les organes d'excrétion, sont le siège d'excitations qui doivent provoquer de la part de l'organisme des réactions. Ces réactions se produisent surtout par l'intermédiaire des muscles qui font mouvoir les membres, contractent les réservoirs et les canaux excréteurs des glandes, rétrécissent les vaisseaux ou les laissent se dilater, réagissent par cela même sur les cellules glandulaires, et règlent ainsi l'activité vitale dans toutes les parties du corps. C'est par le système nerveux que les excitations venues des différents appareils en rapport avec le monde extérieur, sont transmises aux glandes et aux muscles. Cette transmission paraît être le plus souvent directe chez les Phytozoaires, dont les réactions sont, pour ainsi dire, fatales; elle est au contraire très souvent indirecte chez les Artiozoaires. L'excitation est préalablement transmise à des organes spéciaux, les *ganglions* ou *centres nerveux*, qui déterminent le sens dans lequel elle doit être réfléchi et qu'on dit, en conséquence, être le siège du *pouvoir réflexe*. La réflexion d'une excitation se produit souvent sans éveiller aucune *perception*, sans laisser après elle de *souvenir*; c'est ce qui arrive pour la plupart des excitations qui viennent du tube digestif, de l'appareil respiratoire ou de l'appareil excréteur. Mais il en est souvent autrement des excitations sensorielles. Celles-ci sont perçues par l'animal qui acquiert ainsi la *conscience* de son existence; ces perceptions demeurent dans sa *mémoire*, et lui procurent une connaissance plus ou moins parfaite du monde extérieur, à l'aide de laquelle il choisit la réaction par laquelle il doit répondre à telle ou telle excitation, pour assurer son bien-être. C'est dans ce *choix* que consiste le premier rudiment d'*intelligence*. Ces opérations ont pour siège une partie de l'appareil nerveux que l'on nomme le *cerveau*. Le cerveau et les ganglions sont mis en rapport, soit avec les organes des sens, soit avec les glandes, les muscles et les diverses parties du corps par des cordons fibreux spéciaux qui servent d'intermédiaires entre tous les organes et que l'on nomme les *nerfs*. La différenciation de l'appareil nerveux en *terminaisons nerveuses réceptrices*, *nerfs*, *ganglions*, *cerveau*, *terminaisons nerveuses excitatrices*, ne se produit complètement que chez les Artiozoaires; encore s'y présente-t-elle à des degrés très divers.

Une seule masse située au-dessus de l'œsophage chez les Rotifères, entre les deux extrémités du tube digestif chez les Bryozoaires (fig. 204), représente d'abord tout l'appareil nerveux central, et peut être considérée comme un cerveau rudimentaire, auquel aboutissent directement les nerfs issus des organes sensoriels.

Chez tous les animaux *nettement segmentés* (ARTHROPODES, fig. 206, VERS ANNÉLÉS,

fig. 205), il existe, pour chaque segment, une paire de ganglions situés sur la face ventrale du corps. Les ganglions d'une même paire sont unis par une *commissure*, ou cordon nerveux transversal; les ganglions correspondants sont unis d'un anneau à l'autre par un *connectif*, ou cordon nerveux longitudinal. L'ensemble des ganglions forme ainsi une double *chaîne ventrale*, dont les deux moitiés latérales sont parfois très éloignées l'une de l'autre (SERPULIDÆ, fig. 207).

Les nerfs des antennes, des organes buccaux, des yeux céphaliques, aboutissent toujours à des masses nerveuses situées dans la tête, au-dessus de l'œsophage, tandis que toute la chaîne nerveuse est au-dessous du tube digestif; ces masses sont les *ganglions cérébroïdes* ou *cerveau*. De chaque côté de l'œsophage un connectif unit la masse cérébroïde à la première paire de ganglions de la chaîne

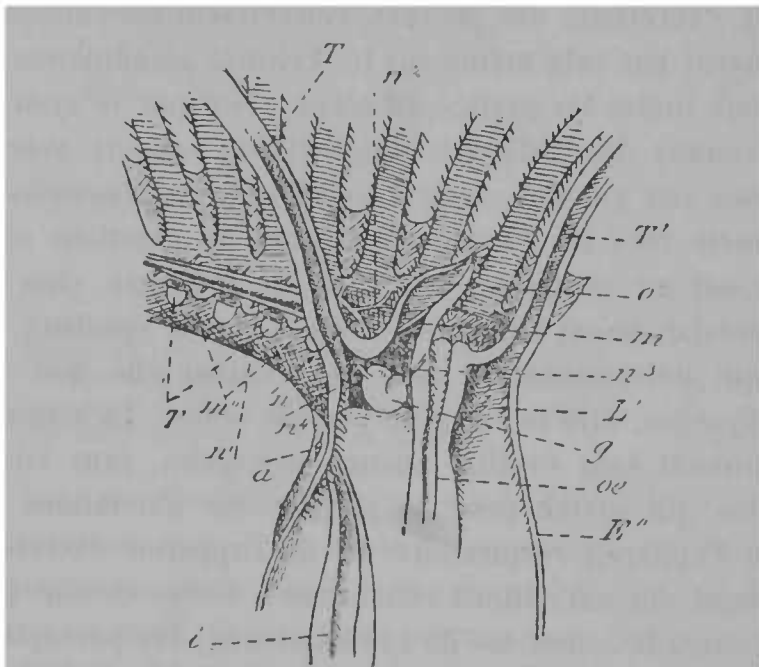


Fig. 204. — Coupe verticale demi-schématique du lophophore de la *Plumatella repens* (d'après Allman). — *E''*, partie supérieure de la gaine tentaculaire; *œ*, œsophage; *i*, intestin; *a*, anus; *T*, racines des tentacules, la partie supérieure est enlevée pour montrer la face supérieure du lophophore; *L'*, cavité du lophophore; *T'*, deux tentacules en coupe verticale, leur cavité communique avec la cavité du lophophore; *o'*, épistome; *m*, muscle releveur de l'épistome; *g*, ganglion; *n*, *n'*, tronc nerveux situé en *n*, sur le bord externe d'un des bras du lophophore, en *n'* sur le bord interne, et distribuant des filets aux tentacules; *n²*, rameau nerveux qui se rend dans les tentacules placés du côté de la bouche; *n³*, tronc nerveux pour la bouche et la base de l'épistome; *n⁴*, tronc nerveux pour le bras coupé du lophophore.

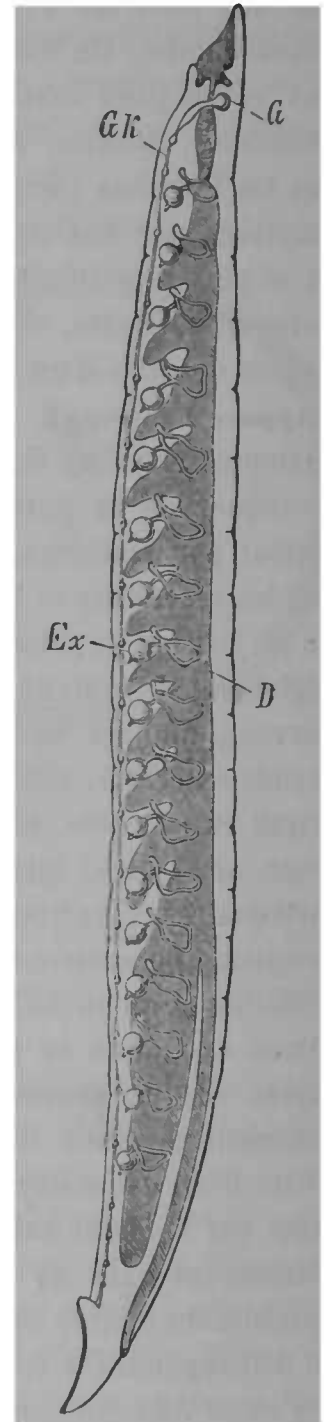


Fig. 205. — Coupe longitudinale de la Sangsue médicinale (d'après R. Leuckart). — *D*, appareil digestif; *G*, cerveau; *GK*, chaîne ganglionnaire abdominale; *Ex*, néphridies.

ventrale; il en résulte que l'œsophage est entouré par un collier nerveux complet, le *collier œsophagien*. A ce collier viennent aussi se rattacher les nerfs qui animent les parties antérieures du tube digestif, et constituent le *système stomato-gastrique* (fig. 208). Les ganglions peuvent d'ailleurs quitter l'anneau auquel ils correspondent pour se souder à leurs congénères (Crabes, fig. 209, Araignées, fig. 210, Punaises, Hannetons), et former ainsi des centres plus ou moins importants, dont les nerfs conservent tous leurs rapports primitifs.

Lorsque la segmentation du corps s'efface, la forme ganglionnaire de la chaîne

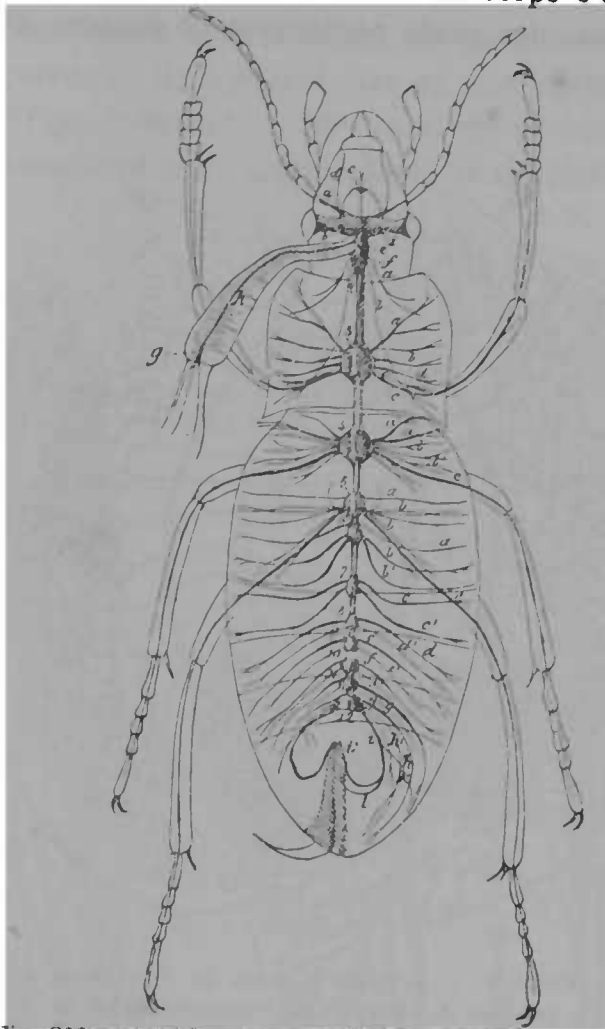


Fig. 206. — Système nerveux de *Carabus auratus* (d'après E. Blanchard). — 1, cerveau; a, nerfs antennaires; b, nerfs optiques; c, e, f, g, système nerveux viscéral. — 2, ganglion sous-œsophagien. — 3, 4 et 5, ganglions thoraciques; a, b, c, les nerfs qui en partent. — 6 à 12, ganglions abdominaux; a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, les nerfs qui en partent.

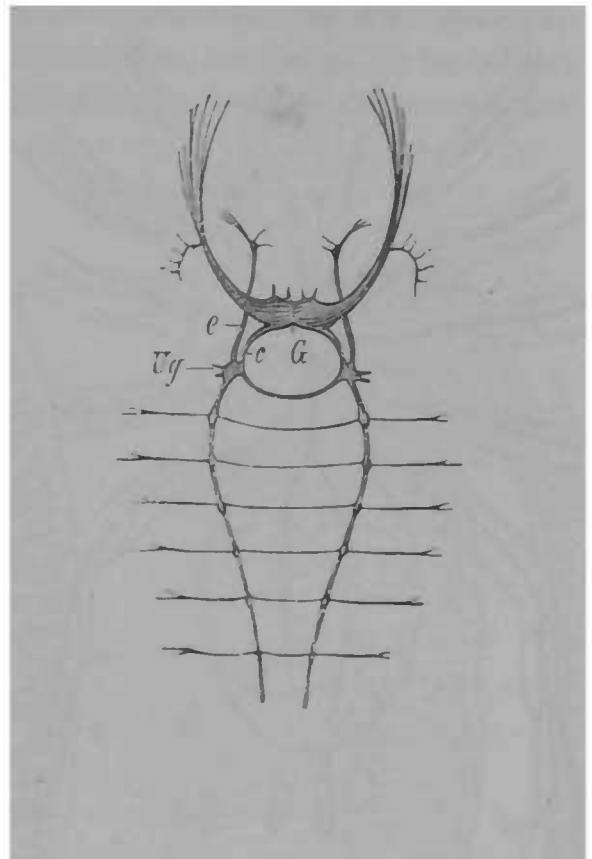


Fig. 207. — Cerveau et partie antérieure de la chaîne abdominale de *Serpula* (d'après de Quatrefages). — G, ganglion cérébrale; Ug, sous-œsophagien; c, commissure œsophagienne; e, nerfs des cirres tentaculaires.

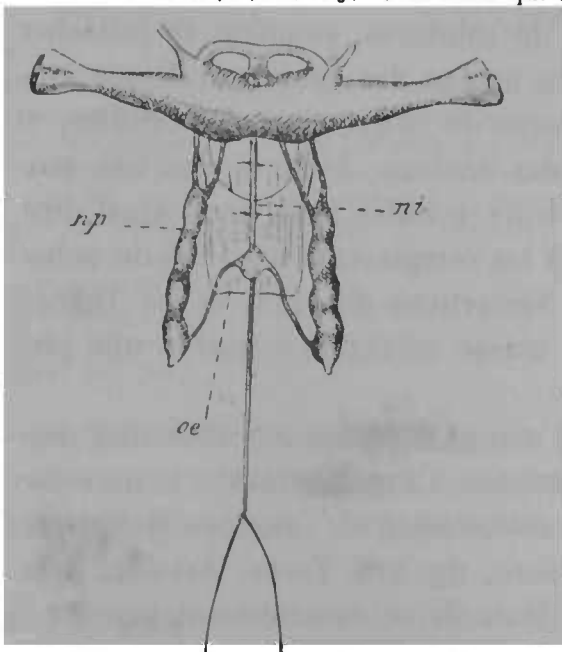


Fig. 208. — Cerveau et nerfs sympathiques du *Julus terrestris*, fortement grossis (d'après Carns, *Icones*). — np, nerfs viscéraux pairs; ni, nerf viscéral impair; oe, œsophage.

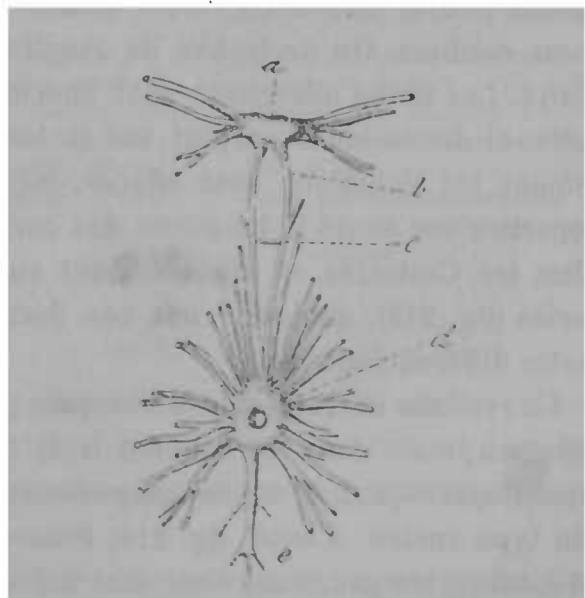


Fig. 209. — Système nerveux du *Carcinus mānas* (d'après Milne Edwards). — a, Cerveau; b, collier œsophagien; c, commissure post-œsophagienne; d, masse ganglionnaire commune; e, terminaison de la chaîne ventrale.

nerveuse disparaît également. Le système nerveux des Trématodes, dans son état

de développement le plus complet (fig. 211), est représenté par un cerveau d'où naissent deux cordons latéraux symétriques; des nerfs régulièrement espacés et

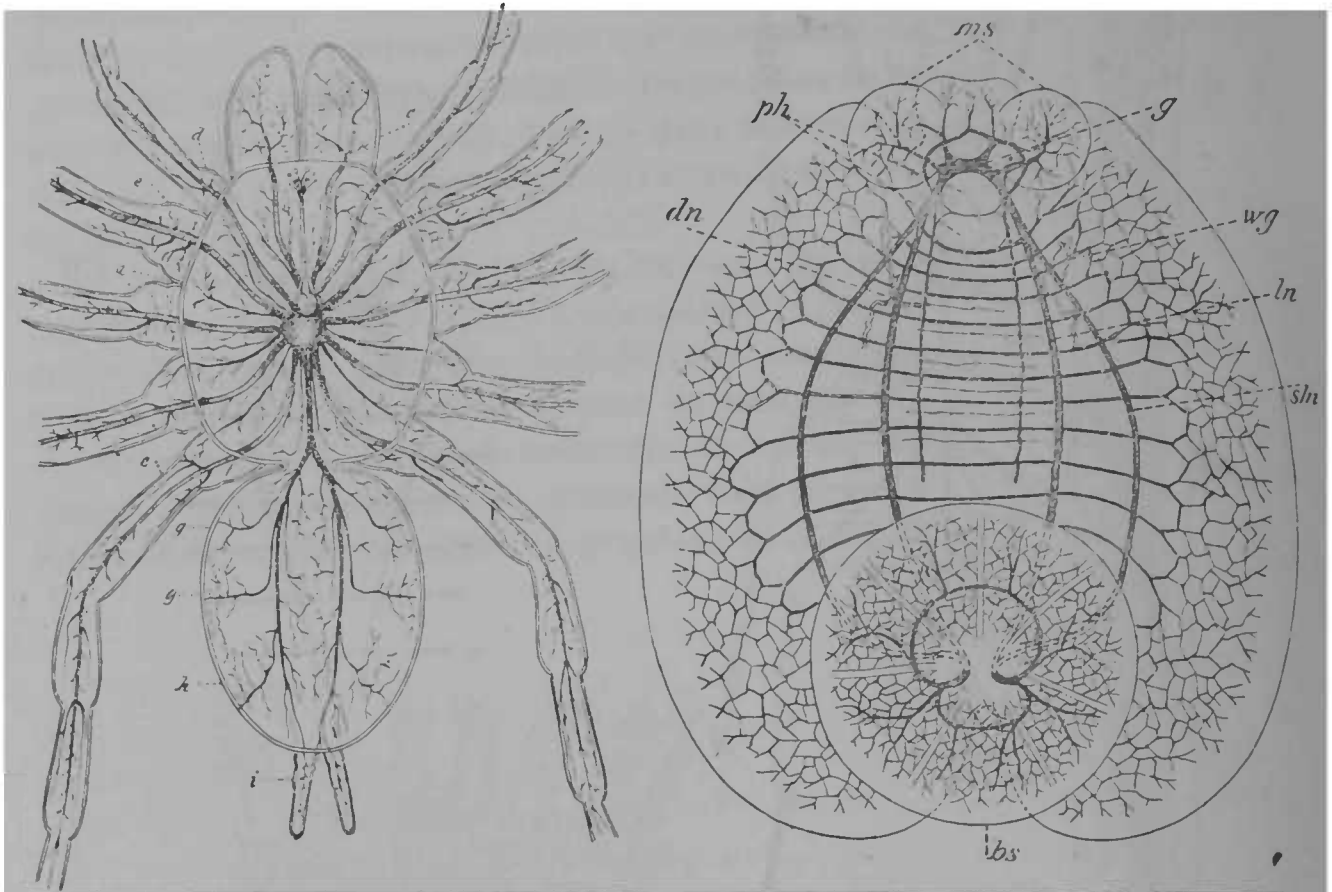


Fig. 210. — Système nerveux de la *Mygale Blondii* (d'après E. Blanchard). — *a*, Cerveau; *b*, nerfs optiques; *c*, nerfs des chélicères; *d*, nerfs des palpes maxillaires; *e*, nerfs des pattes; *f*, ganglion très réduit à la base du pédicule; *g*, *g*, organes respiratoires auxquels se distribuent les premiers nerfs abdominaux; *h*, nerfs pour les muscles; *i*, filières.

Fig. 211. — Système nerveux du *Tristomum mola* (d'après A. Lang). — *ms*, ventouse orale; *bs*, ventouse abdominale; *g*, cerveau; *ln*, nerfs longitudinaux internes; *sln*, nerfs longitudinaux externes; *dn*, nerfs longitudinaux dorsaux; *wg*, vésicule contractile et tronc du système aquifère.

faisant le tour entier du corps, comme autant de ceintures, viennent se rattacher à ces cordons. On ne trouve de ganglions qu'au niveau des ventouses de ces animaux. Les fibres nerveuses sont énormes, presque de la grosseur des cellules, et celles-ci disséminées partout sur la longueur des cordons, de sorte que non seulement les ganglions sont effacés, mais que leurs cellules sont, pour ainsi dire, réparties sur toute la longueur des cordons qui les remplacent. Il en est de même chez les Cestoides et probablement aussi les Némertiens (fig. 212) et les Turbellariés (fig. 213), quoique chez ces derniers la masse cérébrale conserve une plus nette différenciation.

Le système nerveux des Mollusques présente non plus seulement un collier œsophagien, mais deux et souvent trois (GASTÉROPODES, CÉPHALOPODES) : 1° un collier stomatogastrique; 2° un collier pédieux; 3° un collier viscéral. Chez les Mollusques de type ancien (*Chiton*, fig. 214, *Fissurella*, *Haliotis*, fig. 215, *Turbo*, *Avicula*, *Arca*, *Nautilus*), les ganglions sont mal différenciés. Mais ils se caractérisent peu à peu de manière que chaque organe important ou chaque appareil ait ses ganglions propres. Ces ganglions finissent par prendre chez les Prosobranches sténoglosses une grande fixité (fig. 216). Chez ces animaux, de même que chez les Lamelli-branches, les colliers nerveux sont très allongés; au contraire, chez les Mollusques

pulmonés (fig. 217) qui habitent les eaux douces ou la terre, les colliers se raccourcissent beaucoup, et les ganglions tendent à se concentrer au voisinage du cerveau; ils finissent par se confondre plus ou moins avec lui chez beaucoup d'Opisthobranches. La fusion est presque complète chez les *Tethys*, où les colliers subsistent néanmoins à l'état de simples cordons fibreux. Ce mode de concentration

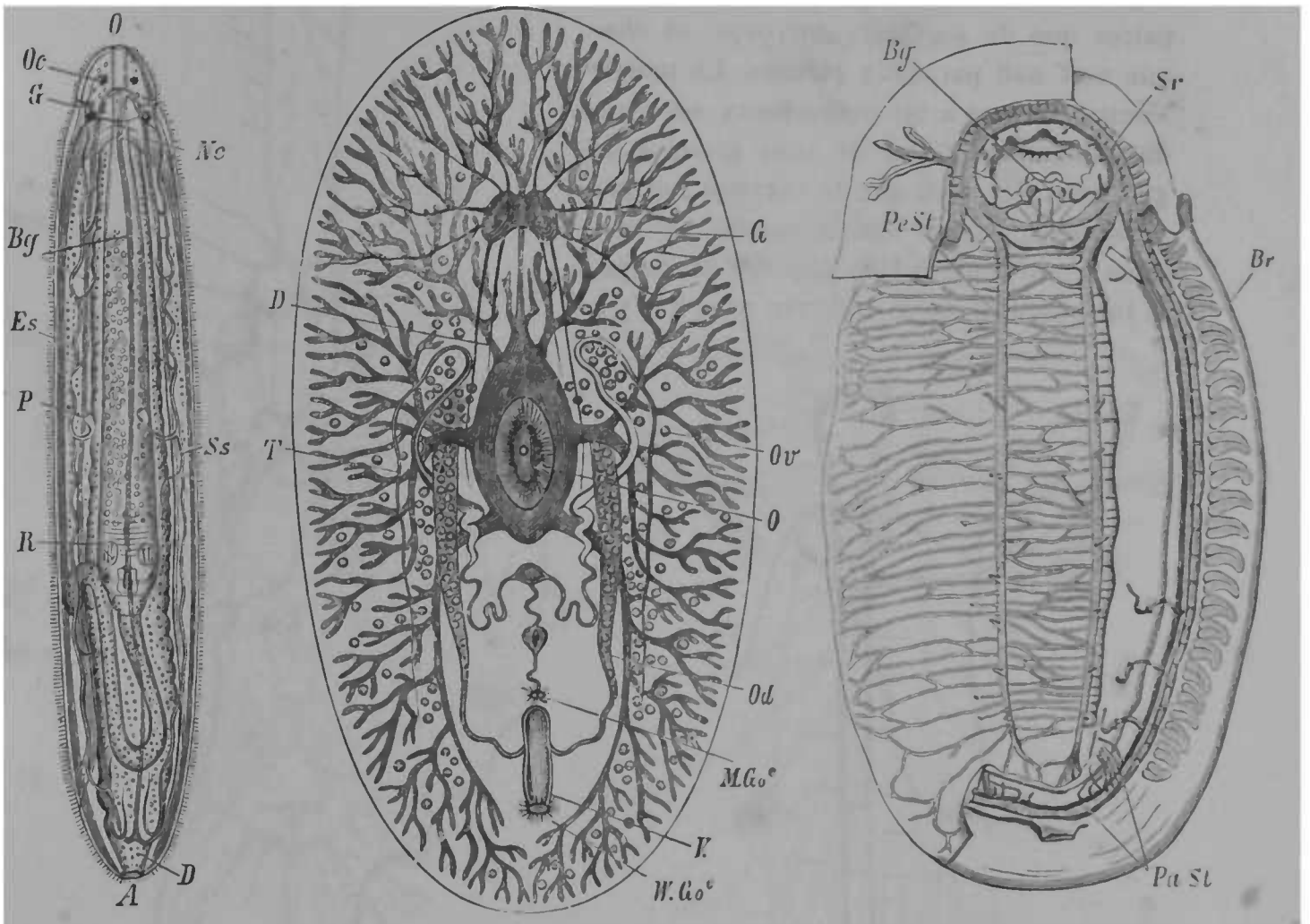


Fig. 212. — Jeune *Teutostemma obscurum* (d'après M. Schultze). — *O*, *D*, *A*, tube digestif; *Bg*, vaisseaux; *R*, trompe; *Es*, système aquifère; *P*, ses orifices; *G*, fossettes; *Nc*, cerveau; *Ss*, nerfs latéraux; *Oc*, yeux.

Fig. 213. — Anatomie du *Polycelis pallida* (d'après de Quatrefages). — *G*, ganglion cérébral avec les nerfs qui en partent; *B*, bouche; *D*, ramifications de la cavité digestive; *Ov*, œufs; *Od*, oviducte; *V*, vagin; *WGo*, orifice génital femelle; *T*, testicule; *MGo*, orifice génital mâle.

Fig. 214. — Système nerveux de *Chiton* (d'après B. Haller). — *Sr*, collier œsophagien; *Bg*, ganglion buccal sur le collier stomato-gastrique; *PeSt*, cordon pédieux réuni au cordon symétrique par des commissures transversales; *Pa St*, cercle nerveux palléal; *Br*, branchies.

est bien différent de celui qu'on observe chez les Céphalopodes, où les cellules nerveuses envahissent au contraire la totalité des colliers raccourcis, si bien que l'œsophage paraît, au premier abord, traverser une masse ganglionnaire unique (fig. 218).

C'est une transformation de ce genre que présente le système nerveux des Vertébrés par rapport à celui des Vers annelés. Ici aussi les ganglions disparaissent; mais ce n'est plus, comme chez les Trématodes, par suite de la dissémination de cellules nerveuses peu nombreuses dans les connectifs; c'est au contraire par suite d'une telle multiplication des cellules que les ganglions envahissent, pour ainsi

dire, les connectifs jusqu'à devenir confluents. Il en résulte que la chaîne ganglionnaire est remplacée par une masse continue, cylindro-conique, la *moelle épinière*. La constitution ganglionnaire persiste cependant à s'accuser dans ce cordon par le mode de distribution des nerfs (fig. 219). Il en existe, en effet, autant de paires que de segments du corps, et chaque nerf naît par deux racines. La moelle s'unit en avant à un volumineux cerveau, essentiellement formé de trois groupes de ganglions. Ici, bien que le cerveau soit généralement incliné sur la moelle, de manière à atteindre la face opposée du corps, le tube digestif ne le traverse pas; il n'y a

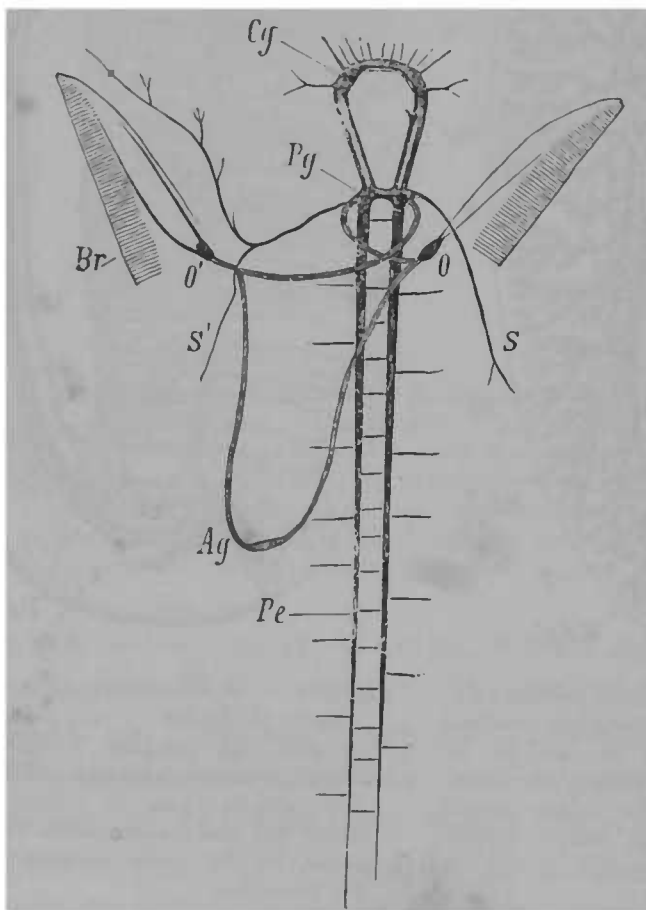


Fig. 215. — Système nerveux d'*Haliotis* (schéma, d'après de Lacaze-Duthiers). — *Cg*, ganglion cérébral; *Pg*, ganglions pédieux et pleuraux fusionnés; *Ag*, ganglion abdominal; *O* et *O'*, ganglions et organes olfactifs; *Pe*, cordons pédieux; *S* et *S'*, nerfs palléaux.

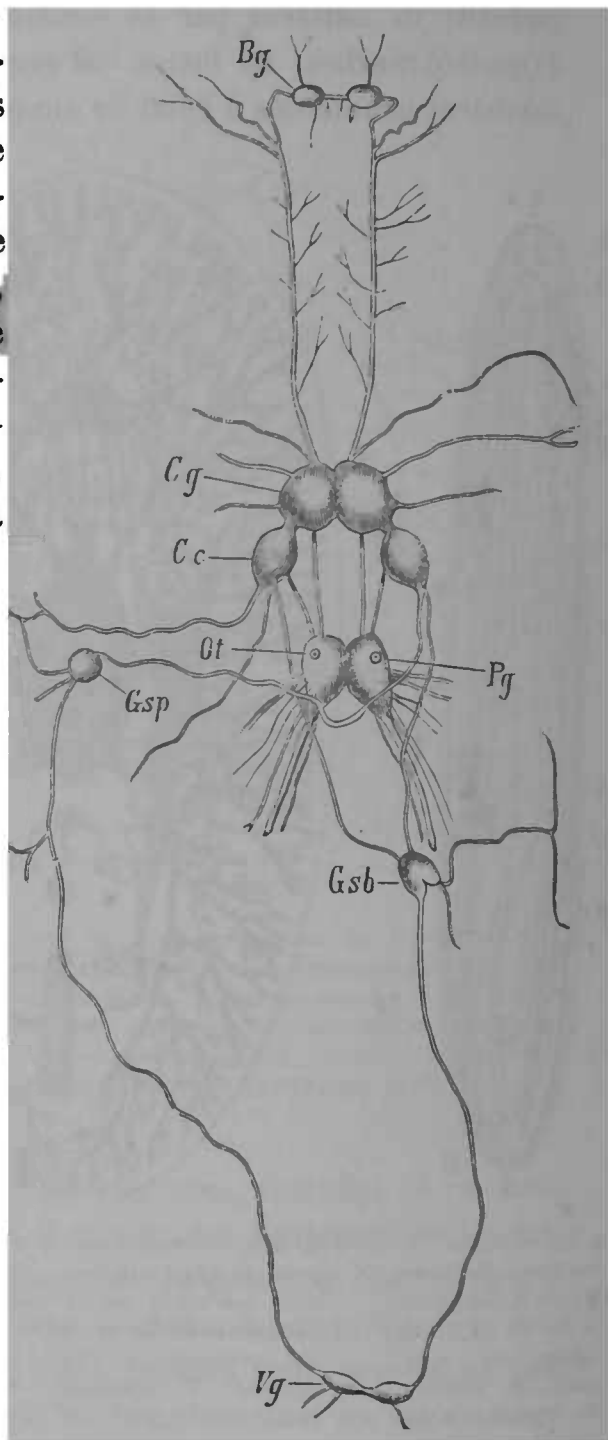


Fig. 216. — Système nerveux de *Cassidaria* (d'après B. Haller). — *Cg*, ganglion cérébral; *Pg*, ganglion pédieux; *Plg*, ganglion pleural; *Bg*, ganglion buccal (stomato-gastrique); *Gsp*, ganglion sus-intestinal; *Gsb*, ganglion sous-intestinal; *Vg*, ganglion viscéral; *Ot*, otocyste.

pas de collier œsophagien; tout le système nerveux central est placé d'un même côté du tube digestif. Il est même contenu dans une cavité spéciale, séparée de la cavité générale par une cloison longitudinale, soutenue par une corde solide, la *corde dorsale*, à laquelle se substituent plus tard les corps des vertèbres. Tandis que chez les autres animaux segmentés la chaîne ganglionnaire est située du côté ventral, *tout le système nerveux des Vertébrés est situé du côté dorsal*. On a voulu voir dans ce fait et dans l'absence de collier nerveux, une différence fondamentale

entre les Vertébrés et le reste du Règne animal; mais les naturalistes ont institué,

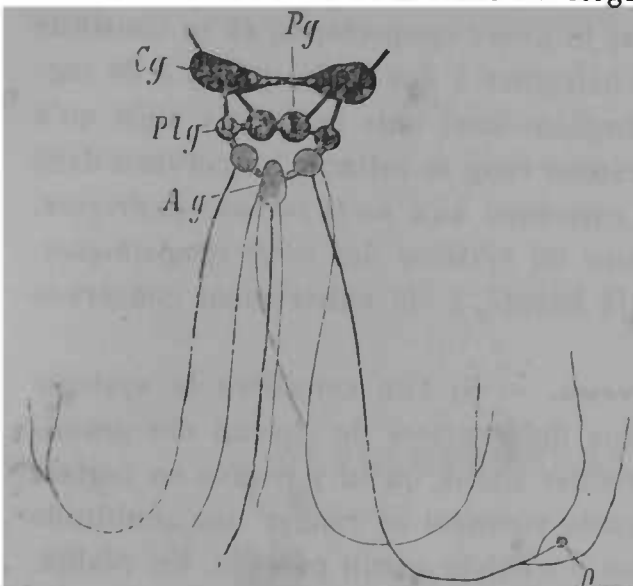


Fig. 217. — Système nerveux de *Limnée* (schéma, d'après de Lacaze-Duthiers). — Cg, ganglion cérébral; Pg, ganglion pédieux; Plg, ganglion pleural; Ag, ganglion abdominal avec le ganglion sus-intestinal à droite et le ganglion sous-intestinal à gauche; O, ganglion olfactif.

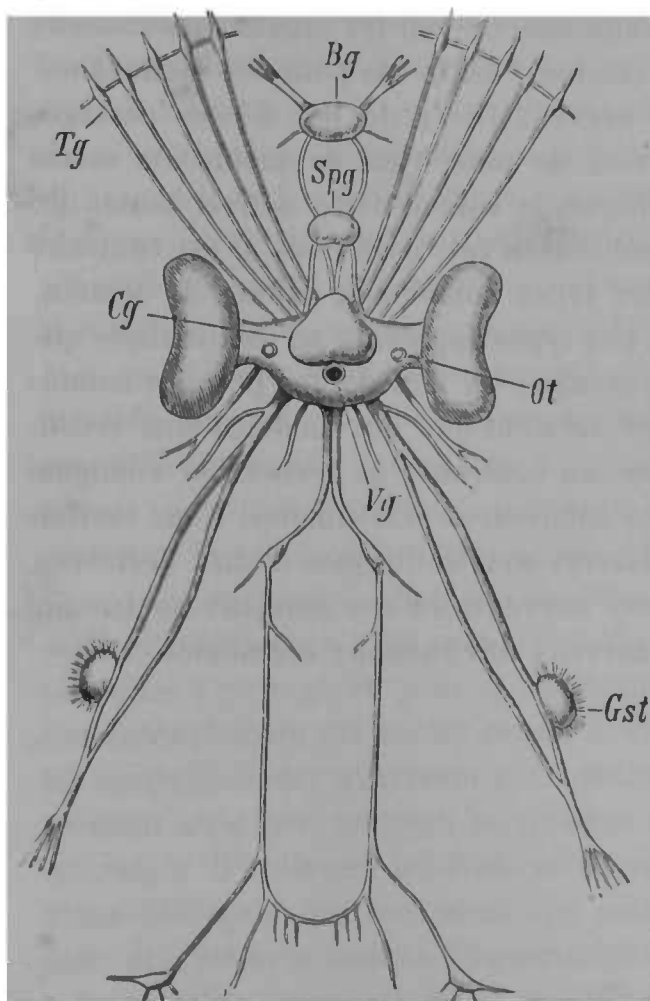


Fig. 218. — Système nerveux de *Sepia officinalis* (d'après Chéron). — Cg, ganglion cérébral; Vg, ganglion viscéral; Bq, ganglion buccal (stomato-gastrique); Spq, ganglion sus-pharyngien; Tq, ganglion des bras; Gst, ganglion étoilé; Ol, otoeystes.

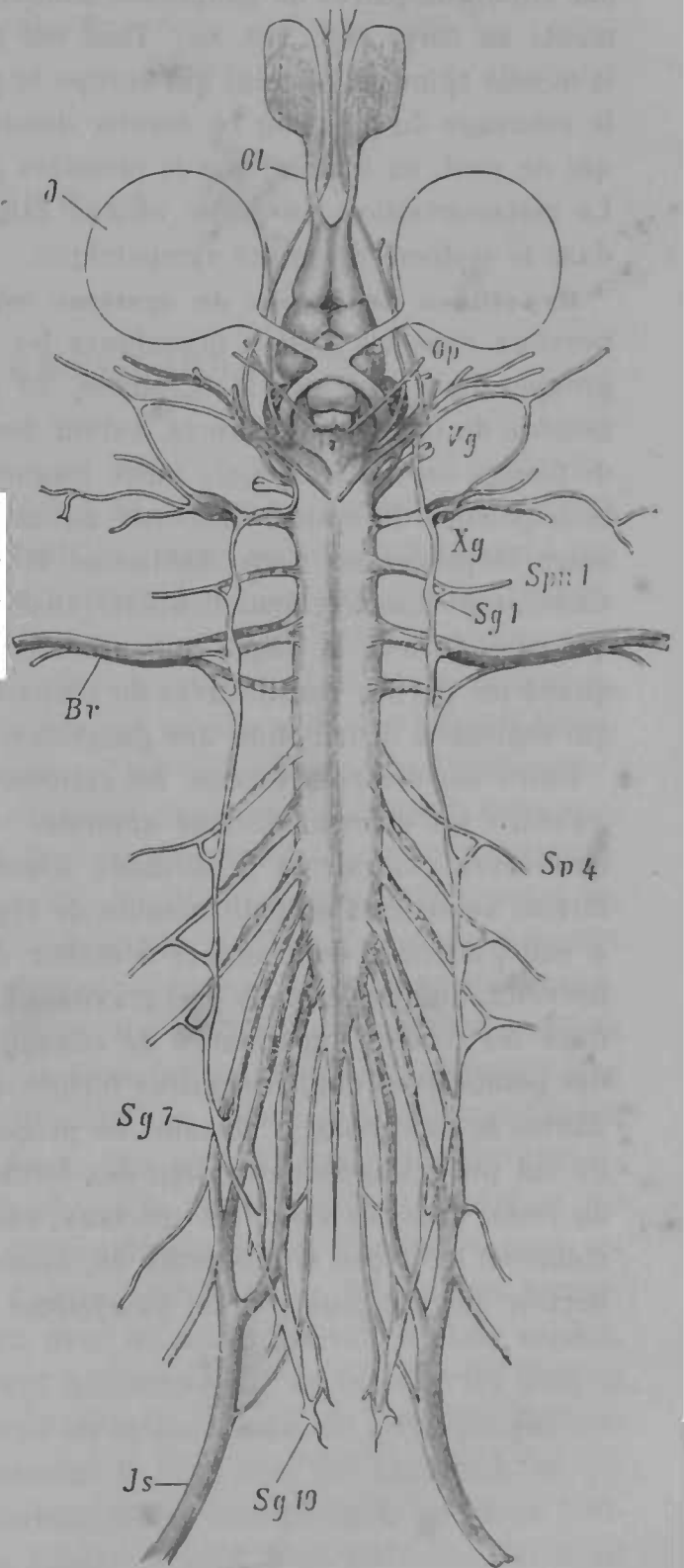


Fig. 219. — Système nerveux de Grenouille (d'après Ecker). — Ol, nerf olfactif; O, œil; Op, nerf optique; Vg, ganglion de Gasser; Zg, ganglion du pneumogastrique; Sp1, premier nerf rachidien; Br, nerf brachial; Sg1-Sg10, les 10 ganglions du cordon sympathique; Js, nerf sciatique.

depuis peu, pour découvrir l'origine de cette différence, de nombreuses recherches qui n'ont pas été sans résultat.

Il existe chez les Vertébrés, comme chez les autres Néphridiés, un système nerveux viscéral. Ce système est représenté par le *grand sympathique*, et se constitue par autant de paires de ganglions, donnant naissance à des nerfs, qu'il y a de segments au corps (fig. 219, *Sg*). Tous ces ganglions sont unis entre eux ainsi qu'à la moelle épinière, et celui qui occupe le premier rang se rattache au cerveau dans le voisinage du point où ce dernier donne naissance aux *nerfs pneumo-gastriques*, qui ne sont, en somme, que la première paire du système des *nerfs sympathiques*. La métamérisation, en partie effacée dans la moelle, a été entièrement conservée dans le système du grand sympathique.

Hypothèse des types de système nerveux. — Si l'on considère le système nerveux dans les formes organiques les plus différenciées de chacun des grands groupes du Règne animal, il semble, au premier abord, qu'on y trouve un certain nombre de types très distincts, autour desquels viennent se ranger une multitude de formes secondaires, mais entre lesquelles il n'existe aucun passage. En réalité, la disposition du système nerveux ne fait que reproduire celle des parties du corps entre lesquelles les nerfs établissent des rapports. Quand ces parties, mérides ou zoïdes, sont complètement distinctes, chacune d'elles a ses centres nerveux spéciaux, qui reproduisent la disposition arborescente, radiaire ou segmentaire du corps; quand les parties constitutives du corps s'effacent, ce sont les organes volumineux qui règlent la distribution des ganglions, comme c'est le cas pour les Mollusques.

Entre les diverses formes de système nerveux, il existe les mêmes passages qu'entre les diverses formes animales : rien de plus, rien de moins. De même qu'il serait contraire à la méthode scientifique de vouloir faire dériver toutes les formes animales d'un petit nombre de types complexes, préformés, il est contraire à cette méthode de chercher à établir des types complexes, définis, de système nerveux, autour desquels tout graviterait. Ces types apparents ne sont réalisés que dans les formes supérieures de chaque groupe; au lieu de les prendre comme des points fixes dont les autres formes ne seraient que des modifications secondaires, la morphologie actuelle se propose, au contraire, de rechercher comment ils ont pu graduellement sortir des formes antérieures plus simples. Nous verrons du reste, dans les chapitres spéciaux, consacrés aux Mollusques et aux Vertébrés, comment les types si différents du système nerveux de ces animaux se laissent dériver du type plus général du système nerveux des animaux segmentés.

CHAPITRE IV

DÉVELOPPEMENT EMBRYOGÉNIQUE ¹

Définition. — Tout être vivant a pour point de départ un plastide unique que les botanistes appellent l'*oosphère*, les zoologistes l'*ovule*, quand il est encore à son état primitif de simplicité, l'*œuf* quand il est arrivé à son état complet de développement. Cet état comporte souvent, nous l'avons vu p. 112, l'addition à l'ovule de parties accessoires, les unes destinées à nourrir le jeune animal en voie de formation, les autres destinées à protéger l'œuf ou le produit de son évolution jusqu'à l'éclosion. Il est rare que les œufs puissent se développer directement, et ce phénomène, constituant la *parthénogenèse*, est surtout fréquent pour les œufs dont la formation résulte de la fusion de plusieurs éléments anatomiques (TRÉMATODES, TURBELLARIÉS, INSECTES). D'ordinaire l'œuf ne commence son évolution qu'après s'être uni à un élément plus petit et mobile, le *spermatozoïde*, tandis qu'il est lui-même immobile et relativement volumineux. L'union de ces deux éléments constitue la *fécondation*. Bien que l'ovule et le spermatozoïde puissent être produits par un seul et même individu, qui est dit alors *hermaphrodite*, la fécondation ne semble atteindre tout son effet utile que lorsqu'elle s'accomplit entre un ovule et un spermatozoïde formés sur deux individus différents. Aussi très peu d'hermaphrodites sont-ils capables de se féconder eux-mêmes. On cite, à la vérité, les Trématodes et les Cestoïdes; mais déjà, chez les Cestoïdes, l'accouplement a lieu d'ordinaire entre les segments différents d'un même ruban; d'autre part, tous les Mollusques hermaphrodites s'accouplent, pour se reproduire, avec un autre individu de leur espèce. Cet accouplement est même rendu souvent nécessaire par le fait que les œufs et les spermatozoïdes n'arrivent pas à maturité en même temps, de sorte que l'accouplement n'est pas toujours réciproque comme il l'est chez les LIMNEIDÆ ou les APLYSIDÆ. D'ordinaire les œufs et les spermatozoïdes sont produits par deux individus différents, qui sont ainsi l'un *mâle*, l'autre *femelle*. D'où les noms d'élément mâle et d'élément femelle fréquemment donnés au *spermatozoïde* et à l'*œuf*.

Le développement de l'œuf qui suit la fécondation consiste essentiellement en une formation plus ou moins rapide d'éléments anatomiques nouveaux résultant de la division répétée de l'œuf. Ces éléments se différencient et se groupent de

¹ Consulter : F.-M. BALFOUR, *Traité d'Embryogénie et d'Organogénie comparées*, trad. française par H. Robin et F. Mocquard. — A. KÖLLIKER, *Embryologie*, trad. française par Aime Schneider.

manière à constituer un corps dont les parties demeurent toutes unies ensemble, ou sont capables de se dissocier, de vivre isolément, et de former ainsi plusieurs organismes distincts. On a souvent confondu cette *dissociation du corps* avec la reproduction proprement dite qui a l'œuf pour point de départ; nous en avons indiqué les principaux traits p. 47 et suivantes; nous avons fait ressortir la similitude des phénomènes de ramification du corps, de métamérisation ou segmentation, et de bourgeonnement; nous avons établi l'identité de ce qu'on nomme habituellement une *colonie* et d'un *organisme* ordinaire; nous avons montré que la dissociation des parties formées par bourgeonnement distingue seule les phénomènes de scissiparité, de gemmiparité, et, en partie, de génération alternante, des phénomènes d'accroissement du nombre des segments du corps et de différenciation de ces segments, qu'on observe dans le développement des organismes complexes; ce sont des accidents du développement, rendus possibles par l'indépendance des éléments anatomiques, et nullement des phénomènes nouveaux. Dans l'histoire du développement embryogénique, nous aurons à faire fréquemment appel à ces principes, qui nous permettront de présenter sous une forme simple l'ensemble des phénomènes ontogéniques.

Il résulte déjà de ce qui précède que nous n'avons pas à distinguer un *mode sexué* de reproduction et un *mode asexué*. Le prétendu mode asexué, sauf les cas de parthénogenèse, n'est qu'une dissociation du corps; il n'existe qu'un mode de reproduction dont l'étude commence à la fécondation, et n'est achevée que lorsque l'œuf a produit un organisme semblable à celui duquel il s'est détaché. Les phénomènes qui se succèdent dans cet intervalle constituent l'*ontogénie* de l'animal. Le mot *embryogénie* qu'on emploie fréquemment dans le même sens devrait avoir une signification plus restreinte; il devrait s'entendre exclusivement de la partie des phénomènes ontogéniques qui s'accomplissent soit dans l'intérieur du corps de la mère, soit avant l'éclosion du jeune.

La dissociation du corps qui se produit au cours du développement de nombreux animaux inférieurs (SPONGIAIRES, POLYPPES, certains STELLÉRIDES et OPHIURIDES; certains SYLLIDIENS et SERPULIENS, NAÏDIENS parmi les Vers annelés; divers TRÉMATODES, CESTOÏDES, un assez grand nombre de TURBELLARIÉS rhabdocèles; divers TUNICIERS) peut aussi se produire pour les éléments anatomiques. L'animal n'est alors constitué que d'un seul plastide; c'est ce qui caractérise les Protozoaires. Il semblerait qu'une telle dissociation dût exclure toute différenciation sexuelle. C'est cependant chez les Protozoaires que cette différenciation commence. On croit généralement que les Rhizopodes se multiplient par une division indéfiniment répétée de leur corps, division qui peut être modifiée dans le détail, mais que ne complique aucun phénomène important. Très souvent cependant deux ou plusieurs Rhizopodes se fusionnent, et la masse résultante commence ensuite à se diviser pour produire de nouveaux individus. On donne à ce phénomène de fusion le nom de *conjugaison*. Dans l'embranchement des Infusoires la conjugaison devient un phénomène nécessaire à la continuation de la reproduction par division; elle est accompagnée de la résorption des anciens noyaux, de l'échange entre les deux individus conjugués d'une partie des anciens nucléoles et de la fusion des parties de nucléoles échangées avec celles qui sont demeurées en place, pour reconstituer un nouveau noyau. Il arrive même que des deux individus qui se conjuguent l'un

est petit et mobile, l'autre, plus gros, demeurant en place (VORTICELLIDÆ); le petit individu mobile peut être considéré comme jouant le rôle d'élément mâle, l'autre celui d'élément femelle. A la fin de la conjugaison, un Protozoaire est l'équivalent d'un œuf; les nouveaux individus qu'il produit par division correspondent aux éléments anatomiques constituant un organisme, et, comme il arrive le plus souvent pour ces derniers, leur multiplication s'arrête à un certain moment, si le mélange de deux éléments ne vient imprimer à la reproduction par division une impulsion nouvelle (Maupas). La conjugaison ainsi réalisée correspond à l'union du spermatozoïde et de l'œuf, c'est-à-dire à la fécondation.

Le spermatozoïde. — L'homologie fréquemment évidente de l'ovaire et du testicule, le fait que des ovules et des spermatozoïdes peuvent se développer côte à côte dans la même glande, rendent fort probable que les deux sortes d'éléments sexués présentent entre eux certains rapports de formation. Il semble, en effet, qu'au point de vue de l'origine, ils diffèrent seulement comme les microspores et les macrospores de certains Cryptogames vasculaires, en ce que la division des éléments qui produisent les éléments génitaux proprement dits est poussée plus loin quand il s'agit d'un spermatozoïde que lorsqu'il s'agit d'un ovule. Il semble d'autre part que, lors de sa formation, le spermatozoïde s'allège autant que possible, tandis que l'ovule se charge de matières nutritives et d'enveloppes protectrices. L'œuf ainsi formé est presque toujours visible à l'œil nu; il atteint parfois des proportions considérables (REPTILES, OISEAUX); il est ordinairement tout à fait immobile. Le spermatozoïde demeure, au contraire, microscopique; il se réduit à un noyau, accompagné d'une très faible quantité de protoplasme employée souvent à constituer un appendice propre à lui communiquer d'énergiques mouvements.

La division de la *cellule mère des spermatozoïdes*, *spermatogonie* ou *spermatospore* que Robin désignait sous le nom d'*ovule mdle*, et la transformation en spermatozoïdes des éléments résultant de sa division, peuvent s'accomplir suivant des modes différents. Cette cellule, équivalente, en effet, à celles qui se transforment en œuf chez les femelles, se divise en totalité, dans les cas les plus simples (ÉPONGES, HYDRAIRES), de manière à produire une masse framboisée ou *morula spermatique*, dont les nombreux éléments se transforment chacun en un spermatozoïde.

Les spermatogonies se disposent en colonnes ou en cylindres creux chez les Échinodermes (*Antedon*, *Cucumaria*) et, après un petit nombre de divisions, se transforment en spermatozoïdes indépendants les uns des autres. Chez la plupart des Lombriciens, sinon chez tous (*Nais*, *Dero*, fig. 220, n^{os} 1 à 5, *Clitellio*, *Pontodrilus*, fig. 220, n^o 6, *Lumbricus*), des Hirudinées, des Mollusques, le noyau de la spermatogonie subit une division indirecte; une petite masse de cytosarque se condense autour de chaque fragment du noyau primitif, et il se constitue ainsi des plastides qui peuvent se disposer en une seule couche ou en une sphère pleine. Dans le premier cas, les cellules s'allongent en demeurant unies par leur extrémité centrale, tandis que leur extrémité périphérique qui contient un fragment du noyau se transforme en spermatozoïde; les spermatozoïdes mûrs demeurent attachés à une masse sphéroïdale, le *cytophore*, résultant de la fusion des parties centrales non modifiées. Dans le second cas, les cellules périphériques seules se transforment en spermatozoïdes, les cellules centrales se fusionnent pour constituer un cytophore nucléé (*Clitellio*), ou disparaissent complètement (*Triopa*). Chez les Vertébrés, il existe entre les

ovules mâles ou spermatogonies, des cellules inertes, les *cellules folliculaires* qui forment aux ovules une enveloppe plus ou moins complète. Les spermatogonies se

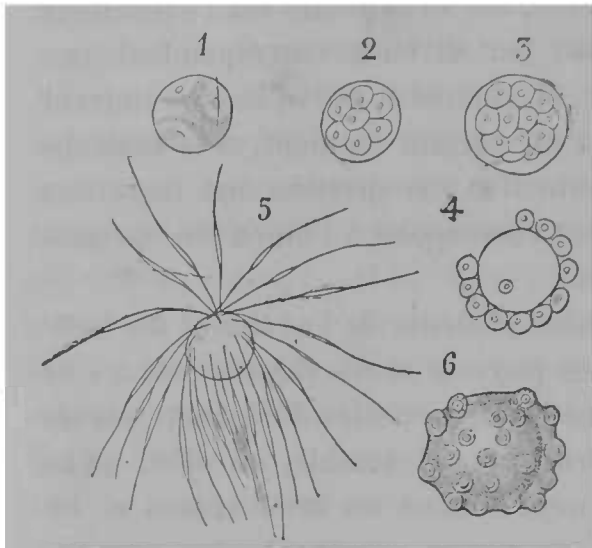


Fig. 220. — 1, 2, 3, phases de division de la spermatogonie chez la *Dero obtusa*; 4, spermatocytes attachés au cytophore; 5, cytophore portant les spermatozoïdes développés; 6, phase de formation des spermatocytes chez le *Ponedrilus Marionis* (E. Perrier).

divisent comme chez les Invertébrés, pour former des *spermatogemmes*, qui dissocient les cellules folliculaires (SÉLACIENS) ou en demeurent enveloppées (BATRACIENS). Dans le premier cas l'une des cellules folliculaires passe à la base de chaque spermatogemme et devient la *cellule de soutien*, tandis que dans l'axe de la spermatogemme, formée de 64 à 65 cellules, se creuse une cavité dans laquelle seront contenues les queues des spermatozoïdes en voie de développement. Dans le second cas, les cellules du follicule finissent par se fusionner pour former entre les spermatogemmes des cloisons sur lesquelles les spermatozoïdes sont fixés. Chez les Mammifères, l'évolution des ovules mâles est un peu plus complexe. Chaque ovule se

divise tout d'abord, en effet, en un élément momentanément inactif et un second

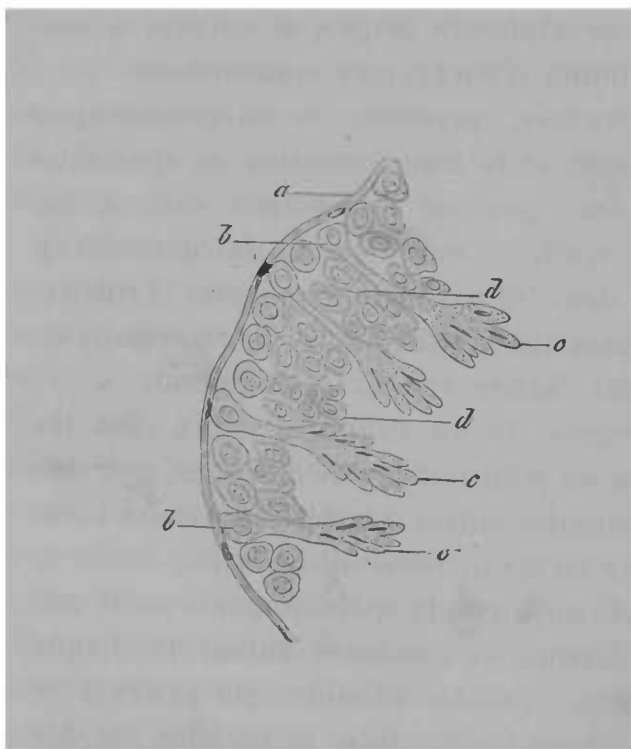


Fig. 221. — Coupe transversale d'un canalicule séminifère du Rat. — *a*, paroi avec des noyaux cellulaires; *b*, cellules de soutien supportant une spermatogemme; *c*, dont les spermatocytes contiennent des corpuscules petits, étroits, ressemblant à des noyaux; *d*, cellules folliculaires (d'après Frey).

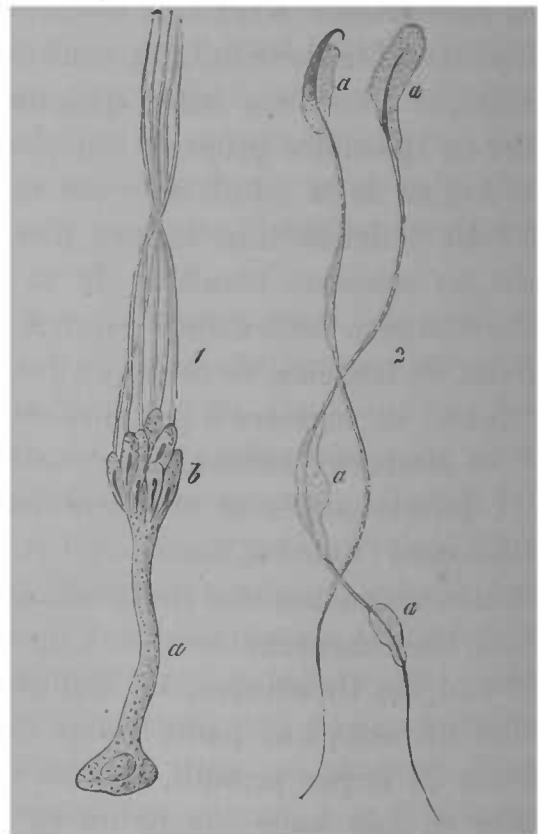


Fig. 222. — Développement des spermatozoïdes du Rat. — 1, spermatoblaste *a* avec ses têtes *b* et ses filaments *c*; 2, spermatozoïdes arrivés à leur développement presque complet, et accompagnés de restes de protoplasme *a* (d'après Frey).

élément qui seul se transforme en spermatogemme. Chaque spermatogemme est en contact avec une cellule de soutien à laquelle les spermatocytes en voie de déve-

loppement ne tardent pas à se souder de manière à ne former qu'un seul corps, le *spermatoblaste* de van Ebner (fig. 221, *b*, *c*, et 222, n° 1). Entre les spermatoblastes sont accumulés les éléments inactifs, prêts à reprendre leur évolution dès que les spermatogemmes voisines auront été épuisées. Les spermatocytes demeurent fixés au sommet de la cellule de soutien, qui joue le rôle de cytophore, jusqu'à leur complète transformation en spermatozoïdes; ils se détachent alors, et deviennent indépendants les uns des autres.

Il paraît certain que la chromatine des spermatocytes s'isole peu à peu du reste du noyau pour former, à elle seule, la tête des spermatozoïdes, encore est-elle quelquefois en partie inutilisée¹.

La forme des spermatozoïdes est variable, mais sans s'éloigner cependant beaucoup de deux types essentiels (fig. 223). Chez les Phytozoaires et les Néphridiés les spermatozoïdes ont une *tête* immobile et une *queue*, le flagellum vibrant. Chez les Arthropodes et les Nématoïdes, qui s'en rapprochent à divers point de vue, les spermatozoïdes ne présentent pas une différenciation en tête et en queue; ils sont très souvent immobiles ou n'effectuent que des mouvements amiboïdes (CRUSTACÉS).

Dans les deux cas, on observe, en outre, quelques modifications de détail. La tête des spermatozoïdes mobiles est ordinairement ovoïde (fig. 223, *a*, *g*); elle a la forme d'une toupie chez diverses Annélides marines (*Polygordius*), d'un filament allongé, droit chez les Grenouilles (fig. 223, *f*), contourné en hélice chez les Poissons plagiostomes (fig. 223, *d*) et les Oiseaux (?); elle est indistincte chez les Oligochètes,

dont les spermatozoïdes sont fusiformes. La queue chez les Batraciens urodèles (fig. 223, *e*) et pérennibranches, ainsi que chez divers Reptiles et Mammifères, est munie d'une membrane ondulante qui s'enroule en hélice autour d'elle et s'étend sur toute sa longueur. Quelquefois, la queue se renfle en une sorte de segment piriforme avant de s'attacher à la tête (*Amphioxus*).

Les spermatozoïdes des Insectes ont la forme de filaments fusiformes; mais ils

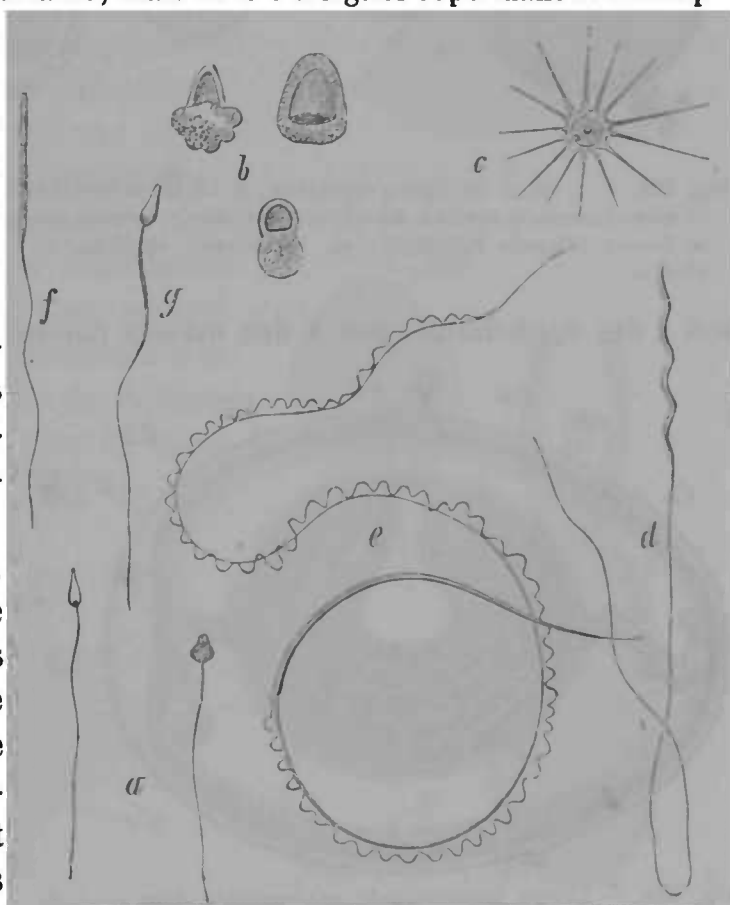


Fig. 223. — Spermatozoïdes : *a*, des Méduses; *b*, de l'Ascaride lombricoïde; *c*, d'un Crabe; *d*, de la Torpille; *e*, de la Salamandre (avec une membrane ondulante); *f*, de la Grenouille; *g*, d'un Cercopithèque.

¹ Consulter, outre l'*Embryogénie comparée* de BALFOUR : BLOOMFIELD : *On the development of the Spermatozoa*. Quarterly Journal of Microscopical Science, 1880-1881. — SABATIER : *La Spermatogénèse chez les Annélides et les Vertébrés*. Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1882, page 1097. — JENSEN : *Recherches sur la spermatogénèse*. Archives de Biologie de van Beneden, t. IV, 1883. — SWAEN ET MASKELIN : *Etude sur la spermatogénèse*. ibid.

ont un tout autre aspect chez les Crustacés : ceux des Squilles sont sphériques; ceux des Écrevisses (fig. 223, e) et autres Décapodes produisent sur leur pourtour des prolongements rayonnants. Ils demeurent courts chez les Nématoïdes, où ils peuvent être ovoïdes, cylindriques, piriformes, triangulaires ou en forme de navette, et où ils présentent toujours un corpuscule accessoire brillant (fig. 223, a).

L'œuf. — Les ovules ne sont autre chose que de véritables cellules appartenant

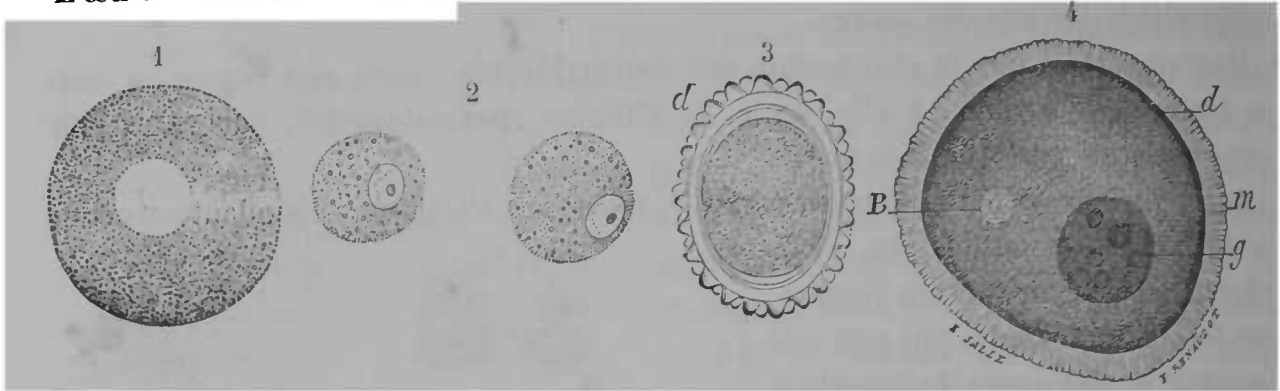


Fig. 224. — 1, OEuf du *Sycon raphanus*; 2, OEufs primordiaux de Méduse; 3, OEuf d'*Ascaris lumbricoides* (d'après Leuckart) avec sa membrane extérieure formée de sphérules transparentes. — 4, OEuf ovarien de la Souris (d'après Ranvier) : *m.* membrane vitelline, *d.* vitellus; *g.* vésicule germinative; *B.* noyau vitellin.

soit à des épithéliums, soit à des masses parenchymateuses, revêtues elles-mêmes

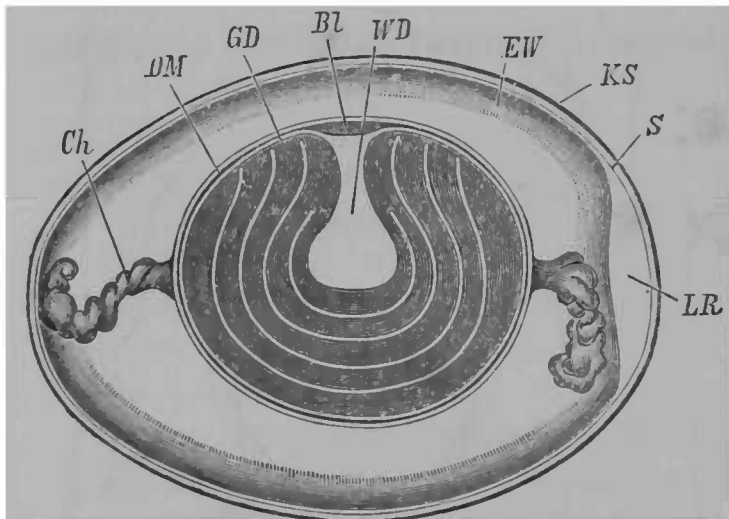


Fig. 225. — Coupe longitudinale schématique d'un œuf de Poule non couvé (d'après Allen Thompson et Balfour). — *BL.* cicatrice; *GD.* vitellus jaune; *WD.* vitellus blanc; *DM.* membrane vitelline; *EW.* albumine ou blanc de l'œuf; *Ch.* chalazae; *S.* membrane coquillière; *LR.* chambre à air entre les deux feuillets de la membrane coquillière; *KS.* coquille calcaire.

ou non d'une enveloppe cellulaire d'origine différente, masses qui constituent les ovaires. Les cellules ovulaires (fig. 224) se différencient de leurs voisines par leur accroissement rapide. On admet d'ordinaire que leur cytoplasme, plus ou moins bourré de corpuscules nutritifs, devient le *vitellus* de l'œuf; leur noyau agrandi devient la *vésicule germinative* ou *vésicule de Purkinje*; leur nucléole, la *tache germinative* ou *tache de Wagner*. Il est à remarquer toutefois que dans l'ovule mûr la chromatine a complètement abandonné toutes les parties de la vésicule germinative pour

se concentrer dans la tache germinative, qui dès lors ne serait pas à un véritable nucléole, mais correspondrait au réseau chromatique des noyaux ordinaires.

Les cellules qui entourent l'ovule et qui ne sont pas absorbées par sa nutrition forment souvent autour de lui une enveloppe que l'on appelle le *follicule*, et qui forme le *chorion* lorsqu'elle se conserve jusqu'à la maturité de l'œuf (INSECTES, VERTÉBRÉS). En outre, le cytoplasme peut produire autour de lui une enveloppe, la *membrane vitelline*. La membrane vitelline paraît parfois homogène (*Hippopodius gleba*, *Geryonia* et autres HYDROÏDES, CTÉNOPHORES). Le plus souvent elle est perforée de fins et nombreux canaux rayonnants, dans lesquels s'engagent de délicats prolongements du cytoplasme (ECHINODERMES, GÉPHYRIENS, POISSONS OSSEUX). On lui

donne alors le nom de *zona radiata*. Quelquefois ces canaux ne traversent pas toute l'épaisseur de la membrane, qui se divise alors en une *zona radiata* et une membrane vitelline d'apparence homogène (Siponcles, VERTÉBRÉS, fig. 224, n° 4). Chez les Eponges, beaucoup de Polypes, les Gastéropodes, un assez grand nombre de Platyhelminthes, l'œuf est dépourvu de toutes ces enveloppes (fig. 224, nos 1 et 2). Il peut exécuter pendant longtemps des mouvements amiboïdes, dans les deux premiers groupes; dans les deux autres, il s'entoure de sécrétions produites par des glandes spéciales (*glande de l'albumen* des Gastéropodes, *glande coquillière* des Platyhelminthes). Des *enveloppes secondaires* semblables peuvent se superposer à une double enveloppe vitelline et à un chorion; c'est ce qui a lieu pour les gros œufs des Plagiostomes, des Reptiles et des Oiseaux, qui sont enfermés dans une capsule de consistance membraneuse ou dans une coque calcaire. Les dimensions relativement énormes de ces œufs sont dues au développement de très nombreuses sphérules vitellines qui contribuent d'abord à former le blanc de l'œuf, mais passent peu à peu dans le jaune pour servir ensuite à la nutrition de l'embryon. Au voisinage de la vésicule germinative, une petite quantité de cyto-

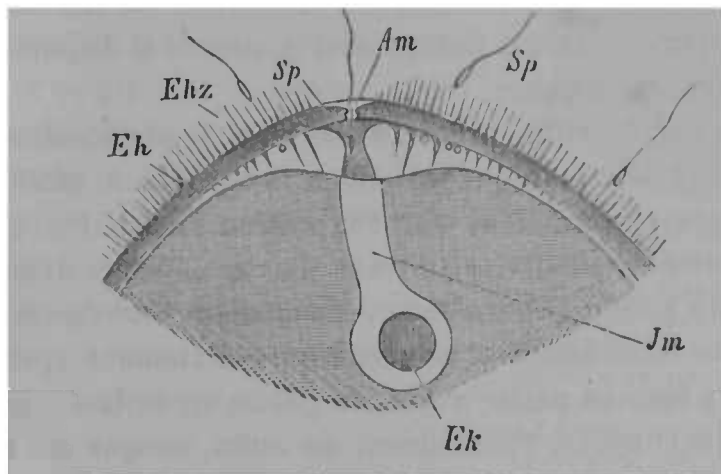


Fig. 226. — Portion supérieure d'un œuf de *Petromyzon* montrant le micropyle dans lequel pénètre un spermatozoïde. — *Am*, micropyle; *Sp*, spermatozoïdes; *Jm*, canal spermatique; *Ek*, pronocléus femelle; *Eh*, enveloppe de l'œuf; *Ehz*, ses aspérités à l'extérieur (d'après Calberla).

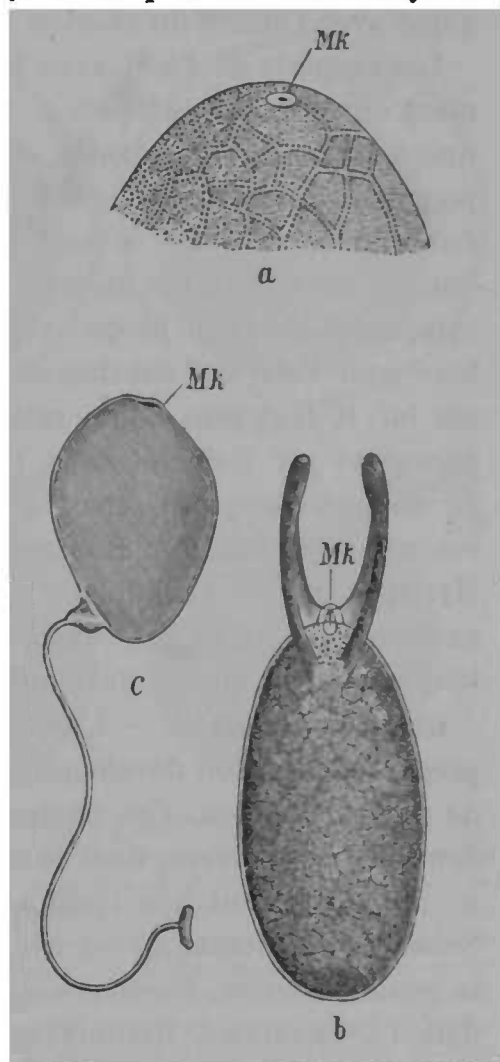


Fig. 227. — Micropyles (*Mk*) d'œufs d'insectes (d'après R. Leuckart). — *a*. Partie supérieure du chorion d'un *Anthomyia*. — *b*. Œuf de *Drosophila cellaris*. — *c*. Œuf pédonculé de *Paniscus testaceus*.

plasme demeure dépourvue de sphérules vitellines et constitue le *disque prolifère* ou *disque germinatif*, aussi nommé *cicatricule* (fig. 223). Il n'est pas toujours facile d'établir la limite de séparation entre ce disque germinatif et le reste du *vitellus*.

Le chorion, la membrane vitelline et la *zona radiata* sont souvent perforés par un ou plusieurs orifices d'origine fort différente, que l'on nomme *micropyles*. Chez les Holothurides, diverses Annélides (*Aphrodite*, *Polynoe*), les Lamellibranches, les œufs sont entourés d'une enveloppe pédonculée. Leur pédoncule est creux; quand il se rompt, il reste à sa place un orifice qui est le micropyle. Le micropyle des œufs d'Insectes (fig. 227) a une origine toute différente; c'est une simple

perforation du chorion, située au pôle supérieur de l'œuf. Le micropyle des œufs nus de la Seiche est un orifice de la capsule qui s'est formée dans l'oviducte, autour des œufs dépourvus de membrane vitelline et de chorion. Dans l'œuf des Lamproies (fig. 226), il existe un micropyle traversant seulement la zone radiée qui est couverte d'aspérités; la membrane vitelline de l'œuf des Esturgeons présente de 5 à 13 micropyles; la zone transparente et la zone radiée sont toutes deux traversées par un micropyle chez les Salmonides, Clupéides et Percides. Ces orifices de la membrane vitelline de l'œuf des Vertébrés n'ont pas de rapport morphologique avec l'orifice du chorion de l'œuf des Insectes.

Les rapports de l'œuf avec les cellules germinatives qui l'avoisinent immédiatement ont été déjà indiqués p. 112 et suivantes. Tantôt ces cellules sont absorbées une à une par l'œuf, tantôt elles lui forment une enveloppe que l'œuf dissocie pour en absorber les éléments, ou qui persiste autour de lui, constituant ainsi le *follicule*. Le follicule devient plus tard ou produit le *chorion* (INSECTES); chez la Seiche, sur le follicule naissent de longs replis vascularisés, qui pénètrent dans le cytoplasme de l'œuf jusque vers son centre, et dont les cellules, après avoir élaboré pour l'œuf des substances nutritives, sont finalement dissociées et absorbées par lui. Il faut sans doute rattacher à un ordre de formations analogue le corps découvert par Balbiani dans l'œuf des Araignées et qu'il désigne sous le nom de *vésicule embryogène*, mais qu'il vaut mieux appeler, pour ne rien préjuger de son rôle, *corpuscule de Balbiani*. Un corpuscule analogue existe dans les œufs des Myriapodes, des Amphibiens et de quelques autres types (fig. 224, n° 4, B). Son existence ne paraît pas constante dans un même groupe zoologique, et il disparaît toujours avant que le développement commence.

Globules polaires. — L'œuf une fois constitué présente une série de phénomènes préparatoires à son développement, et dont la fréquence, sinon la constance, mérite de fixer l'attention. Ces phénomènes se terminent par l'expulsion successive de deux *globules polaires*, dont le premier se subdivise souvent. Ces globules peuvent se produire avant que l'œuf ait été pondu (*Hydra fusca*, *Toxopneustes variegatus*, *Salmo trutta*, OISEAUX), ou avant la fécondation et souvent immédiatement après la ponte (*Asterias*, *Pterotrachæa*), ou bien en partie avant, en partie après la fécondation (NÉMATODES, HIRUDINÉES, MOLLUSQUES, *Petromyzon*), ou enfin, ce qui est la règle, ne se manifester qu'après la fécondation. Chez les *Asterias*, ces phénomènes précèdent ou suivent la fécondation sans être influencés par elle; il est donc bien certain qu'ils en sont indépendants, et représentent une phase du développement même de l'œuf. Les Arthropodes et les Rotifères sont les seuls groupes zoologiques dans lesquels leur existence ait été mise en doute. Mais Flemming a observé des formations analogues dans les œufs de la *Lacinularia socialis*, Hoëk, puis Nussbaum dans ceux des Cirripèdes, Grobben dans les œufs d'été d'un Cladocère, la *Moina rectirostris*, Henneguy dans les œufs de l'*Asellus aquaticus*, Platner et Blochmann, dans ceux des Abeilles et des Pucerons (*Aphis aceris*). Les œufs parthénogénétiques se comportent, à cet égard, comme les autres. Il n'y a donc pas lieu de s'arrêter à cette supposition de Balfour que l'expulsion des globules polaires aurait pour but de prévenir la parthénogenèse.

Il se produit chez les Plantes elles-mêmes des formations analogues aux globules polaires des animaux; telles sont les deux *cellules de canal* primitives des arché-

gones des Muscinées et des Cryptogames vasculaires (Janckzewski), et peut-être les synergides du sac embryonnaire des Angiospermes (Maupas).

Dans les corpuscules des Conifères et des Gnétacées, il ne s'isole plus qu'une seule cellule de canal; l'autre, réduite à son noyau, est résorbée dans l'oosphère; c'est ce qui paraît arriver pour toutes les deux chez les Cycadées. Le même fait se produit dans les œufs de certains Insectes (*Musca vomitoria*, *Liparis dispar*, *Formica*).

Là, la vésicule germinative subit deux bipartitions successives, donnant naissance à quatre noyaux équivalents, dont trois se portent à la périphérie de l'œuf et se fusionnent en une seule masse qui se désagrège, tandis que le quatrième persiste au centre de l'œuf pour prendre part à la fécondation, à titre de *pronucléus femelle*. Nous sommes ainsi conduits à des phénomènes identiques à ceux qu'on observe chez les Infusoires ciliés durant la conjugaison. Dans ce cas, qui est probablement le primitif, tandis que les anciens noyaux se résorbent, les *micronucléus* (prétendus *nucléoles*) grandissent, et se divisent en quatre corps nucléaires, dont un seul persiste et fournit, en se dédoublant, le *pronucléus mâle* qui sera échangé, et le *pronucléus femelle* qui reconstituera, avec le nouveau venu, l'appareil nucléaire primitif (Maupas).

Lorsque l'œuf est arrivé à maturité, la membrane qui semblait limiter la vésicule germinative disparaît et le

contour de cette vésicule devient irrégulier. Ce phénomène est dû simplement à ce que le réseau de filaments achromatiques qui constituait cette membrane se relâche et se résout en une multitude de granulations reliées entre elles par de très grêles filaments (*microsomes* et *nucléofils*, d'Ed. van Beneden). Ce nouveau réseau ne diffère en rien du réseau cytoplasmique avec lequel il se continue, ce qui donne à penser que les substances qui entrent dans la constitution du noyau pourraient bien n'être pas essentiellement différentes des substances correspondantes du cytoplasme.

À la place de la vésicule germinative, il se constitue, à l'aide des éléments chromatiques de cette vésicule et des filaments achromatiques du cytoplasme, une figure identique aux figures ordinaires de la karyokinèse (fig. 228), et dont la

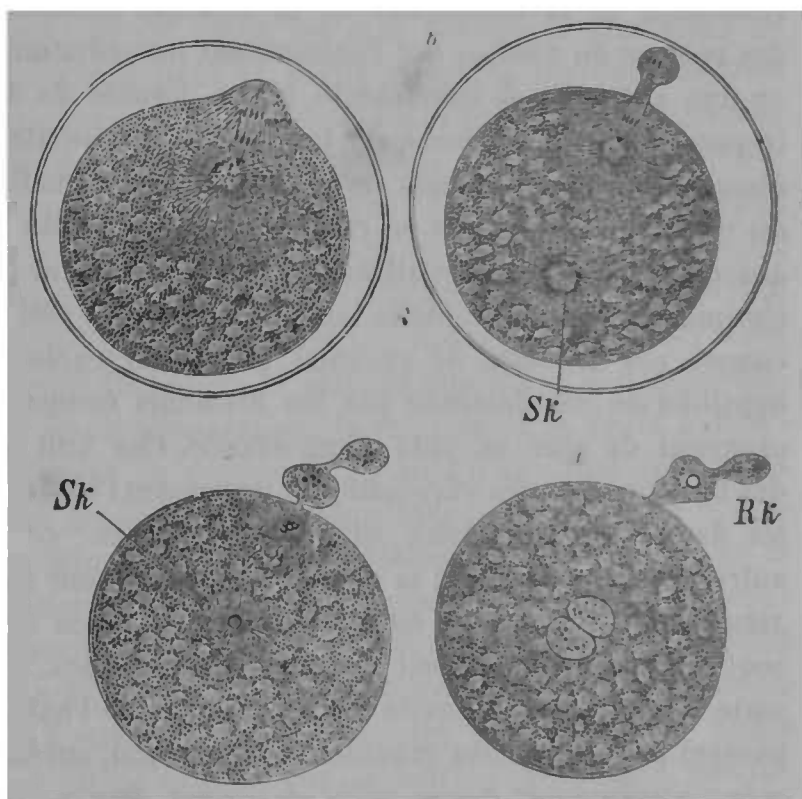


Fig. 228. — Œuf de *Nephelis*, d'après O. Hertwig. — *a*, L'œuf une demi-heure après la ponte. Le protoplasma se souleve en un point de sa périphérie pour former le premier globule polaire. Le fuseau nucléaire (figure hypsiliforme) est apparu. — *b*, Le même œuf une heure après. Une figure étoilée s'est montrée autour d'un spermatozoïde *Sk*, qui a pénétré dans le protoplasma; le premier globule polaire est au moment d'être expulsé. — *c*, Le même œuf dépourvu de membrane d'enveloppe, deux heures après. Dans son intérieur se trouve le pronucléus mâle *Sk*, et le second globule polaire est prêt à se détacher. — *d*, Le même œuf trois heures après. Le pronucléus mâle et le pronucléus femelle se sont rencontrés. *Rk*, globule polaire.

constitution a été étudiée avec grand soin chez l'*Ascaris megalcephala*, par Ed. van Beneden, qui lui croyait des caractères spéciaux et la désignait sous le nom de *figure hypsiliforme*¹.

D'après ce savant, la tache germinative de l'œuf de l'*Ascaris megalcephala* est constituée dans l'œuf mûr par huit granules chromatiques, disposés symétriquement en deux disques contenant chacun quatre granules; elle est contenue dans une sorte de sphère claire, homogène, l'*hyalosome*, que traversent huit filaments achromatiques, issus respectivement de chacun des granules chromatiques. Au moment de la résolution de la membrane de la vésicule germinative, les gouttelettes hyalines des régions du vitellus qui l'entouraient immédiatement, se fusionnent elles-mêmes en une autre masse sphéroïdale, claire, formée de deux lobes sensiblement symétriques, qui occupe à peu près la place de la vésicule primitive. En même temps, les filaments hyaloplasmiques de la vésicule germinative et des parties avoisinantes du vitellus, se disposent en rayons convergents, de manière à former deux *asters*, autour de deux pôles d'attraction symétriquement placés par rapport à la plaque chromatique que présente la tache germinative. Ces pôles d'attraction sont occupés chacun par un amas de granules provenant exclusivement du vitellus. La figure hypsiliforme est dessinée par les filaments compris entre ces deux pôles, et qui prennent de plus en plus d'importance. Ces huit filaments issus respectivement des huit corpuscules chromatiques traversent l'*hyalosome* pour venir se perdre dans les deux axes granuleux situés à sa surface; ce sont les filaments axiaux; les autres se réfléchissent à la surface du *hyalosome* ou même du corps sphéroïdal et viennent s'entre-croiser au voisinage du plan de symétrie de chaque côté duquel sont déjà disposés les huit granules chromatiques. Ces filaments figurent ainsi une sorte de vase dans la cavité duquel serait placé l'*hyalosome* et dont la coupe optique, passant par les centres granuleux d'attraction, aurait la forme d'un Y, d'où le nom même attribué à la figure qu'ils dessinent. Peu à peu, par suite de la traction des filaments qui l'unissent à la surface du vitellus, la figure hypsiliforme se rapproche de la surface de l'œuf et ses deux branches obliques semblent s'aplatir contre cette surface, de manière à constituer finalement un fuseau strié dont les extrémités sont occupées par les centres granuleux d'attraction transformés en disques hyalins, et la région moyenne par l'*hyalosome* devenu lui-même discoïde et la double plaque chromatique. Cependant la branche verticale de l'Y a elle-même tourné de 90° autour de l'axe du fuseau de manière à devenir, elle aussi, superficielle et à se placer perpendiculaire à cet axe; du côté opposé différencie un groupe de filaments protoplasmiques, de sorte que le fuseau, le pied de l'Y de la figure hypsiliforme et les filaments différenciés en dernier lieu dessinent à la surface de l'œuf une croix dont le centre est occupé par l'*hyalosome* et la double plaque chromatique. A ce moment, la forme de cette plaque s'est aussi modifiée: les quatre granules qui constituent chacune de ses moitiés se sont unis en un bâtonnet rectiligne, étranglé au milieu; l'*hyalosome* s'est lui-même divisé en deux moitiés correspondant à la ligne d'étranglement des deux bâtonnets. Finalement, la moitié la plus superficielle de l'*hyalosome* entraînant avec elle une moitié de chaque bâtonnet

¹ Voir, pour la formation des globules polaires et la fécondation, MAUPAS, *Le rajeunissement karyogamique chez les Infusoires ciliés* (Archives de Zoologie expérimentale, 1889), où sont résumés ou indiqués les mémoires parus jusqu'à ce jour sur ce sujet (p. 420 et 450).

fait hernie hors de l'œuf, et est expulsée, formant, peut-être avec une mince couche de vitellus, le premier globule polaire. Cependant le vitellus de l'œuf a lui-même exsudé une substance hyaline qui forme autour de lui la première couche périvitelline à la surface interne de laquelle le premier globule polaire vient se souder.

Les phénomènes préparatoires à l'expulsion du second globule polaire commencent immédiatement après l'expulsion du premier. Aux deux pôles opposés de la partie restante du hyalosome ou *deutohyalosome* situés sur un même rayon de l'œuf, se forment respectivement deux amas granuleux autour de chacun desquels se développe un *aster*. Les filaments de cet aster, les plus voisins de leur ligne de jointure, forment un fuseau contenant dans sa partie moyenne les deux moitiés restantes des bâtonnets chromatiques qui se sont eux-mêmes plus ou moins divisés. Peu à peu l'axe du fuseau tourne de 90°, de manière à venir se placer tangentielle-ment à la surface de l'œuf; les corpuscules chromatiques du hyalosome sont alors au nombre de huit; bientôt une seconde moitié du hyalosome et quatre des globules chromatiques qu'il contient se trouvent expulsés, constituant le second globulaire.

Les observations postérieures de Nussbaum, Zacharias, Boveri, Kultschitzky n'ont pas confirmé ces données d'Ed. van Beneden. Le protohyalosome et le deutohyalosome ne seraient que des accidents de préparation; la rotation de la figure hypsiliforme n'existerait pas, et cette figure ne différerait en rien d'essentiel des figures ordinaires de la karyokinèse; les huit granules chromatiques s'uniraient en quatre bâtonnets parallèles à l'axe de la figure et le premier globule polaire contiendrait la moitié de chaque bâtonnet. Il resterait alors dans l'œuf quatre corpuscules chromatiques, groupés deux à deux parallèlement à l'un des rayons de l'œuf; le second globule polaire comprendrait un corpuscule de chaque groupe. Après l'expulsion de ce globule, la chromatine de l'œuf se trouve réduite des trois quarts; le quart restant constitue, avec la portion du cytosarque qui l'entoure, le *pronucleus femelle*.

Mode d'union du spermatozoïde et de l'œuf. — On ne possède encore de données complètes sur la fécondation que pour un petit nombre d'animaux. Les œufs transparents et qui se prêtent à la fécondation artificielle sont les seuls sur lesquels des expériences directes puissent porter. Ces œufs, à la vérité, ne sont pas très rares; mais dans les œufs des Nématodes la lenteur de la pénétration du spermatozoïde et sa grosseur permettent d'étudier toutes les phases de ses transformations. On a suivi jusqu'ici les détails de la fécondation chez l'*Asterias glacialis* (Fol), les *Strongylocentrotus (Toxopneustes) lividus* (Hertwig) et *variegatus* (Selenka), l'*Ascaris megalocephala* (Ed. Van Beneden, Carnoy et autres), la *Nephele* (Hertwig), le *Petromyzon* (Calberla, Kupffer, Benecke), l'Esturgeon (Salensky), les Batraciens (Van Bambeke, Hertwig). Habituellement un seul spermatozoïde est suffisant pour produire la fécondation; il paraît cependant que plusieurs spermatozoïdes pénètrent assez souvent dans le même œuf (Lamproies, BATRACIENS). Les observateurs ne sont pas d'accord sur les conséquences de ce fait: si les corpuscules nucléaires résultant de la pénétration de ces spermatozoïdes se résorbent sauf un seul, tout est ramené au cas de la pénétration d'un seul spermatozoïde; le développement s'accomplit normalement. On admet que le développement ne peut se produire ou qu'il conduit à la formation d'embryons monstrueux lorsque plusieurs des spermatozoïdes qui ont pénétré dans l'œuf ont conservé leur activité. Quoi qu'il en soit, le cas de la pénétration d'un seul spermatozoïde est évidemment un cas simple qui peut

servir de point de départ pour les recherches ultérieures. C'est ce qui a lieu chez le *Strongylocentrotus lividus*, où Hertwig a observé le premier ce phénomène, chez l'*Asterias glacialis* où il a été suivi par Fol, chez le *Petromyzon* qui a fait l'objet des observations de Kupffer et de Benecke. Si quelque temps après la ponte (une heure environ) on mélange sur le porte-objet du microscope deux gouttes d'eau contenant respectivement des œufs et des spermatozoïdes d'*Asterias*, on voit bientôt plusieurs spermatozoïdes arriver au contact de l'enveloppe gélatineuse des œufs et y enfoncer leur tête (fig. 229). Bientôt une protubérance apparaît sur un point du cytosarque

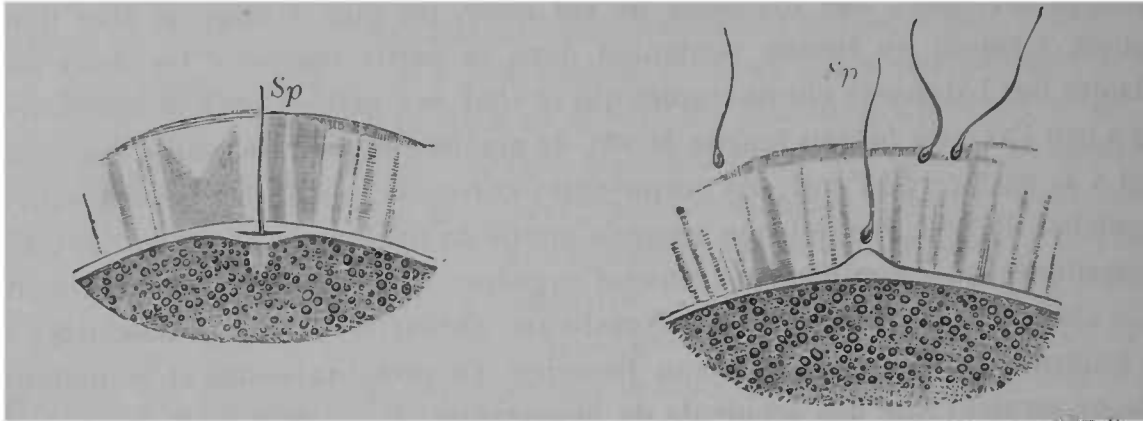


Fig. 229. — Pénétration du spermatozoïde (Sp) dans l'œuf de l'*Asterias glacialis* (d'après H. Fol).

de l'œuf. s'avance dans la couche gélatineuse, et atteint le spermatozoïde le plus voisin. Ce spermatozoïde pénètre alors tête première dans la protubérance, si bien que sa queue reste encore un certain temps visible, mais immobile à l'intérieur de la couche gélatineuse. La queue finit à son tour par être absorbée, mais, avant même que son absorption soit totale, une membrane se différencie à la surface du cytosarque et empêche la pénétration de tout autre spermatozoïde. Les choses se passent un peu différemment chez le *Petromyzon*. Là aussi un seul spermatozoïde pénètre dans l'œuf, mais sa pénétration a lieu par le micropyle, au-dessous duquel une sorte de canal aboutissant à une chambre contenant le pronucleus femelle, assure son arrivée jusqu'à ce dernier (fig. 226, *Jm*).

Le spermatozoïde après sa pénétration se transforme en un corps sphérique, transparent, le *pronucleus mâle*. L'arrivée du spermatozoïde dans l'œuf communique une activité particulière au cytosarque; il se met à exécuter des mouvements amiboïdes; en même temps une zone claire apparaît autour du pronucleus mâle qui grandit peu à peu, tandis que dans le cytosarque environnant le réseau achromatique se dispose en filaments rayonnants qui convergent vers lui. Peu à peu le pronucleus mâle s'avance vers le pronucleus femelle; quand ils se sont suffisamment rapprochés ce dernier émet des processus protoplasmiques qui enveloppent l'autre (Selenka) et, au bout de quelques instants de contact, la fusion des deux pronucleus est complète. Le mécanisme de cette fusion a été étudié avec soin par Ed. Van Beneden chez l'*Ascaris megaloccephala*. L'œuf de l'*Ascaris megaloccephala* est symétrique par rapport à un axe; l'un des pôles est plus pointu que l'autre; c'est là le *pôle d'imprégnation*. Tout autour de ce pôle se différencie un disque sarcodique, strié normalement à sa surface et présentant à son centre une ouverture bouchée par une masse sarcodique non striée, le *bouchon d'imprégnation*. Ce bouchon ferme également un orifice que présente la membrane vitelline et qu'on peut regarder comme un véritable micropyle. C'est toujours par le bouchon

d'imprégnation que le spermatozoïde pénètre dans l'œuf avec la membrane propre qui la recouvre, sauf au point par lequel il doit se fixer à l'œuf; cette membrane se soude avec la membrane vitelline, de manière à s'opposer à la pénétration de tout spermatozoïde nouveau. Peu à peu le spermatozoïde pénètre dans le vitellus de l'œuf : son sarcode acquiert une remarquable aptitude à absorber les matières colorantes, tandis que cette aptitude diminue chez son noyau; sa queue prend des contours moins réguliers, et le corps réfringent qu'elle contient s'amointrit lentement; finalement, il est rejeté par le spermatozoïde et gagne les espaces périvitellins dans le liquide desquels il se dissout et disparaît.

Le résidu de la vésicule germinative ou pronucleus femelle et le pronucleus mâle résultant de la transformation du spermatozoïde subissent des modifications analogues; leurs corpuscules chromatiques se gonflent, se résolvent en granules que gagnent peu à peu la périphérie des deux éléments nucléaires et continuent à former pour chacun d'eux une membrane chromatique. Bientôt cependant la substance chromatique se localise en certains points de la membrane nucléaire et forme des filaments contournés, anguleux, fragmentés, réunis par des filaments achromatiques partant de divers points de leur longueur. Peu à peu les deux pronucleus se rapprochent et quand ils ont acquis, par les progrès de leur croissance, à peu près les mêmes dimensions et la même structure, ils arrivent à se toucher sans se confondre. Alors la substance chromatique de chaque pronucleus se rassemble en un ruban qui, dans chacun d'eux, se divise en deux anses en forme d'U. Les deux anses de l'un des rubans se rapprochent des deux anses de l'autre et toutes ensemble forment un aster à huit branches, unies deux à deux au centre de l'œuf. Cet aster constitue la partie chromatique du nouveau noyau de l'œuf fécondé.

Le noyau qui résulte de la fusion des deux pronucleus produira directement ou indirectement, par les procédés décrits p. 14, les noyaux de tous les éléments anatomiques de l'animal, de même que le cytosarque de ces éléments dérivera du cytosarque de l'œuf fécondé. *La fécondation, chez les Animaux, consiste donc essentiellement dans la formation à l'aide d'éléments chromatiques empruntés à deux éléments distincts, l'un mâle et l'autre femelle, d'une trame chromatique nouvelle qui est celle du noyau du premier élément de l'embryon, élément dont tous les autres procéderont par voie de divisions successives.* Cette fusion est précédée d'une réduction du noyau de l'œuf, dont une partie (environ les trois quarts) est expulsée sous forme de globules polaires, et semble remplacée par des éléments empruntés au spermatozoïde.

Dans les œufs qui possèdent un micropyle, c'est par le micropyle que le spermatozoïde pénètre dans l'œuf; en général il semble que ce soit par le point même où sont sortis les globules polaires que se fait la pénétration du spermatozoïde dans le cytosarque de l'œuf. Ce point de plus faible résistance joue également un rôle dans l'orientation du premier sillon qui se formera à la surface du cytosarque, lorsque ce dernier va commencer à présenter les phénomènes de division depuis longtemps connus sous le nom de *segmentation du vitellus* (fig. 230), phénomènes dont la répétition donne lieu à la formation de tous les éléments anatomiques.

Segmentation du vitellus. — Définition des divers modes suivant lesquels elle s'accomplit. — La segmentation du vitellus suit immédiatement la fécondation si toutes les conditions de température, de nutrition, d'humidité, nécessaires au développement de l'œuf sont réalisées, ce qui a toujours lieu lorsque

l'œuf ne quitte pas l'organisme maternel, comme chez les Mammifères. La segmentation peut être, au contraire, différée lorsque ces conditions ne se trouvent réunies qu'à une époque plus ou moins lointaine, comme cela arrive pour les œufs d'hiver des Rotifères, des Turbellariés rhabdocèles, des Pucerons, ou pour ceux des Oiseaux qui ont besoin, pour se développer, d'une température déterminée, pour ceux des *Apus* et des *Branchipus*, qui doivent subir une certaine dessiccation avant d'évoluer, etc. La fécondation ne saurait être considérée cependant

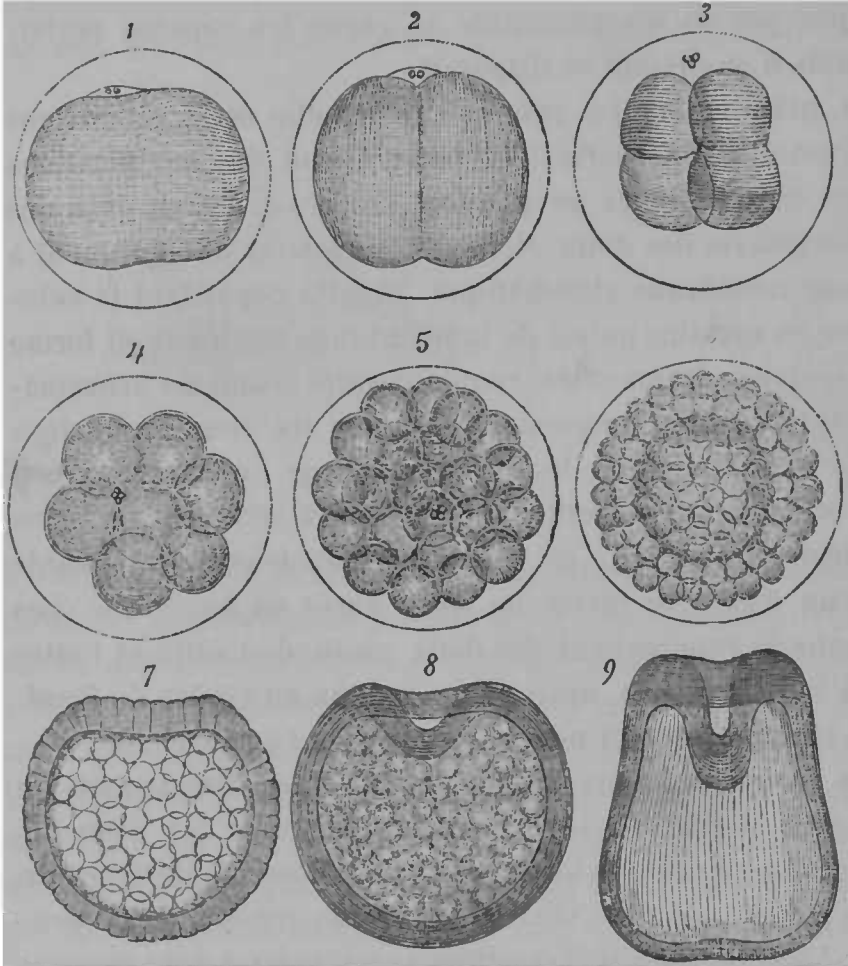


Fig. 230. — Développement d'un œuf d'Étoile de mer (*Asterias Forbesii*). 1, début de la segmentation du vitellus aplati sur ses deux faces opposées; à un des pôles un globule polaire; 2, division du vitellus en deux sphères; 3, division en quatre; 4, division en huit; 5, œuf avec trente-deux sphères; 6, phase plus avancée; 7, Blastosphère et commencement de l'invagination; 8 et 9, L'invagination est plus avancée; l'orifice de la cavité d'invagination devient l'anus.

comme la cause déterminante de la segmentation. En dehors des divers cas de parthénogenèse précédemment cités, les exemples sont nombreux chez les Échinodermes (*Asterias glacialis*), les Annélides, les Insectes (*Gastrophysa raphani*, *Adoxus vitis*) et même les Vertébrés, d'œufs commençant à se développer sans avoir été fécondés. Mais, en général, l'évolution commencée s'arrête de bonne heure. La fécondation ravive donc, dans l'œuf, l'aptitude à se multiplier par division, comme la conjugaison ranime chez les Infusoires l'aptitude à se diviser, lorsqu'elle est près de s'éteindre.

Les œufs petits, peu chargés de matière nutritive, se divisent successivement, à mesure que leur évolution se poursuit en 2, 4, 8, 16, etc., sphères de segmentation, toutes égales entre elles (fig. 230). C'est en cela que consiste la segmentation régulière. Mais lorsque les matériaux nutritifs accumulés dans le vitellus deviennent plus abondants, le cytoplasme, au moment de se segmenter, tend à se partager en deux masses dont la segmentation ne suit pas une marche identique : l'une est formée de cytoplasme presque pur, tandis que l'autre est constituée par un réseau cytoplasmique contenant dans ses mailles la plus grande partie des éléments nutritifs. Ces deux masses n'en forment d'abord qu'une seule de laquelle naissent successivement un certain nombre de sphères de cytoplasme pur qui se segmentent ensuite pour leur compte (fig. 231); la segmentation de la masse contenant les matériaux nutritifs est beaucoup plus lente que celle de l'autre masse et donne naissance à des éléments beaucoup plus gros. Les deux caté-

gories d'éléments sont, en général, superposées de manière à occuper chacune un pôle de l'œuf; ces deux pôles prennent, d'après la nature du cytoplasme qui leur correspond, les noms de *pôle formatif* et de *pôle nutritif*. En raison de la différence des dimensions des sphères qu'elle produit, la segmentation, dans le cas que nous venons de définir, est dite *inégaie*.

Si les matières nutritives sont plus abondantes encore, la partie de l'œuf où elles se rassemblent ne prend aucune part à la segmentation, qui est alors *incomplète*. Mais cette segmentation incomplète peut s'accomplir de plusieurs façons. Ou bien il se différencie dans le cytoplasme deux couches concentriques dont l'externe

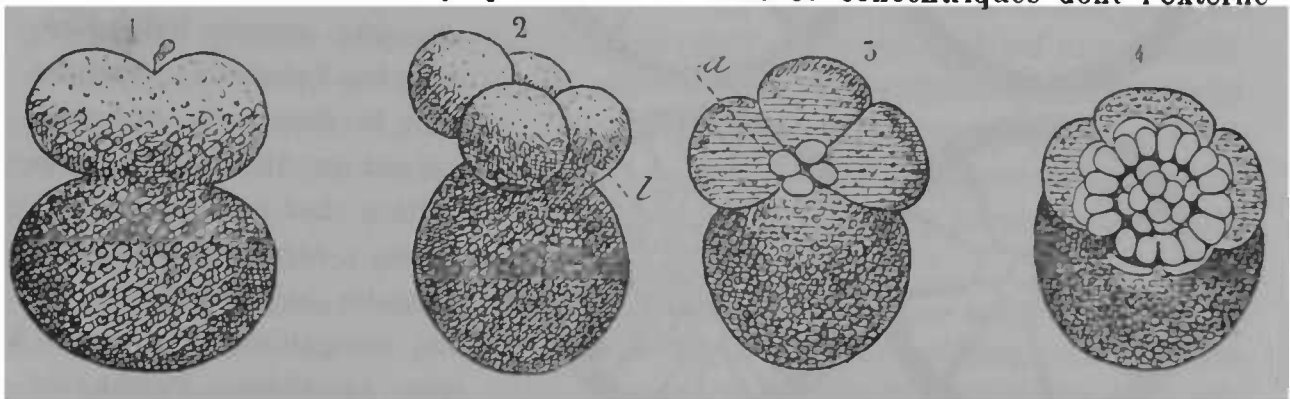


Fig. 231. — Segmentation de la *Nassa mutabilis* (d'après Bobretzky). — 1. Œuf dont la moitié supérieure se divise en deux. — 2. Stade avec quatre petites sphères de segmentation et une grosse sphère. Une des petites sphères (*l*) commence à se fusionner avec la grosse sphère. — 3. Les quatre sphères de segmentation ont donné chacune naissance à une petite sphère claire (*a*). — 4. Les petites sphères claires sont au nombre de trente-six.

seule se segmente : l'œuf est, dans ce cas, *centrolécithe* et la *segmentation périphérique* (fig. 232); ou bien il existe, au pôle formatif de l'œuf, un disque cytoplasmique,

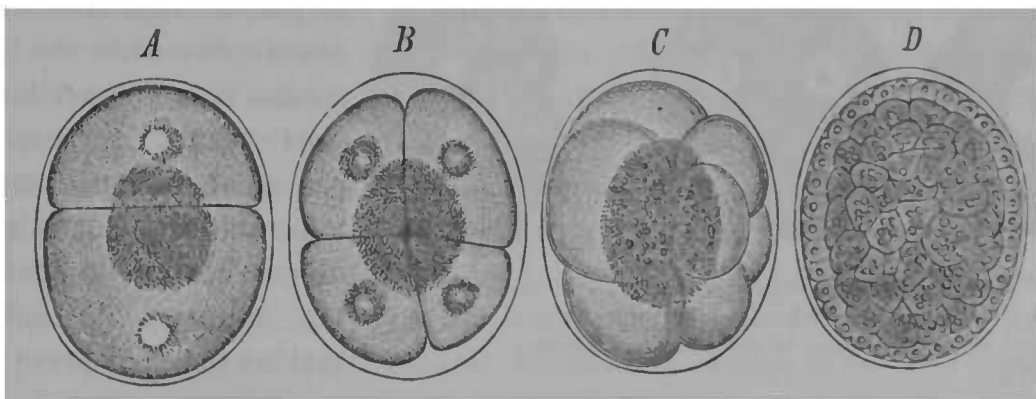


Fig. 232. — Segmentation inégale de l'œuf centrolécithe du *Gammarus locusta*, en partie d'après Ed van Beneden. La masse vitelline centrale se fragmente à son tour longtemps après que la couche périphérique a commencé à se segmenter (D).

le *disque germinatif*, qui seul se segmente, auquel cas l'œuf est *telolécithe* et la *segmentation discoïde* (fig. 233).

Il existe de nombreuses transitions entre ces diverses formes de segmentation qui peuvent même passer de l'une à l'autre au cours du développement d'un même animal. Comme elles dépendent surtout de la proportion de matériaux nutritifs que l'œuf contient, et que cette proportion peut influencer sur la rapidité du développement, et sur les autres conditions dans lesquelles il s'effectue, sans cependant influencer sur le résultat final, on comprend que le type de la segmentation puisse différer dans des formes animales d'ailleurs très voisines; c'est en effet ce que

l'on constate. Dans la série des Éponges, la segmentation est régulière chez l'*Isodictya rosea*, l'*Halichondria panicea*, la *Spongilla fluviatilis*, l'*Halisarca lobularis*;

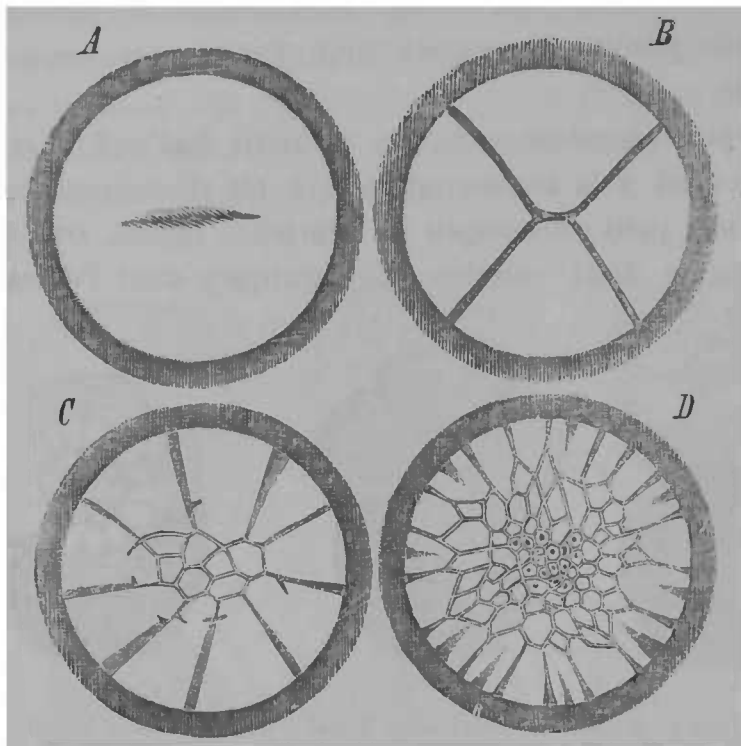


Fig. 233. — Segmentation de la cicatrice de l'œuf de Poule, d'après Coste. — A, cicatrice avec le premier sillon vertical; B, cicatrice avec deux sillons verticaux se coupant à angle droit; C et D, phases plus avancées; les segments sont plus petits au centre qu'à la périphérie.

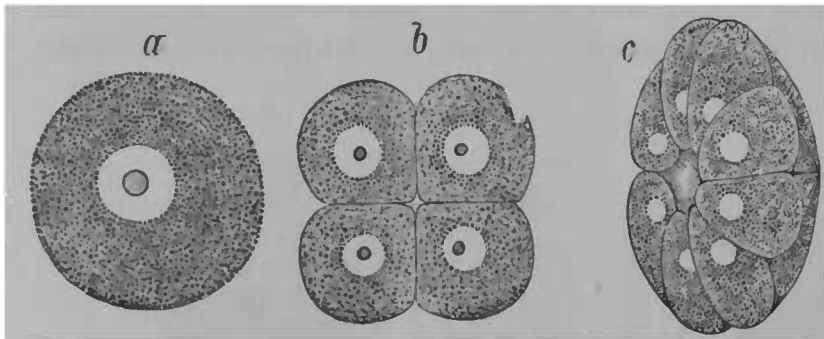


Fig. 234. — Développement du *Sycon raphanus*. — a, œuf mur; b, division de l'œuf en quatre globes de segmentation, et c, division en seize globes de segmentation (d'après Fr. E. Schulze).

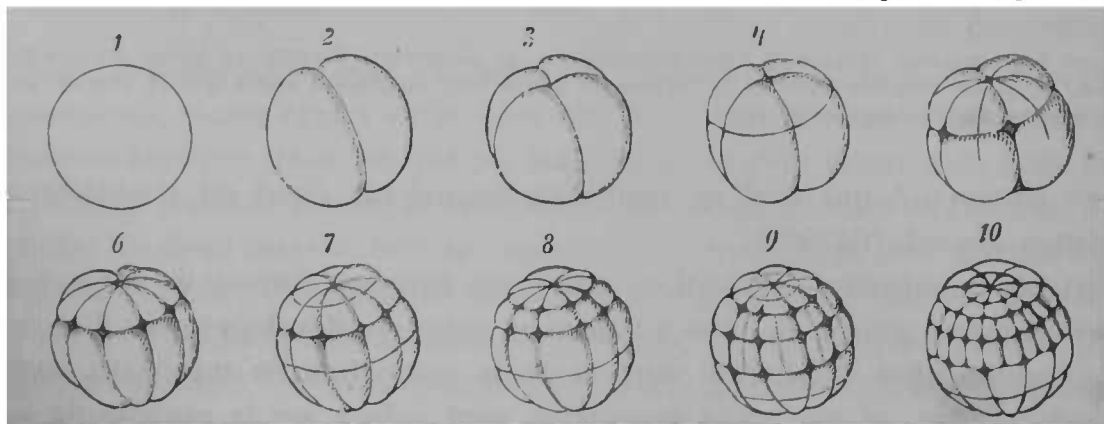


Fig. 235. — Segmentation inégale, géométrique, de la *Rana temporaria*, d'après Ecker.

même mode de segmentation. Ainsi, la segmentation est régulière chez les Gordiacés, les Nématoides, les Chétognathes, les Trématodes, la plupart des Némer-

sa régularité s'altère très vite chez la *Sycandra raphanus* (fig. 234); elle est irrégulière chez la *Chalinula fertilis*. Dans la série des Polypes elle est régulière chez les *Hydra*, *Laomedea*, *Eucope polystyla*, *Podocoryne carnea*; irrégulière chez les *Tubularia*; régulière chez la *Monoaxenia Darwinii*, qui est un Alcyonnaire, irrégulière chez l'*Alcyonium palmatum*; régulière chez les Serpules, le *Terebellides Stræmii*, irrégulière chez les autres Annélides. Parmi les Vertébrés, on observe une segmentation régulière chez l'*Amphioxus*, presque régulière chez le Lapin, inégale chez les Lamproies, l'Esturgeon, les Batraciens (fig. 235), la plupart des Mammifères; discolécithe chez les Plagiostomes et la plupart des Poissons osseux. Cela n'empêche pas qu'en raison d'une certaine uniformité dans le mode de constitution de l'œuf, tous les animaux de certaines classes puissent présenter le

tiens; inégale chez tous les Rotifères, les Oligochètes, les Sangsues, les Planaires, les Cténophores, les Gastéropodes; discolécithe chez les Reptiles et chez les Oiseaux. La segmentation centrolécithe est de même propre aux Arthropodes; mais elle peut passer à la segmentation discolécithe (certains Copépodes parasites, Cloportes, Isopodes parasites, Mysis, Scorpions), tandis que les formes inférieures des Crustacés présentent souvent une segmentation régulière qu'on retrouve chez quelques Amphipodes (*Phronima*), et même chez les Podures parmi les Insectes. Les affinités zoologiques n'interviennent donc dans la détermination du mode de segmentation de l'œuf, que dans la mesure où elles sont intervenues pour sa constitution; le mode de segmentation impliquant que l'œuf contient une quantité plus ou moins grande de matériaux de réserve, peut, au contraire, présenter, avec le mécanisme ultérieur du développement et sa rapidité dans chaque classe, ou bien avec les conditions extérieures dans lesquelles l'embryon poursuit son évolution, des rapports qui commencent à se dégager, mais qu'il y aurait grand intérêt à connaître d'une façon plus précise.

Processus des divers modes de segmentation; transitions qui existent entre eux. — Dans les cas les plus simples, la segmentation régulière consiste dans une bipartition successive des sphères, qui s'accomplit d'une manière indépendante pour chacune d'elles (*Podocoryne carnea*, etc.). Mais, les phénomènes se coordonnent dans les types plus élevés, de manière que les sphères de segmentation se disposent dans un ordre géométrique et soient simultanément eutamées par des plans de clivage, orientés d'une façon déterminée. La loi de cette segmentation est habituellement la suivante : l'œuf se divise d'abord en deux moitiés suivant un plan que nous considérerons comme vertical ou *méridien*; un second plan vertical, perpendiculaire au premier, divise ensuite chacune des deux moitiés en deux autres, ce qui porte à 4 le nombre des sphères de segmentation. La ligne d'intersection de deux plans passe par le point même où sont sortis les globules polaires. La 3^e division s'accomplit suivant un plan horizontal ou *équatorial*, qui partage en deux autres les 4 sphères de la division précédente, et porte à 8 le nombre des sphères de segmentation. Deux plans de division verticaux ou *méridiens*, inclinés à 45° sur les précédents, élèvent à 16 le nombre des sphères dans la phase suivante; puis, deux plans *parallèles* au plan équatorial primitif divisent en deux les 8 sphères situées de chaque côté de ce plan, de sorte que leur nombre total arrive à 32. L'intervention de nouveaux plans méridiens double bientôt ce nombre; finalement, la différenciation des éléments déjà formés intervenant, la segmentation cesse d'être régulière.

Bien qu'elle ne soit pas absolue, cette loi est d'autant plus intéressante qu'elle s'étend même à la segmentation inégale. Il suffit, en effet, pour passer à ce mode de segmentation que les éléments résultant des deux premières segmentations, au lieu d'être sphériques, soient pyriformes, les matériaux nutritifs se rassemblant à la grosse extrémité des éléments. Ceux-ci tournent alors leurs extrémités correspondantes vers le même pôle de l'œuf; il se différencie dès lors un *pôle formatif* ou *cytoplasmique*, correspondant au point par lequel sont sortis les globules polaires, et un *pôle nutritif* ou *vitellin* (Cténophores, Lamproie, Lapin, Esturgeon, Grenouille, fig. 235, etc.). Dans ce cas, le premier plan horizontal de segmentation cesse d'être un plan équatorial pour se rapprocher du pôle formatif; il n'apparaît

quelquefois qu'après les quatre premiers plans méridiens et lorsque le nombre des éléments pyriformes est de 8 (*Sycandra raphanus*, fig. 234). En outre, les sillons correspondants aux plans méridiens de segmentation commencent toujours au pôle formatif et ne s'étendent que plus tard jusqu'au pôle vitellin. Il est donc évident que la présence des matériaux nutritifs retarde la segmentation dans la partie de l'œuf où ils sont accumulés. Ce retard est variable avec la proportion de ces matériaux, et il en résulte des modifications plus ou moins profondes, du type présenté par le Lapin et la Grenouille. Ainsi, chez beaucoup de Mollusques Gastéropodes, les quatre premières sphères de segmentation, qui sont pyriformes et égales entre elles, produisent chacune à sa petite extrémité une protubérance cytoplasmique, en arrière de laquelle apparaît une constriction annulaire qui finit par l'isoler. Il se forme ainsi quatre petites cellules cytoplasmiques, que nous appellerons *a*. Les quatre grosses sphères, que nous appellerons *A*, bourgeonnent encore quatre nouvelles sphères cytoplasmiques *b*, qui s'ajoutent aux précédentes. Bientôt les cellules *a* se divisent, donnant de petites cellules *a'* et il y a alors en tout douze petites sphères et quatre grosses; après cela, les cellules *b* se divisent à leur tour, donnant huit cellules *b'* et les sphères *A* bourgeonnent encore quatre cellules, *c*. On peut représenter cette série de phénomènes par les formules suivantes, où sont marquées d'un accent les cellules provenant de la division des cellules cytoplasmiques *a*, *b*, *c* :

2 ^e stade de segmentation.....		4A = 4 sphères.
3 ^e —	4a +	4A = 8
4 ^e —	4a + 4b +	4A = 12
5 ^e —	8a' + 4b +	4A = 16
6 ^e —	8a' + 8b' +	4A = 20
7 ^e —	8a' + 8b' + 4c +	4A = 24

Du 3^e au 7^e stade, le nombre des sphères de segmentation augmente donc en progression arithmétique, mais ce nombre s'accroît ensuite plus rapidement.

Grâce à ce double processus, les quatre sphères vitellines sont bientôt revêtues

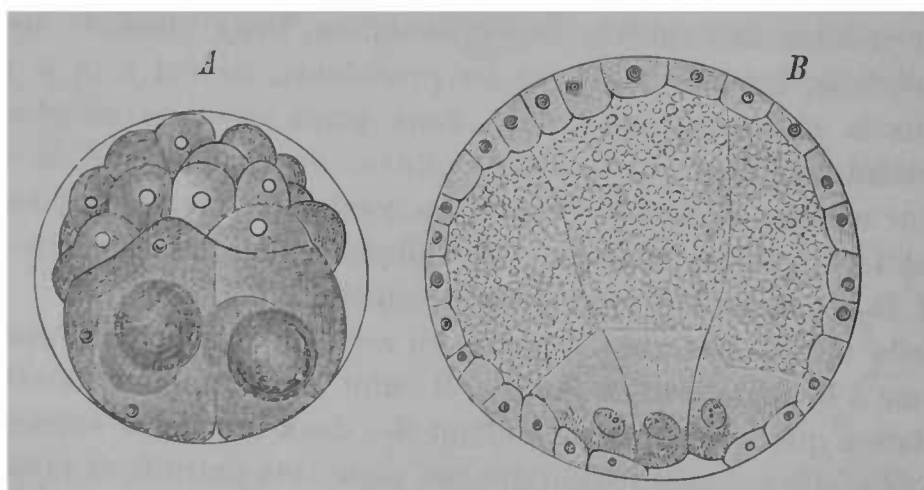


Fig. 236. — A, segmentation inégale de l'œuf de *Bonellia*; B, Gastrula de la *Bonellia* formée par épibolie (d'après Spengel).

d'une couche de cellules claires, transparentes, formées de cytoplasme pur. Au bout d'un certain temps, elles cessent de bourgeonner de nouvelles cellules cytoplasmiques, et, par deux bipartitions successives, produisent un gros segment et deux petits. Ces derniers sont tournés vers l'extérieur de l'œuf, c'est-à-dire vers la partie

non encore recouverte par les petits éléments ; la totalité des éléments nés de cette façon des grosses cellules se groupent de manière à constituer une sorte de coupe au bord de laquelle vient se rattacher la calotte cellulaire résultant de la division des petites sphères *a*, *b*, *c*. Les choses se passent à très peu près ainsi chez la Bonellie (*Bonellia viridis*, fig. 236).

La tendance du cytoplasme à se séparer du vitellus peut être plus précoce encore. C'est ainsi que dès la première segmentation il peut se produire, soit par division, soit par bourgeonnement une petite sphère cytoplasmique ne contenant que très peu de granules vitellins, et une grosse sphère presque exclusivement vitelline (ROTIFÈRES, *Euaxes*, *Anodonta*, *Teredo*, fig. 237, *a*). La séparation est

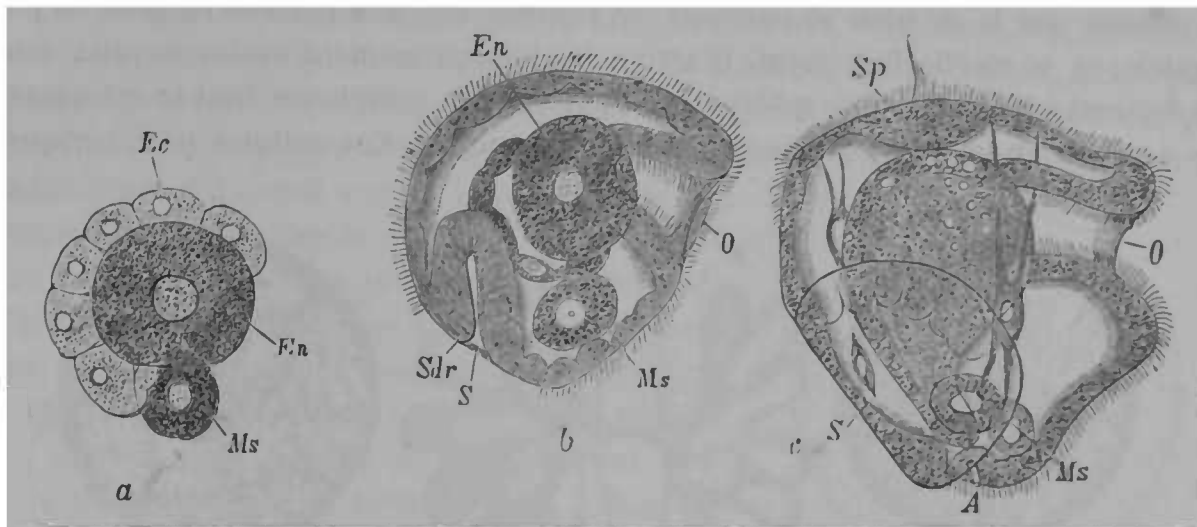


Fig. 237. — Trois phases évolutives de la larve de *Teredo* (d'après B. Hatschek). — *a*. Jeune embryon avec deux cellules mésodermiques (*Ms*) et deux cellules entodermiques (*En*), vu en coupe optique. *Ec*, cellules ectodermique.

souvent graduelle, de sorte que les éléments nouvellement formés contiennent encore une assez forte proportion de matériaux nutritifs. Elle se complique chez la *Nassa mutabilis* d'une fusion des éléments formatifs incomplètement différenciés avec la masse vitelline qui les a produits (Bobretsky). Chez ce Mollusque, un plan vertical passant par le point de sortie des globules polaires et un plan horizontal divisent simultanément l'œuf en deux petits segments et un gros (fig. 230, n° 1). L'un des petits segments se fusionne alors avec le gros, qui se partage de nouveau par le même procédé que la première fois, en 3 segments, tandis que le petit segment qui est resté libre subit lui-même une bipartition. L'œuf se compose alors de 5 segments dont un se fusionne de nouveau avec la masse vitelline (fig. 230, n° 2). Les quatre segments qui restent et qui contiennent tous une proportion plus ou moins forte d'éléments vitellins, fonctionnent alors comme les quatre segments formés par les deux premiers plans verticaux dans les cas les plus rapprochés de la segmentation régulière (fig. 230, n° 3) : ils produisent chacun par bourgeonnement une petite cellule cytoplasmique. A partir de ce moment, la segmentation se rapproche beaucoup du type habituel aux Gastéropodes (fig. 230, n° 4).

La quantité de matériaux nutritifs accumulés dans l'œuf apportant, à mesure qu'elle augmente, un obstacle de plus en plus grand à la segmentation, celle-ci deviendrait impossible à partir d'un certain moment, si le cytoplasme ne s'isolait en partie de manière à constituer ce qu'on nomme un disque germinatif. L'œuf se

décompose alors en deux parties, l'une qui se segmente, l'autre qui ne se segmente pas, et constitue un sac vitellin. La segmentation discoïde est ainsi réalisée; elle se rattache étroitement, comme on voit, à la segmentation inégale, dont elle n'est qu'une exagération.

La segmentation périphérique se rattache, elle aussi, directement, soit à la segmentation régulière, soit à la segmentation inégale, suivant le mode de répartition primitif des globules vitellins. Elle débute chez les Myriapodes chilognathes et les *Chelifer* par une segmentation régulière ordinaire, dans laquelle chaque globe emporte avec lui une fraction à peu près égale de la masse vitelline et du cytoplasme. Celui-ci tend à se condenser à la surface des sphères de segmentation; il doit donc, à mesure que la division se poursuit, se répartir sur une surface de plus en plus grande, et se raréfie forcément. Il arrive dès lors un moment où les noyaux seuls se divisent à l'intérieur des sphères, et se portent à la périphérie dont le cytoplasme se découpe en cellules correspondant à chaque noyau. Ces cellules périphériques,

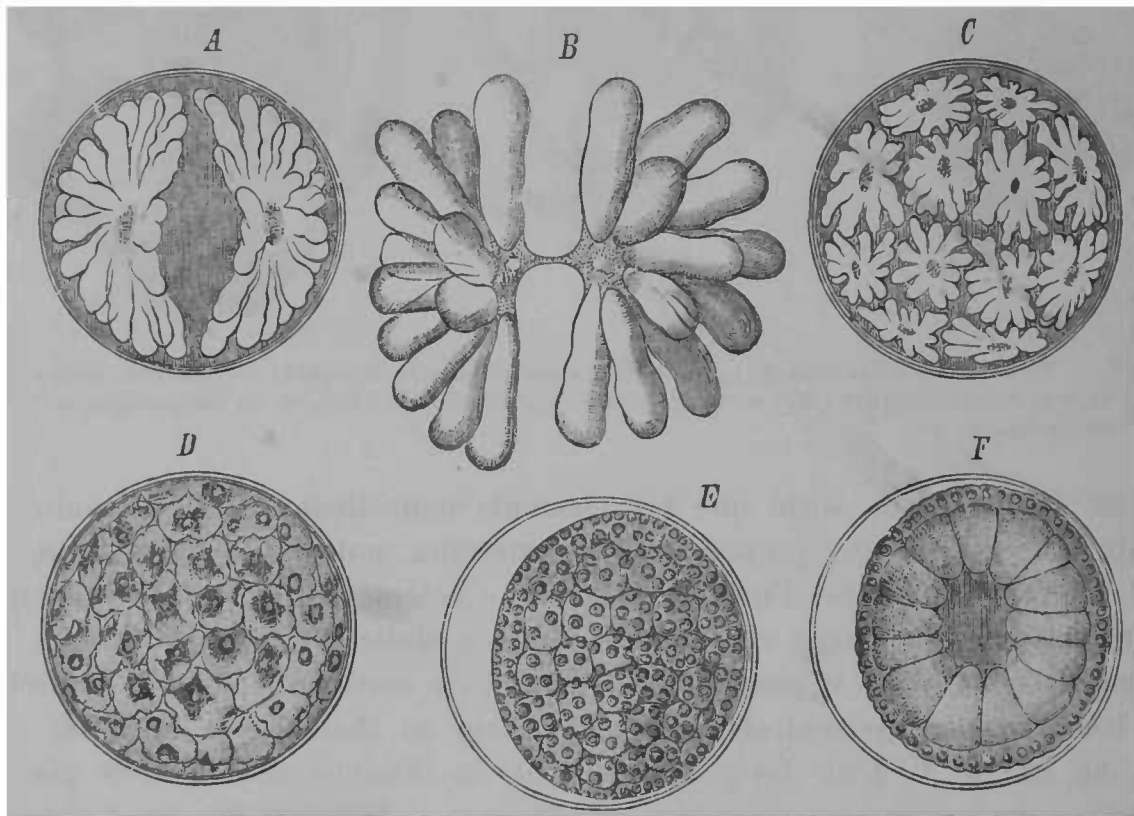


Fig. 238. — Segmentation d'un œuf d'Araignée (*Philodromus limbatus*), d'après H. Ludwig. — A, œuf avec deux rosettes deutoplasmiques (sphères de segmentation); B, rosettes isolées avec leur partie centrale protoplasmique nucléée; C, œuf avec un grand nombre de rosettes; D, les rosettes sont représentées par des masses de deutoplasme polyédriques, correspondant chacune à la cellule blastodermique placée au-dessus; E, la formation du blastoderme est achevée; F, coupe optique de l'œuf précédent. Les masses de deutoplasma situées en dedans de la vésicule blastodermique forment une enveloppe complète limitant une couche centrale transparente.

après avoir enveloppé chacune des sphères de segmentation, finissent par former une couche continue ou *blastoderme*, entourant un vitellus central, dont les diverses parties se sont fusionnées, par un phénomène analogue à celui déjà mentionné chez la *Nassa mutabilis*. La segmentation de l'œuf du *Gammarus locusta* suit la même marche, à cela près qu'elle est inégale au lieu d'être régulière (fig. 232).

Les choses se passent un peu différemment déjà chez les Araignées. Après la fécondation, les globules vitellins se disposent en colonnes rayonnantes autour d'une masse cytoplasmique centrale, reliée par des filaments au cytoplasme péri-

phérique. Cette masse contient le noyau, dont la division précède sans doute la répartition régulière des colonnes vitellines en deux, quatre, six et finalement trente-deux masses formées chacune de colonnes vitellines, rayonnant en rosette autour d'une masse cytoplasmique, qui se porte d'autant plus vers la périphérie que le stade de segmentation est plus avancé (fig. 238). Quand le stade 32 est atteint, tout le cytoplasme est devenu périphérique et a entraîné avec lui un certain nombre de noyaux nés de la division des noyaux contenus dans les rosettes. Les noyaux contenus dans le cytoplasme périphérique se divisent rapidement, et ce cytoplasme se transforme en une couche cellulaire ou blastoderme entourant les rosettes, elles-mêmes transformées en trente-deux colonnes vitellines.

Si la masse vitelline augmente et si le noyau est situé dans son intérieur, il commence par se diviser indépendamment de la masse cytoplasmique, gênée par la présence des globes vitellins; l'œuf se divise ensuite en 2, 4, 8 segments qui peuvent se former successivement (*Eupagurus Prideauxi* et nombreux DÉCAPODES), ou apparaître d'un seul coup (*Asellus aquaticus*); après quoi ces segments se confondent au centre de l'œuf, comme chez la *Nassa mutabilis*, pour former une masse vitelline centrale. Cette masse ne se divise plus qu'à une phase relativement avancée du développement, tandis que les noyaux se multiplient à la périphérie, s'entourent chacun de cytoplasme et forment ainsi, autour du vitellus indivis, un blastoderme cellulaire continu. Il faut peut-être rattacher à ce mode de segmentation celui qu'on observe chez les *Penæus*, les *Palemon*, les *Astacus* (fig. 239) et dans lequel le cytoplasme périphérique semble seul se diviser suivant le mode primitif de la segmentation régulière, laissant la masse vitelline centrale indivise.

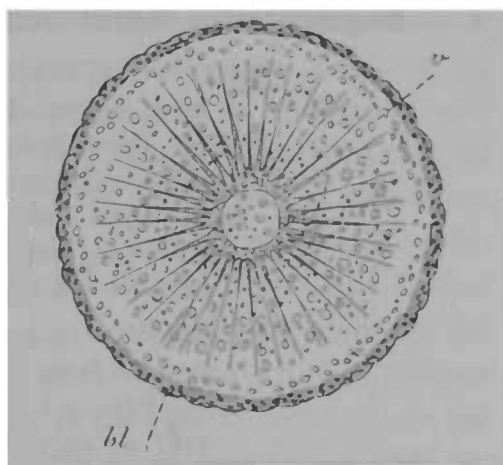


Fig. 239. — Coupe d'un œuf d'*Astacus fluviatilis*, dans lequel le blastoderme vient à peine de se former (d'après Huxley). — V, Vitellus; bl, blastoderme.

Ce processus s'exagère chez le *Gammarus fluviatilis* et un grand nombre d'Insectes (*Apis*, *Porthesia chrysorrhœa*, *Pieris crategi*, *Musca*). La masse centrale de l'œuf est presque exclusivement formée par des globules vitellins; le cytoplasme est d'emblée périphérique, et n'envoie qu'un réseau délicat dans la masse vitelline centrale qui contient le noyau. Celui-ci se divise activement, et chacune de ses parties s'entoure d'une masse cytoplasmique à prolongements rayonnants. Le vitellus demeure d'abord absolument indivis, tandis que les petites masses cytoplasmiques, nucléées, qu'il contient se portent en partie à la périphérie; le cytoplasme périphérique se concentre autour d'elles, et se divise, par suite, de manière à former une couche blastodermique. Le vitellus se segmente alors, à son tour, en autant de fragments qu'il est resté de noyaux à son intérieur. Dès la première division les noyaux viennent se placer à la périphérie chez le Puceron du rosier; il semble enfin que le noyau de l'œuf occupe d'emblée cette position chez certains Acariens (*Tetranychus telarius*), de sorte que la segmentation devient ici entièrement superficielle.

Il résulte clairement de tout ce qui précède que les divers modes de segmentation de l'œuf sont si étroitement reliés les uns aux autres que toute tentative

de les classer ne peut donner que des divisions artificielles. Le mode de segmentation dépend en grande partie de la quantité de matériaux nutritifs que l'œuf contient, et de la façon dont ces matériaux sont répartis dans sa substance. La segmentation régulière ne s'observe que chez des œufs à globules vitellins peu abondants et également répartis dans toute la masse du cytoplasme; ce sont des *œufs homolécithes*. La segmentation inégale et la segmentation discoïde sont le propre des *œufs télolécithes* où les globules vitellins sont concentrés à l'un des pôles de l'œuf; enfin la segmentation périphérique apparaît lorsque les globules vitellins occupent principalement la partie centrale de l'œuf, qui est alors un *œuf centrolécithe*. Or la quantité des matériaux nutritifs et la façon dont ils sont répartis varient indéfiniment. Il peut être utile cependant de fixer certains stades dont la simple désignation équivaldra à une description. C'est ce qui a été essayé dans le tableau suivant :

I. — Segmentation holoblastique ou complète.

- A. — SEGMENTATION RÉGULIÈRE, donnant naissance à des éléments sensiblement égaux. (*Œufs homolécithes*.)
- a. — *Type primitif*. — Les sphères de segmentation se divisent indépendamment les unes des autres.
 - b. — *Type géométrique*. — Certains groupes de sphères se divisent simultanément suivant des plans, les uns méridiens, les autres parallèles à l'équateur ou coïncidant avec lui.
- B. — SEGMENTATION INÉGALE, donnant naissance à des sphères de segmentation de taille très différente. (*Œufs télolécithes*.)
- a. — *Type géométrique*. — Segmentation semblable à la précédente, sauf qu'aucun plan de division n'est exactement équatorial.
 - b. — *Type alternatif*, où les éléments nouveaux se forment alternativement par bourgeonnement des masses vitellines et par division des éléments cytoplasmiques déjà formés.
 - c. — *Type fusionné*, où l'un des éléments nouvellement formé se fusionne avec la masse vitelline avant chaque division nouvelle.

II. — Segmentation méroblastique ou incomplète.

- A. — SEGMENTATION DISCOÏDE, où il se différencie, à l'un des pôles de l'œuf, un disque germinatif qui se segmente seul. (*Œufs télolécithes*.)
- B. — SEGMENTATION PÉRIPHÉRIQUE, où il se constitue finalement un blastoderme cellulaire, autour d'une masse centrale indivise. (*Œufs centrolécithes*.)
- a. — *Type mixte régulier*, où une segmentation à peu près régulière est suivie de la formation de blastoderms partiels autour des sphères de segmentation qui se fusionnent ensuite.
 - b. — *Type mixte inégal*, différant du précédent par l'inégalité des sphères de segmentation.
 - c. — *Type aranéen*, où la segmentation porte sur la masse vitelline centrale, avant d'amener la constitution d'un blastoderme périphérique.
 - d. — *Type centro-nucléaire*, où le noyau se divise au sein de la masse vitelline centrale, les produits de sa division dans la masse émigrant en partie dans le cytoplasme périphérique, qui se transforme en blastoderme, et demeurant en partie dans la masse vitelline centrale dont ils déterminent une division ultérieure.

- e. — *Type superficiel successif*, où la masse vitelline centrale demeure indivise, tandis que le cytoplasme superficiel se divise, d'après le type régulier, en éléments incomplètement séparés.
- f. — *Type superficiel plasmodique*, où le noyau se divise, ses diverses parties émigrant ensuite dans le cytoplasme superficiel, dans lequel elles deviennent les noyaux des cellules d'un blastoderme, tandis que la masse vitelline centrale demeure indivise.

Premières formes de l'embryon : Blastula, Morula, Planula, Gastrula. — La segmentation régulière, la segmentation inégale du type géométrique et les formes de segmentation qui en sont le plus voisines aboutissent à la constitution d'une sphère pleine ou creuse, et, dans ce dernier cas, la cavité est fermée ou ouverte aux deux pôles suivant le mode de groupement des éléments qui la limitent. Les deux orifices polaires (*Sycandra*, CTENOPHORA, *Amphioxus*) finissent toujours d'ailleurs par se fermer, de sorte que la segmentation aboutit, en somme, à deux types essentiels : la sphère pleine ou *morula* (fig. 230, n° 5) et la sphère creuse ou *blastula* (fig. 248), dont la cavité porte le nom de *cavité de segmentation* ou de *cavité de Von Baër*. On ne saurait attacher une grande importance à la différence que présentent ces deux formes, car on observe entre elles toutes les transitions, et l'une et l'autre peuvent se rencontrer dans une même classe. Ainsi, parmi les Éponges, la segmentation aboutit à une *blastula* chez les *Sycandra raphanus*, *Isodictya rosea*, *Halichondria panicea*, *Halisarca*, *Verongia*, *Clione celata*, à une *morula* chez les *Chalinula fertilis*, *Spongilla lacustris*. Les mêmes alternatives existent chez les Polypes et les Némertiens; les Échinodermes présentent en général une *blastula* à cavité tantôt grande, tantôt petite (fig. 89, a, p. 64) et à éléments saillants, ce qui rapproche son aspect de celui d'une *morula*, tandis que la segmentation chez les Mammifères aboutit très généralement à une *morula* pleine (Lapin).

Dans aucun cas ces formes ne demeurent définitives; cependant les *blastula* de la plupart des Éponges et d'un certain nombre de Polypes (*Eucope polystyla*, *Aurelia aurita*, fig. 248) sont déjà susceptibles de mener une existence indépendante et de nager librement dans l'eau, à l'aide des cils vibratiles dont elles sont revêtues. Chez les plus simples de ces *blastula* ordinairement un peu allongées (*Ascetta*, *Halisarca*, *Eucope*), les cellules avoisinant l'un des pôles se différencient, pénètrent successivement dans la cavité de segmentation où elles demeurent libres quelque temps, se multiplient, et se fixent bientôt en s'accolant aux parois de la *blastula*, qui finissent ainsi par se trouver constituées par plusieurs couches de cellules : la couche externe est l'*exoderme*, la couche interne l'*entoderme*, la couche intermédiaire, simple ou multiple, le *mésoderme*. Ces termes n'ont pas d'autre but que de distinguer les trois parties d'une paroi pluricellulaire qui en sont le dehors, le dedans et l'épaisseur; ils n'impliquent pas que ces trois parties soient des entités distinctes ayant une origine différente, un mode de formation propre et une prédestination particulière. Il est cependant évident que ces trois couches, une fois constituées, vont être dans des conditions d'existence différentes : les éléments exodermiques subiront directement toutes les excitations extérieures; les éléments entodermiques seront principalement en rapport avec les corps étrangers qui seront introduits dans la cavité de l'organisme et notamment avec les aliments; les éléments mésodermiques ne recevront

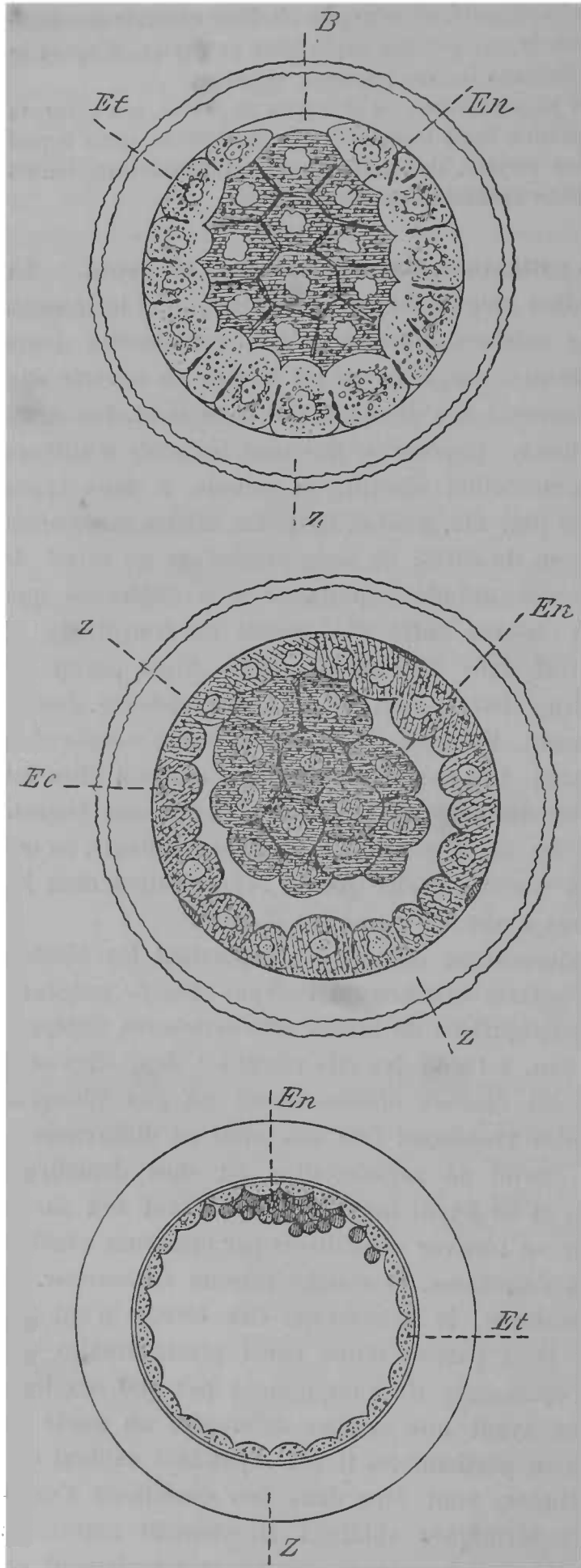


Fig. 240. — Coupes optiques d'un œuf de Lapin à trois phases différentes de la segmentation (d'après E. van Beneden). — *Ec* ou *Et*, ectoderme; *En*, entoderme; *Z*, zone pellucide; *B*, blastopore.

jamais que des excitations indirectes, transmises, après avoir été plus ou moins modifiées, soit par les éléments exodermiques, soit par les éléments entodermiques, entre lesquels ils serviront d'intermédiaires. Aussi verrons-nous, au cours du développement, ces trois couches se prêter à des ordres spéciaux de différenciation, à peu près toujours les mêmes dans le Règne animal; de là l'importance trop exclusive attachée à la détermination de l'origine exodermique, entodermique ou mésodermique des organes, et le soin avec lequel ont été notées les exceptions aux lois formulées à cet égard.

L'entoderme et le mésoderme, nécessairement issus de l'exoderme lorsqu'il se constitue une *blastula*, peuvent cependant se former eux-mêmes de différentes façons. Dans certaines Méduses (*Geryonia*), les 32 sphères constituant la *blastula* se divisent chacune tangentiellement en deux parties, l'une aplatie, finement granuleuse, l'autre claire, convexe vers l'intérieur; les éléments aplatis finissent par constituer un exoderme, les autres un entoderme, entre lesquels apparaît la substance gélatineuse de l'ombrelle (fig. 242 et 243). La segmentation régulière et souvent aussi la segmentation inégale, au lieu de conduire à la formation d'une *blastula*, peut donner naissance à une *morula* pleine (*Chalinula fertilis*, *Spongilla lacustris*, parmi les Éponges, la plupart de Polypes). Les cellules internes se différencient alors pour former le mésoderme et l'entoderme; une cavité apparaît enfin au centre de la *morula* transformée, qui devient ainsi une *planula* (fig. 244, 1).

Plus fréquemment, dans le cas où la segmentation est inégale, les cellules destinées

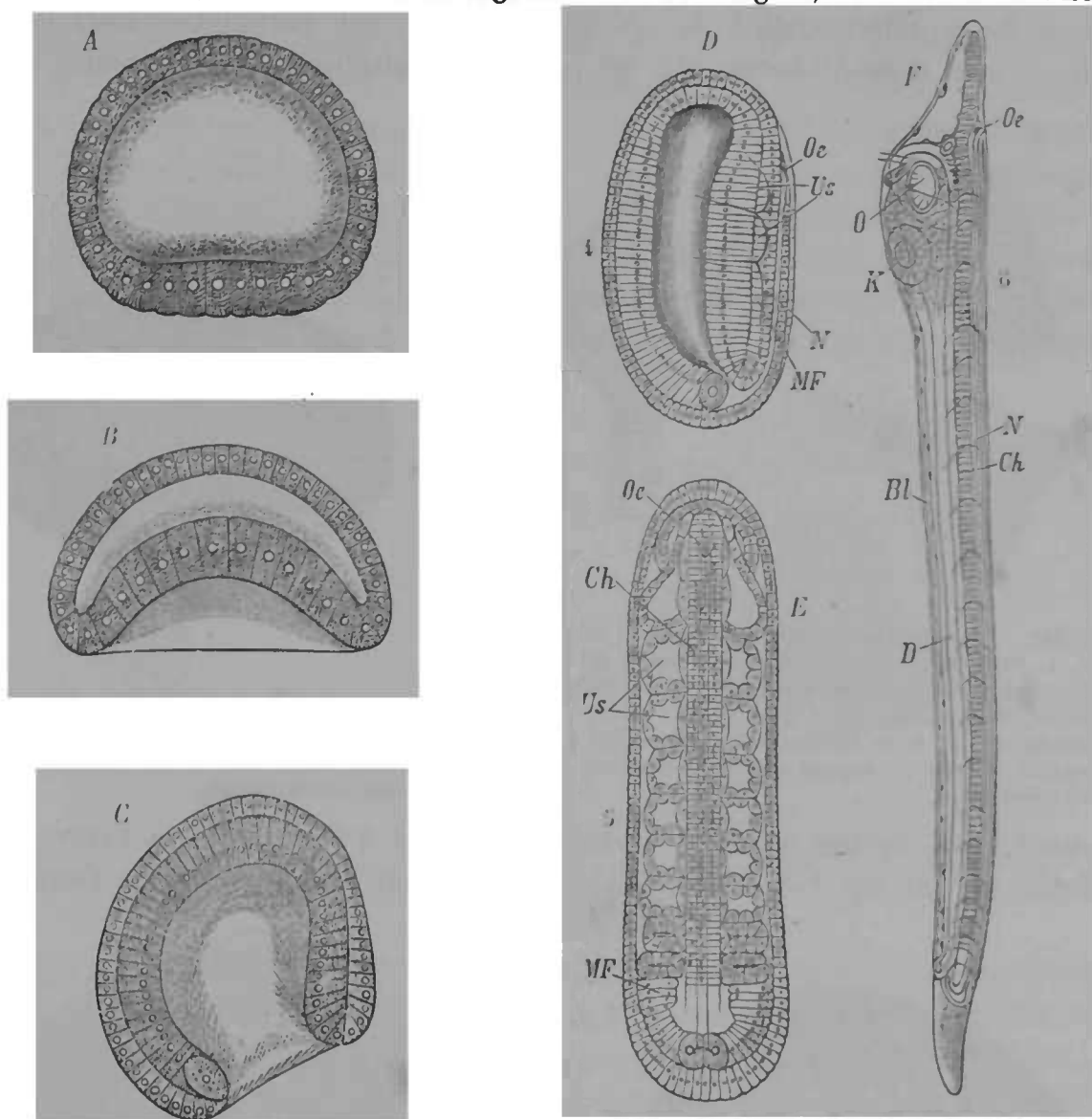


Fig. 241. — Développement de l'*Amphioxus* (d'après B. Hatschek). — A. Blastosphère. — B. Invagination de l'entoderme (gastrula). — C. Gastrula. Les cils des cellules exodermiques n'ont pas été représentés. — D. Coupe optique d'un embryon avec deux segments primitifs; *Us*, segments primitifs; *MF*, repli mésodermique; *N*, tube nerveux; *Oe*, son orifice externe. — E. Embryon avec neuf segments primitifs, représenté par la face dorsale pour montrer l'asymétrie des protovertèbres, *Ch*, corde dorsale. — F. Embryon plus avancé avec la bouche *O*, et la première fente branchiale *K*; *D*, tube digestif; *Bl*, vaisseau ventral.

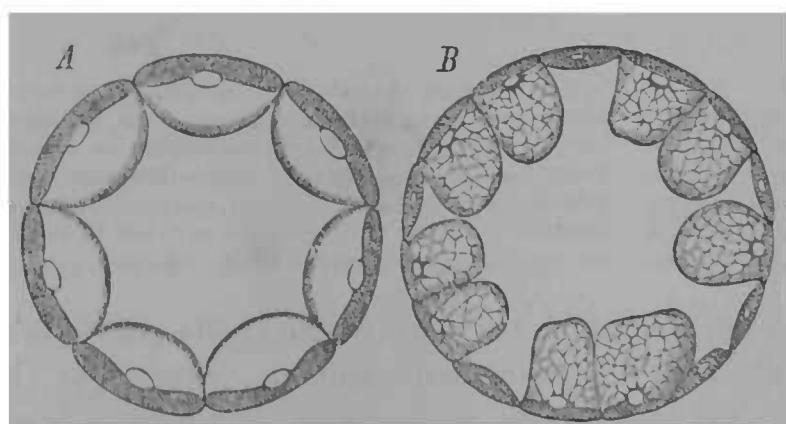


Fig. 242. — Coupe de l'œuf en voie de segmentation de la *Geryonia* (d'après H. Fol). — A, les trente-deux globes, qui limitent la cavité de segmentation, se divisent en un exoplasme finement granuleux et un endoplasme clair; B, phase plus avancée.

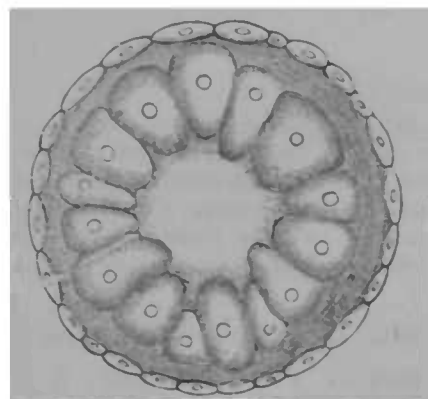


Fig. 243. — Embryon de *Geryonia*, après que la délamination est terminée (d'après H. Fol). — L'ectoderme s'est séparé de l'entoderme, qui est formé de gros éléments et limite la cavité de segmentation.

à former l'entoderme se différencie déjà au cours de la segmentation (*Sycandra*,

fig. 245) et peuvent arriver à former un des hémisphères de la *blastula*, qui, en raison de la différenciation de ses deux moitiés, est quelquefois alors désignée sous le nom d'*amphiblastula* (fig. 90, p. 63). L'hémisphère ainsi différencié s'aplatit

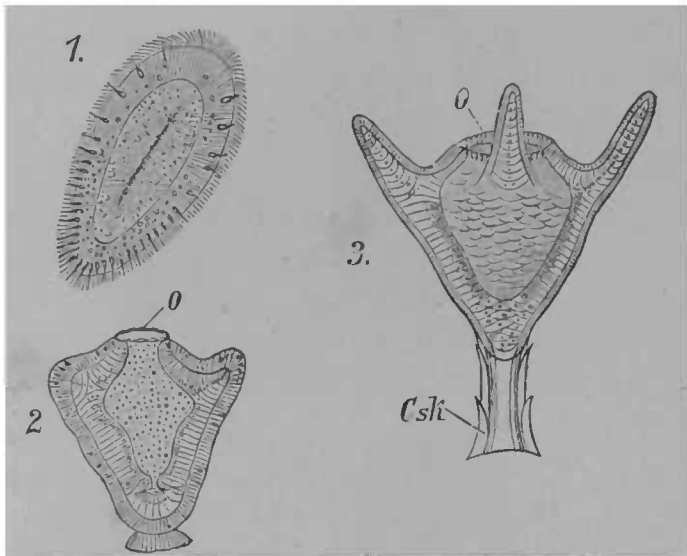


Fig. 244. — Développement de la Planula de la *Chrysaora*. — 1, Planula, dont l'enveloppe du corps est formée de deux couches cellulaires et présente une étroite fente gastrique; 2, la même après qu'elle s'est fixée; la nouvelle bouche *o* vient de se former et les tentacules se développent; 3, Polype présentant quatre tentacules, *Csk*, squellette cuticulaire.

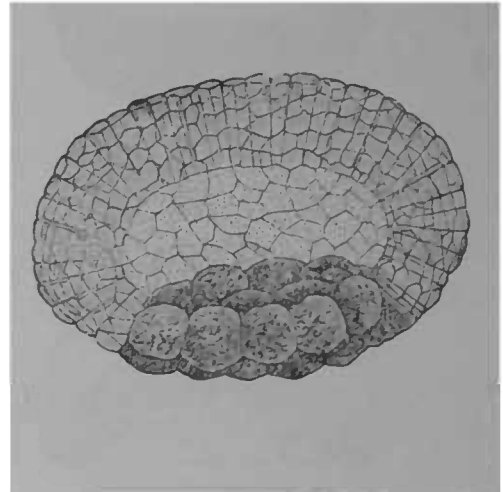


Fig. 245. — *Amphiblastula* de *Sycon raphanus* composée de longues cellules claires, entodermiques et de grosses cellules sombres exodermiques.

d'abord, puis devient concave et rentre en bloc à l'intérieur de l'autre qui se referme sur lui (fig. 246 et 247). Mais fréquemment l'invagination de l'entoderme

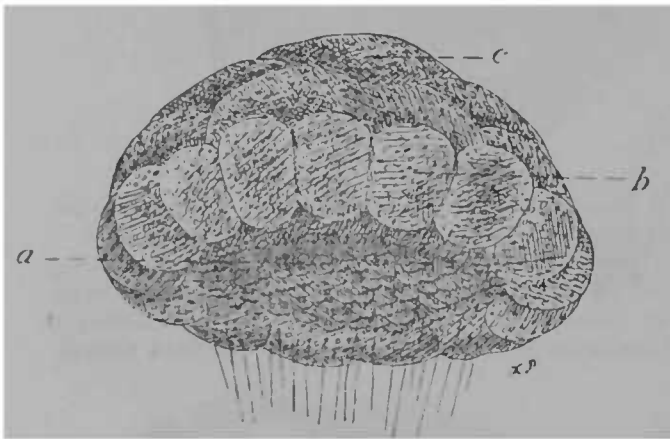


Fig. 246. — Larve libre de *Sycon raphanus* dont la couche de cellules flagellifères s'est complètement invaginée dans la couche des cellules granuleuses. — *a*, cellules flagellifères invaginées; *c*, cellules granuleuses de l'exoderme; *b*, cellules granuleuses marginales formant le bord de la bouche de la gastrula (d'après Fr. E. Schulze).

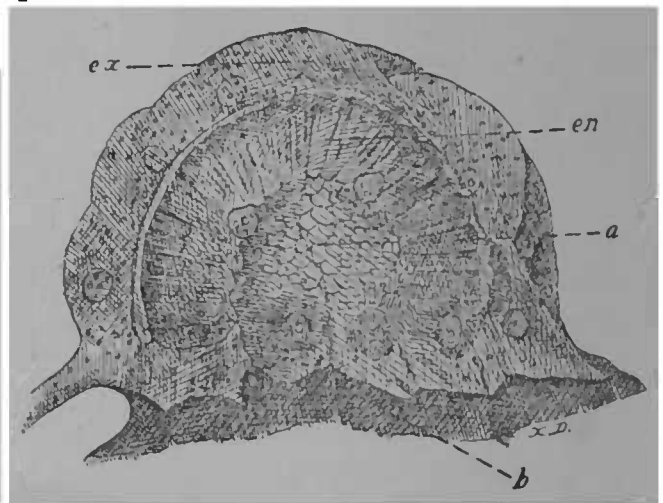


Fig. 247. — Coupe verticale d'une larve de *Sycon raphanus* après que l'invagination a eu lieu. — *ex*, ectoderme à cellules granuleuses devenues amiboïdes; *en*, entoderme formé par les cellules claires ciliées invaginées; *a*, cavité de la gastrula; *b*, cellules marginales amiboïdes bordant la bouche de la gastrula et fixant la larve sur les corps étrangers (d'après Fr. E. Schulze).

futur dans l'exoderme précède la différenciation des deux couches; elle peut commencer à se produire, à la suite d'une segmentation régulière, avant que le nombre des cellules de la *blastula* soit considérable. Ce processus déjà indiqué chez les Éponges calcaires, se caractérise chez les Discoméduses (*Chrysaora*, *Cassiopea*, *Aurelia*, fig. 249, *Pelagia*) ainsi que chez les Coralliaires élevés (diverses *Actinia*, *Monoxenia Darwinii*). Dans ces animaux, l'embryon présente à un certain moment la forme d'un double sac, dont les deux parties emboîtées l'une dans l'autre s'acco-

lent tout le long de leur orifice commun. Cet orifice peut être considéré comme une bouche conduisant dans le sac interne, où sont déjà introduites et modifiées des matières alimentaires, et qui fonctionne en conséquence comme un sac digestif, tandis que le sac externe fonctionne comme un tégument. On appelle souvent *archentéron* le sac digestif primitif. Le caractère de cette forme embryogénique est donc la présence d'une sorte d'estomac, d'où le nom de *gastrula* qui lui a été donné, tandis que son orifice porte ceux de *bouche primitive*, *prostomum*, *orifice d'invagination*. Cet orifice ne devient pas nécessairement la bouche définitive; assez souvent, il constitue au contraire l'anus (*Paludina*, fig. 259, p. 170), et se ferme

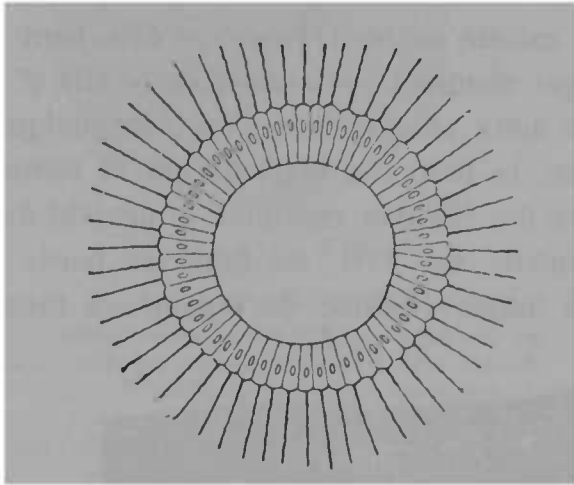


Fig. 248. — Phase de blastosphère d'une larve d'Acalèphe (*Aurelia aurita*).

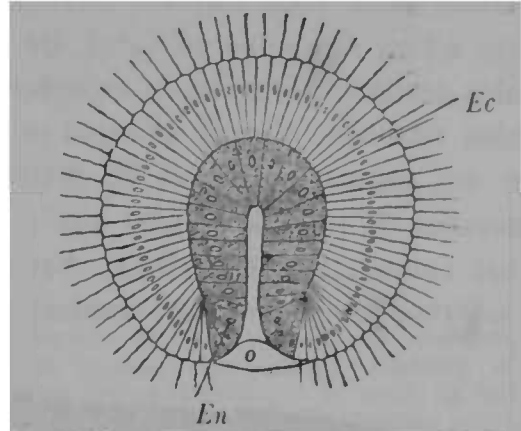


Fig. 249. — Phase de Gastrula de la larve d'*Aurelia aurita*. *Ec*, ectoderme; *En*, entoderme; *o*, bouche de la Gastrula (blastopore).

d'autres fois d'une manière complète, indiquant ainsi que l'invagination qui produit la *gastrula* n'est nullement en rapport avec la formation d'un appareil digestif, mais est simplement la conséquence de l'accroissement de la cavité de segmentation, qui devient suffisante pour qu'une moitié de la blastula puisse s'y replier et passer ainsi à l'état d'entoderme. Ces trois façons de se comporter peuvent être rencontrées dans le même groupe zoologique. Le résultat de l'invagination qui produit la *gastrula* est d'amener dans l'embryon la présence de deux cavités : l'une, qui s'ouvre au dehors, est la *cavité digestive primitive* ou *archentéron*; l'autre, comprise entre l'exoderme et l'entoderme, est le reste de la *cavité de segmentation* dont on peut distinguer cette forme nouvelle sous le nom de *cavité d'invagination*.

La phase de *gastrula*, relativement rare chez les Polypes, est la plus répandue dans le Règne animal. On l'observe chez tous les Échinodermes, les Nématodes, les Bryozoaires entoproctes, les Brachiopodes, la plupart des Vers annelés chétopodes, un grand nombre de Mollusques (*Paludina*, HETEROPODA, etc.), les Tuniciers et même chez un Vertébré, l'*Amphioxus*. Beaucoup de ces animaux sont déjà capables de mener, sous cette forme, une existence indépendante, et de nager, comme les *planula*, à l'aide des cils de leur exoderme, mais il n'en est pas toujours ainsi.

Altérations produites dans le développement embryonnaire par la présence d'une grande quantité de vitellus; développement blastodermique. — Un grand nombre de formes embryonnaires qui, au premier abord, semblent fort différentes de la *gastrula*, s'y laissent assez facilement ramener, comme si elles n'étaient que des modifications de ce type qui, en raison de son aptitude à mener une vie indépendante, peut être considéré comme primitif. Lorsqu'elle arrive à un certain

degré, l'inégalité de la segmentation ne permet plus la formation d'une *gastrula* par invagination, ou comme on dit encore, par *embolie*. En raison de leur petitesse relative, les cellules de segmentation qui s'accumulent au pôle formatif ne recouvrent que peu à peu les cellules vitellines. Si la segmentation de celles-ci a commencé, si elles ont déjà produit des cellules entodermiques, elles peuvent se grouper en une coupe au bord de laquelle vient se rattacher le manteau de petites cellules formatives, et l'on revient ainsi à une *gastrula* qui s'est formée non par embolie, mais par *épibolie*. Si les cellules vitellines sont très grosses, si par conséquent leur segmentation est très tardive, ce processus ne saurait conduire à la formation d'une vraie *gastrula*. Les cellules formatives ne forment longtemps qu'une calotte à l'un des pôles de l'œuf. De cette calotte ou *blastoderme*, se détachent les cellules destinées à former le mésoderme, qui viennent s'intercaler entre elle et les cellules vitellines. Il peut alors se produire deux phénomènes : ou bien quelques-unes des cellules vitellines se divisent sur le bord du blastoderme et forment au-dessous de lui une couche qui le sépare des cellules vitellines et devient finalement l'entoderme (GÉPHYREA, *Nassa mutabilis*, fig. 231), ou bien les bords du blastoderme se replient au contact de la masse vitelline de manière à former

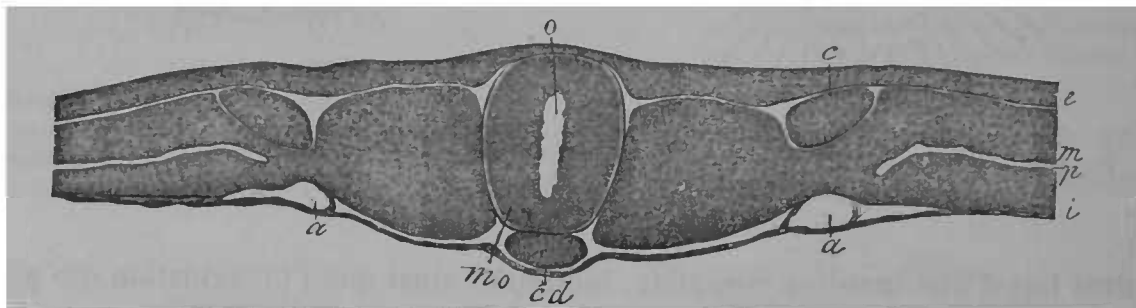


Fig. 250. — Embryon de Poule après cinquante-six heures d'incubation. Coupe transversale de la région dorsale (d'après Ranvier). — *e*, ectoderme; *i*, entoderme; *m*, mésoderme; *p*, cavité pleuro-péritonéale; *a*, aortes primitives; *mo*, moelle épinière; *c*, corps de Wolf; *cd*, corde dorsale; *o*, canal central de la moelle.

l'entoderme, le tout enveloppant finalement la masse vitelline (CÉPHALOPODES). On arrive ainsi au cas où, après une segmentation discoïde, le blastoderme se divise d'un coup en trois feuillets superposés, correspondant à l'exoderme, au mésoderme et à l'entoderme, comme c'est le cas chez la majorité des Vertébrés (fig. 250).

Les modifications que nous venons d'indiquer dans la formation de la *gastrula* se rencontrent rarement chez les formes inférieures du Règne animal (*Tubularia*?); on les constate presque toujours dans les formes organiques les plus élevées et par conséquent les plus modifiées de chaque groupe. Cette remarque conduit à penser que les formes relativement simples, en apparence, où on les rencontre (GÉPHYRIENS, HIRUDINÉES, TURBELLARIÉS), sont, en réalité, des formes régressives, ce que l'anatomie comparée nous avait déjà indiqué.

Bien qu'au premier abord, la segmentation périphérique paraisse peu favorable, à la formation d'une *gastrula*, elle permet cependant une phase de ce genre; mais l'invagination entodermique est nécessairement de peu d'étendue et comprise entre l'exoderme et la masse vitelline. C'est elle qui donne naissance au mésoderme (CRUSTACÉS DÉCAPODES, fig. 251 et 252). Le plus souvent cependant, il ne se forme pas de *gastrula* chez les Arthropodes : le blastoderme s'épaissit dans une région déterminée, puis se clive en trois lames superposées, comme dans le cas analogue

des Vertébrés (fig. 253). Bien entendu, dans tous les cas où la formation de la *gastrula* est aussi profondément modifiée, l'animal ne peut vivre d'une manière indépendante avant d'avoir résorbé une partie assez considérable de son vitellus; il demeure donc à l'intérieur des enveloppes de l'œuf où il poursuit son développement, et ne commence une vie active que lorsqu'il est arrivé à un état de

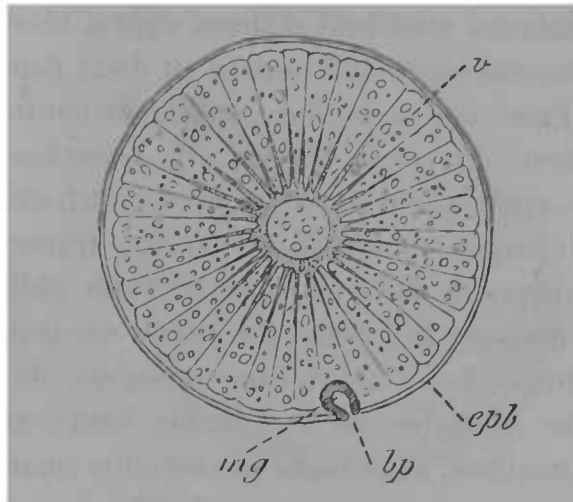


Fig. 251. — Coupe d'un œuf d'*Astacus fluviatilis*, dans lequel s'est produite l'invagination du blastoderme qui constitue l'entoderme (d'après Huxley). — V, vitellus; mg, cavité d'invagination limitée par l'entoderme (intestin moyen); bp, blastopore; epb, ectoderme.

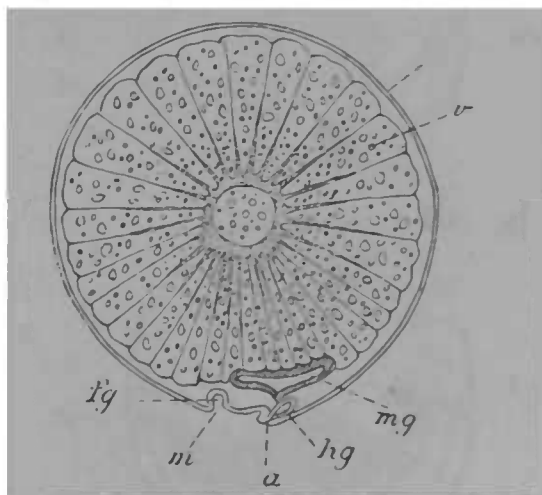


Fig. 252. — Coupe longitudinale d'un œuf d'*Astacus fluviatilis* sur lequel ont apparu les rudiments de l'intestin antérieur, de l'intestin postérieur et de l'abdomen (d'après Huxley). — a, anus; hg, intestin postérieur; mg, intestin moyen; fg, intestin antérieur; m, bouche; epb, ectoderme; v, vitellus.

développement plus avancé. Dans tous les cas, la masse vitelline est plus ou moins enveloppée par son revêtement cellulaire, le blastoderme, dans une partie de laquelle se localise d'abord le développement de l'embryon; on peut donner à ce mode de développement le nom de *développement blastodermique*.

Origine du mésoderme. — Le tissu mésodermique, intermédiaire entre l'exoderme et l'entoderme, a une origine fort variable. Il paraît n'être, chez les Éponges, qu'une différenciation de l'exoderme. Chez les Polypes, c'est d'abord une simple couche hyaline, dépourvue de plastides, qui se forme entre l'exoderme et l'entoderme; mais dans cette couche se montrent, chez les Discoméduses, des cellules libres, munies de longs pseudopodes, qui paraissent contribuer à sécréter la substance gélatineuse de l'ombrelle. On trouve des cellules semblables dans la substance gélatineuse des Ctenophores où elles se détachent de l'exoderme. Au contraire, les cellules migratrices qui constituent le mésoderme des Échinodermes (fig. 254) se détachent du sommet de la poche d'invagination (*Astropecten pentacanthus*, *Antedon rosacea*, *Synapta digitata*). Elles peuvent déjà apparaître alors que l'invagination est à peine indiquée (*Holothuria tubulosa*) ou même dès que la *blastula* s'est constituée (*Strongylocentrotus lividus*). La formation du mésoderme devenant de plus en plus précoce arrive ainsi à précéder celle de l'entoderme.

On n'a pas encore un très grand nombre de données sur le mode de développement du mésoderme chez les Arthropodes. Comme on pouvait s'y attendre, ce mode de développement est assez varié chez les Crustacés. Le mésoderme des Décapodes n'apparaît qu'après l'entoderme; mais ses éléments ne prennent pas toujours, semble-t-il, naissance de la même façon. Chez certains Cladocères (*Moina rectirostris*), le mésoderme se différencie déjà durant la segmentation, ainsi que l'entoderme et les glandes génitales qui sont représentés respectivement par une cellule qu'entourent

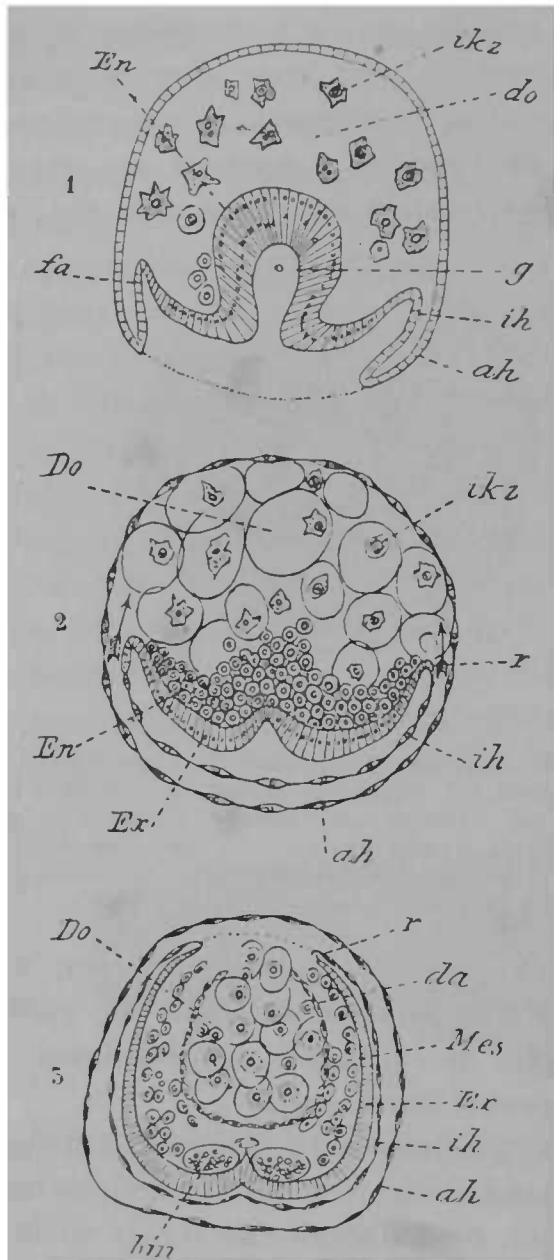


Fig. 253. — Coupes de blastula de la *Lina populi* pour montrer la formation des membranes embryonnaires et des feuilletts blastodermiques (d'après V. Graber). 1. Stade de Gastrula. *En*, invagination de la portion médiane de la lame ventrale; *fa*, repli de la paroi de la blastula sur les bords de la lame; *ah*, lame externe et *ih*, lame interne du repli amniotique; *do*, vitellus; *ikz*, cellules vitellines, internes; *g*, gouttière de la lame ventrale dont les cellules, en se séparant de cette dernière, formeront le mésoderme. — 2. Stade plus avancé. Les replis se sont réunis au-dessous de la lame ventrale. *En*, mésoderme provenant des cellules invaginées; *Ex*, ectoderme; *ah* et *ih*, enveloppes externe et interne formées par la soudure des lames externe et interne des replis; *Do*, masses formées par la fragmentation secondaire du vitellus nutritif; *ikz*, cellules embryonnaires situées dans l'intérieur de ces masses. — 3. Stade encore plus avancé. La paroi du corps *Ex* et l'enveloppe interne (amnios) *ih* se sont avancées vers la face dorsale jusqu'en *r*, *Mes*, mésoderme; *da*, épithélium de l'intestin moyen; *Da*, vitellus; *bm*, chaîne ganglionnaire ventrale; *ah*, membrane séreuse; *ih*, amnios.

les cellules mésodermiques. Tous ces éléments, d'abord superficiels, pénètrent ensuite dans la cavité de segmentation. Les Onychophores (*Peripatus*) présentent cette particularité remarquable que les éléments mésodermiques sont tout d'abord éparés, et se répartissent assez tardivement en deux couches, l'une, la *somatopleure*, appliquée contre les parois du corps, l'autre, la *splanchnopleure*, appliquée contre le tube digestif. Ces deux couches sont réunies par des tractus irréguliers, et deux cloisons latérales obliques divisent la cavité du corps en trois chambres. Le blastoderme sphérique des *Chelifer* se divise de très bonne heure en deux couches, dans toute son étendue; mais ce cas est encore exceptionnel. En général, le blastoderme s'épaissit suivant une plaque plus ou moins étendue, où ses cellules deviennent colonnaires et constituent ainsi la *lame ventrale*. C'est de la division des cellules contenues dans cette plaque ventrale que résulte le mésoderme (CIRRIPÈDES, AMPHIPODES, ISOPODES, fig. 255, SCORPIONIDES, ARANÉIDES, INSECTES). Il se constitue, chez les Insectes, une invagination médiane, longitudinale, donnant naissance à une gouttière dont les

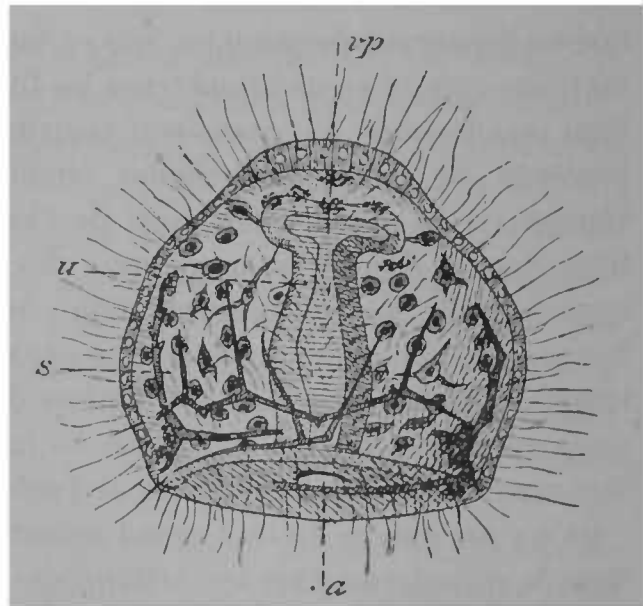


Fig. 254. — Larve d'*Echinus miliaris* âgée de 48 heures (d'après Selenka). — *S*, squelette calcaire; *p*, cellules mésodermiques libres dans la cavité d'invagination; *u*, bouche de la Gastrula (futur anus); *vp*, vésicule vaso-péritonéale; *u*, intestin primitif.

bords se ferment au bout d'un certain temps. La paroi de cette gouttière forme le

mésoderme (fig. 253). Il est possible, cependant, que des cellules mésodermiques naissent d'autres parties du blastoderme, ou même dérivent directement du vitellus.

Les Nématodes nous montrent un mode nouveau de formation du mésoderme. Ce feuillet naît chez le *Cucullanus elegans* au voisinage du blastopore, et forme d'abord entre l'entoderme et l'exoderme une bandelette suspendue au pourtour de l'orifice buccal (fig. 256).

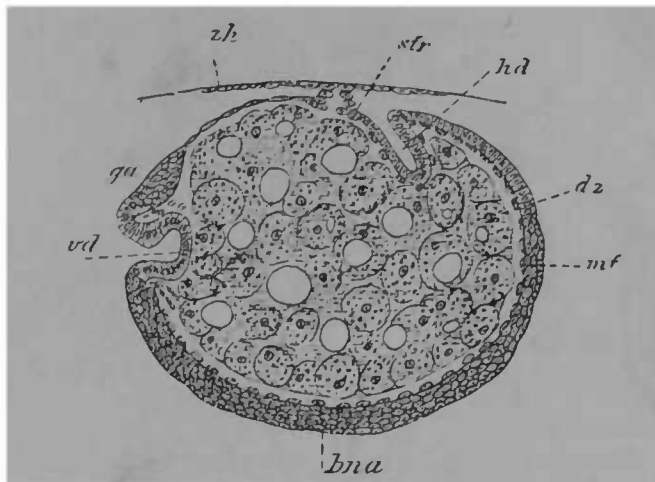


Fig. 255. — Coupe longitudinale à travers un embryon d'*Oniscus murarius* (d'après Bobretsky). — *vd*, intestin antérieur; *hd*, intestin postérieur; *ga*, rudiment du cerveau; *bna*, rudiment de la chaîne ventrale, *zh*, membrane larvaire; *str*, le cordon qui la réunit à l'embryon; *mt*, mésoderme; *dz*, entoderme représenté par les cellules vitellines.

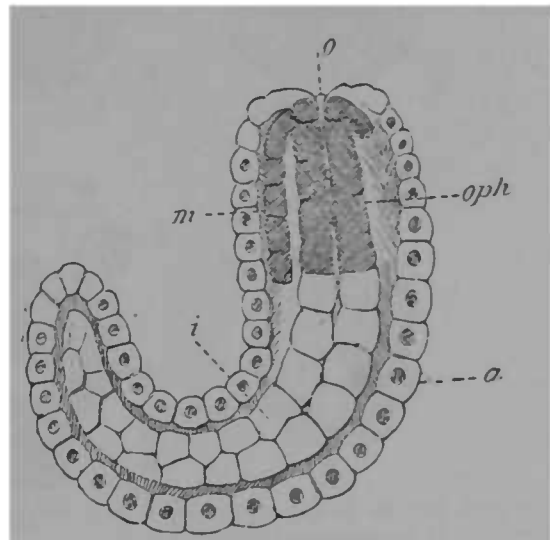


Fig. 256. — Embryon de *Cucullanus elegans* (d'après Bütschli). — *o*, bouche; *oph*, portion œsophagienne et *i*, portion intestinale de l'entoderme; *m*, mésoderme en voie de formation; *a*, ectoderme.

Les Chétognathes et les Brachiopodes, qui d'ailleurs ne paraissent avoir aucun rapport de parenté produisent leur mésoderme d'une façon tout à fait particulière : comme chez les Échinodermes, il se détache du fond du sac digestif de la *gastrula* deux diverticules formés d'une seule couche de cellules qui grandissent peu à peu jusqu'à s'appliquer, d'une part sur la paroi du tube digestif, d'autre part sur la paroi du corps, constituant aussi d'emblée la somatopleure et la splanchnopleure. C'est aussi du tube digestif primitif et par un procédé analogue que dérive le revêtement intérieur de la cavité générale chez les *Balanoglossus* (fig. 257); les choses rappellent davantage ce que nous avons décrit chez les Échinodermes, mais ces ressemblances ont encore besoin d'être soigneusement discutées.

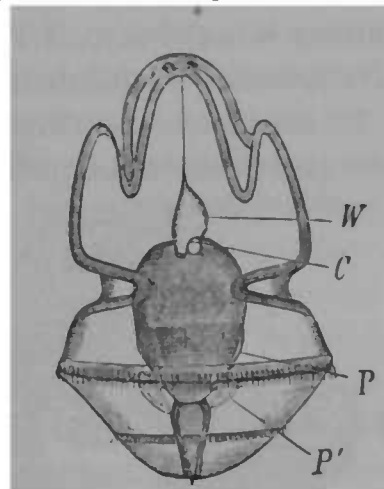


Fig. 257. — *Tornaria* vue par la face dorsale, d'après Metschnikoff. — *C*, cœur; *W*, ébauche de l'appareil aquifère; *P* et *P'*, sacs péritonéaux.

A ces exceptions près, les phénomènes de la formation du mésoderme chez les Néphridiés présentent dans les différents groupes des modifications parallèles, offrant, dans chaque groupe, de remarquables gradations. Ces modifications peuvent être rangées sous trois chefs principaux suivant que la *gastrula* est réalisée par embolie, par épibolie, ou que le développement est blastodermique.

Les Bryozoaires, les Oligochètes du genre *Lumbricus*, les *Paludina*, parmi les Gastéropodes pectinibranches, la plupart des Ascidies (*Phallusia*), l'*Amphioxus*, parmi les Vertébrés, ont une *gastrula* embolique. Chez les Bryozoaires entoproctes (*Pediacellina*), peu après l'invagination de l'entoderme, deux grosses cellules superficielles

se différencient du côté anal du blastopore, puis s'enfoncent peu à peu sous l'exoderme, ce sont les initiales du mésoderme (fig. 258). Il se produit de même deux initiales mésodermiques, postérieures, qui apparaissent peu avant le stade gastrula

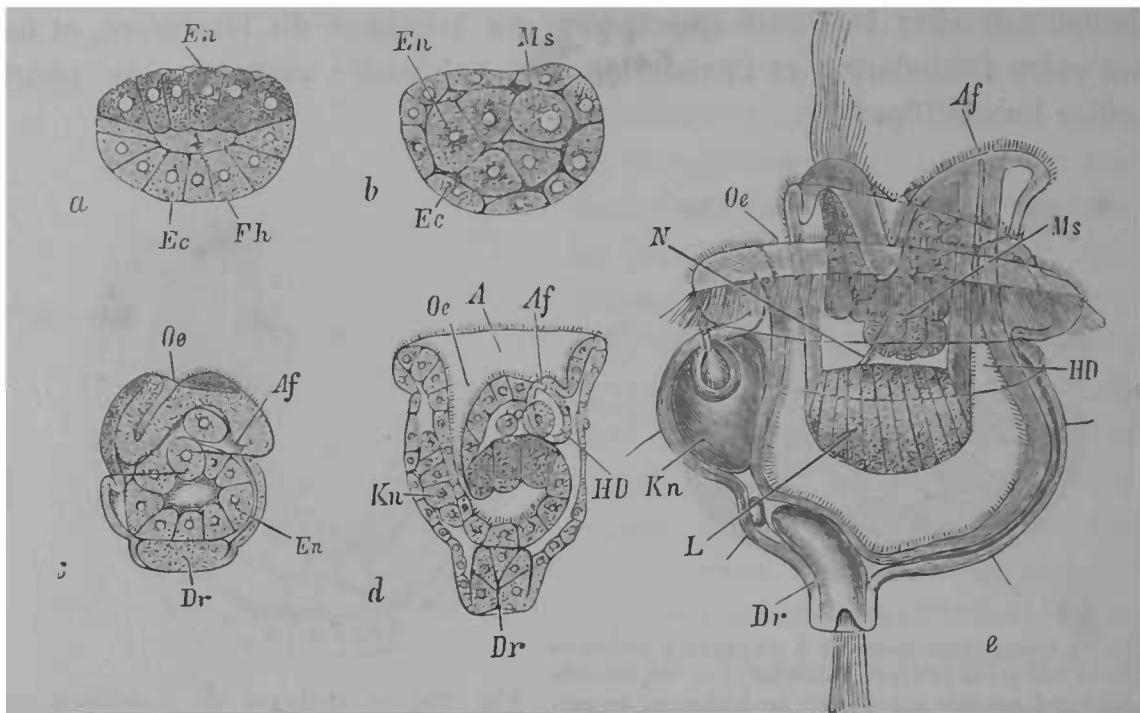


Fig. 258. — Développement de la *Pedicellina echinata* (d'après B. Hatschek). — *a*, blastosphère dont le côté entodermique est aplati; *Ec*, ectoderme; *En*, entoderme; *Fh*, cavité de segmentation. — *b*, stade plus avancé en coupe optique; *Ms*, une des deux cellules primitives du mésoderme. — *c*, stade encore plus avancé en coupe optique; *Dr*, calotte; *Oe*, œsophage; *Af*, rudiment du rectum. — *d*, jeune larve en coupe optique. *A*, vestibule; *HD*, intestin terminal; *Kn*, organe dorsal. — *e*, larve plus âgée. *N*, conduit du rein; *L*, cellules hépatiques; *Ms*, cellules mésodermiques.

chez les *Lumbricus trapezoides*, *L. rubellus*, *Criodrilus*; ces initiales proviendraient, suivant Kowalevsky, de l'entoderme, mais elles sont d'abord superficielles chez le *L. trapezoides* (Kleinenberg), et il est bien probable que c'est là le cas général.

Le blastopore, résultant de l'invagination entodermique devient l'anus chez les *Serpula* et *Paludina*. Dans ces deux types, le mésoderme n'apparaît aussi qu'après la

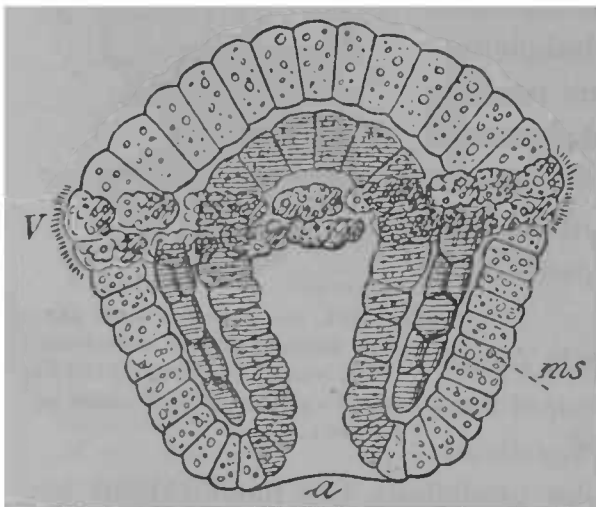


Fig. 259. — Embryon de *Paludina vivipara* (d'après Bütschli). — La gastrula est complètement formée et le mésoderme est déjà très développé. — *V*, voile; *a*, anus (blastopore); *ms*, mésoderme.

production de la gastrula. Il se montre chez les *Paludina* sous forme de deux rangées symétriques et postérieures de cellules dont le nombre augmente graduellement (fig. 259, *ms*). Il est bien probable que, là aussi, il existe seulement deux initiales mésodermiques; mais on n'a pas vu se former ces initiales. Deux bandelettes mésodermiques analogues existent chez les Bryozoaires ectoproctes; ici elles dérivent, d'après Barrois, de l'entoderme.

Chez les Tuniciers et l'*Amphioxus*, le blastopore est recouvert par le canal nerveux, et établit une communication temporaire entre ce canal et la cavité digestive

primitive; on peut le considérer comme situé à l'extrémité postérieure du corps de l'embryon; c'est dans son voisinage que se différencient les cellules de la corde caudale, évidemment mésodermique chez les Ascidies (fig. 260 et 261). Tout

auprès du blastopore se trouvent symétriquement placées, chez l'*Amphioxus*, deux grosses cellules dont l'aspect, la position et les rapports semblent exactement ceux des initiales mésodermiques des Lombriciens (fig. 241, p. 163). Mais ici le mésoderme est issu de deux diverticules latéraux de l'intestin primitif, analogues à ceux que l'on observe chez les Chétognathes et les Brachiopodes; la corde dorsale est aussi une différenciation de l'entoderme; le mésoderme de l'*Amphioxus* est donc tout entier d'origine entodermique.

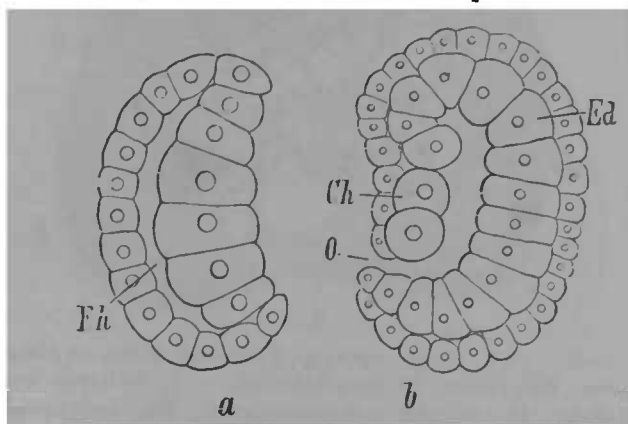


Fig. 260. — Développement de la *Phallusia mammillata* (d'après Kowalevsky). — a, commencement de l'invagination de la blastula; Fh, cavité de segmentation. — b, gastrula; O, orifice d'invagination; Ed, entoderme; Ch, ébauche de la corde dorsale (urocorde).

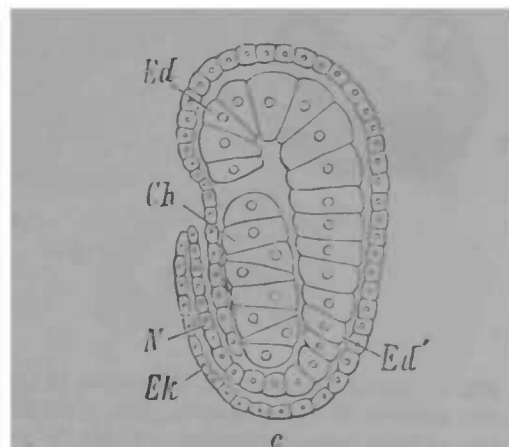


Fig. 261. — Coupe longitudinale oblique d'un embryon de *P. mammillata* au moment où se forme la corde (d'après Kowalevsky). — Ek, ectoderme; Ed, feuillet intestino-glandulaire; Ed', cellules de ce feuillet situées sous la corde; Ch, corde; N, ébauche du tube nerveux encore ouvert.

Lorsque la segmentation est nettement irrégulière et que la gastrula se forme par épibolie, la différenciation du mésoderme peut être plus ou moins précoce et précéder de beaucoup la formation du blastopore. Chez les *Nereis*, *Psymbranchus*, *Pileolaria*, *Aricia*, *Spio*, *Terebella*, etc., le fractionnement est irrégulier; mais chez aucune d'elles on ne voit apparaître d'initiale mésodermique. L'exoderme acquiert simplement, en deux régions symétriques de la partie postérieure de l'embryon, deux ou plusieurs couches de cellules qui arrivent jusqu'au blastopore et dont les plus internes constituent le mésoderme; il n'existe à ce moment entre les deux feuillets aucune différence essentielle. Quant au blastopore, il peut être antérieur, postérieur (*Nereis*) ou ventral (*Pileolaria*, *Aricia*).

Chez les *Euaxes*, *Nepheleis*, *Clepsine*, *Leptoplana*, *Echiurus*, *Nassa*, *Planorbis* (fig. 262), *Teredo* (fig. 237, p. 157) chez qui la segmentation est très inégale, il se différencie, par des procédés différents, des initiales mésodermiques, bien avant que l'épibolie soit achevée. Elles se forment, en général, directement aux dépens des sphères de segmentation qui tantôt deviennent l'entoderme, tantôt persistent à l'état de vitellus nutritif. Leur position est d'abord superficielle, mais elles ne tardent pas à s'insérer entre l'entoderme et l'exoderme qui les recouvre. Chez la *Bonellia*, les cellules mésodermiques ne se différencient pas au préalable; quand la calotte exodermique a acquis un développement suffisant, elle se replie sur ses bords; la partie repliée, qui passe entre l'entoderme et la calotte exodermique, constitue le mésoderme.

Le développement épibolique fait place à un mode nouveau de formation des feuillets chez la *Dasychone lucullana*, Annelide polychète et chez l'*Enchytræides Marionii*, espèce de Lombricien. La segmentation aboutit à la formation d'une *planula* pleine, à deux, puis plusieurs couches de cellules. Il se trouve au centre de

cette planula une cavité. La couche de cellules qui entoure immédiatement cette cavité se différencie des autres et devient l'entoderme, tandis que les couches de cellules restantes forment le mésoderme (Roule).

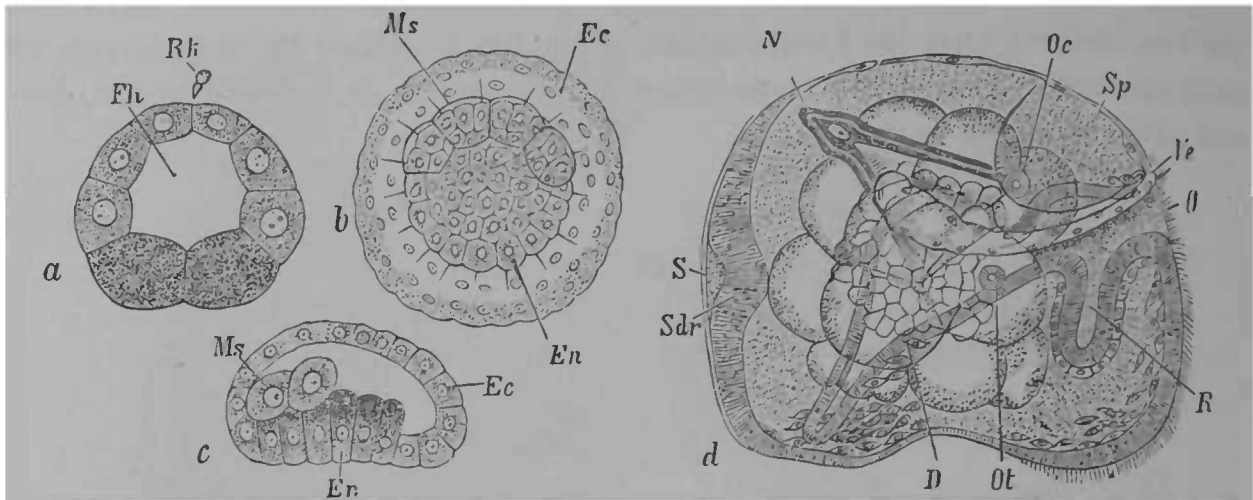


Fig. 262. — Développement du *Planorbis* (d'après C. Rabl). — a, coupe optique d'un œuf divisé en vingt-quatre sphères de segmentation; *Rk*, globules polaires; *Fh*, cavité de segmentation. — b, embryon avec quatre cellules mésodermiques, vu par le pôle végétatif. *Ms*, cellules mésodermiques; *En*, entoderme; *Ec*, ectoderme. — c, coupe optique oblique de l'embryon précédent.

Nous arrivons ainsi au mode de formation du mésoderme des Vertébrés (fig. 263).

Il se forme presque toujours ici un blastoderme entourant une masse vitelline plus ou moins volumineuse, segmentée ou non. Ce blastoderme présente un épaississement formé de plusieurs couches de cellules dans la région où l'embryon se constitue; la couche la plus superficielle de ces cellules forme l'exoderme qu'une cavité de segmentation, ne tarde pas à séparer d'ordinaire de la couche profonde. Chez les Vertébrés aquatiques, les cellules de cette couche profonde forment l'entoderme et, de chaque côté de la ligne médiane, une bande mésodermique comprise entre l'exoderme et l'entoderme et en continuité avec ce dernier. Chez les Vertébrés aériens, le mésoderme se constitue à la fois aux dépens de l'exoderme et de l'entoderme.

Chez les Néphridiés, c'est ordinairement dans le mésoderme que la métamérisation du corps commence à se montrer. Si les bandelettes mésodermiques sont pleines, la division du mésoderme en métamères successifs peut tout d'abord s'accuser seulement par une différenciation de ses cellules, qui se disposent en groupes successifs où les cellules de même forme se répètent régulièrement (*Aricia*, *Terebella*, *Pileolaria*, etc.). Des cavités somatiques indépendantes apparaissent ensuite dans les segments. Mais bien auparavant, et alors que les métamères mésodermiques sont fort peu nombreux, la métamérisation gagne l'exoderme, si bien que la métamérisation mésodermique n'est que de fort peu en avance sur la métamérisation générale.

L'apparition de ces cavités est beaucoup plus précoce chez les types à initiales mésodermiques différenciées (*Polygordius*, OLIGOCHÈTES, GÉPHYRIENS, fig. 146, p. 100), si bien qu'il semble que ce soit par l'apparition de ces cavités successives que les métamères se distinguent les uns les autres. Enfin, si le mésoderme est creux dès sa première apparition, c'est par la formation de cloisons cellulaires dans sa cavité que la métamérisation se manifeste (fig. 241, D et E). Dans ces deux derniers cas, la métamérisation mésodermique peut être de beaucoup en avance sur la métamérisation générale.

Cette localisation momentanée de la métamérisation dans le mésoderme a conduit à se demander quelle était la nature des métamérides. Doit-on les considérer comme des divisions secondaires, purement physiologiques, destinées à assurer une égale répartition des forces dans un organisme essentiellement un? Sont-ils au contraire des unités, primitivement aptes à se dissocier et qui sont demeurées unies et plus

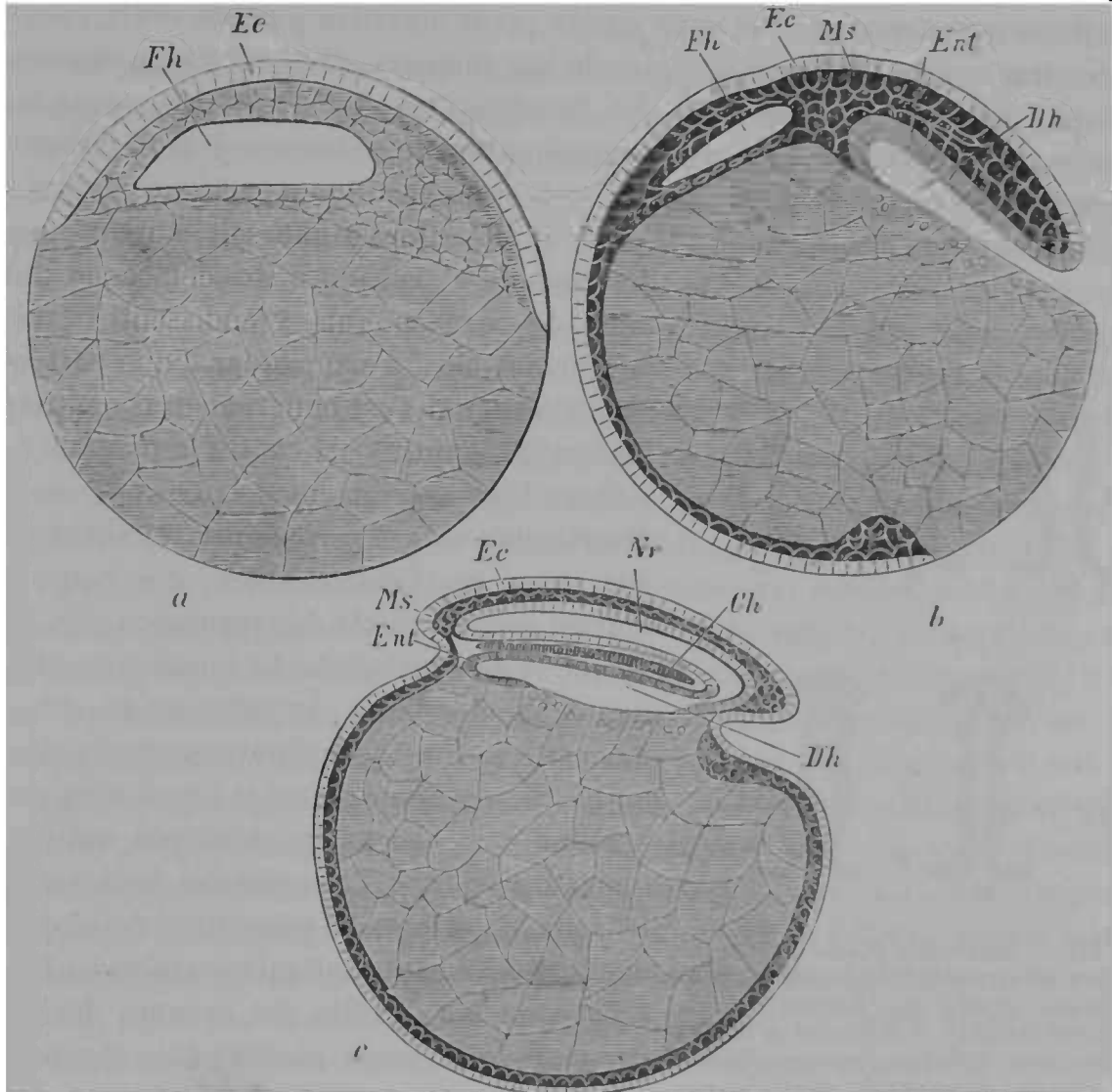


Fig. 263. — Coupes longitudinales schématiques à travers le corps d'un embryon de Vertébré : — *a*, à la fin de la segmentation ; — *b*, au moment où la cavité digestive se forme à l'extrémité postérieure (gastrula) ; — *c*, à l'époque où le tube nerveux est clos et où il communique avec le tube digestif (d'après Balfour) ; — *Ec*, ectoderme ; *Ent*, entoderme ; *Ms*, mésoderme ; *Fh*, cavité de segmentation ; *Dh*, cavité digestive ; *Nr*, tube nerveux ; *Ch*, corde.

ou moins coalescentes. Tous les faits exposés jusqu'ici parlent manifestement en faveur de cette dernière interprétation ; si l'on considère, d'autre part, que la métamérisation du mésoderme se produit de façons différentes, qu'elle s'étend d'autant plus vite à toute l'épaisseur du corps que l'organisme est moins élevé, que les métamères dans les organismes les plus élevés, comme dans les plus simples, se forment non pas d'emblée, mais successivement, qu'ils se séparent fréquemment dans les formes inférieures, et dans celles-là seulement, qu'ils sont en général d'autant plus évidents que l'animal est plus jeune, on est conduit à voir dans leur apparition plus précoce au sein du mésoderme, un simple mécanisme de développement dont le mode de réalisation est à expliquer, mais qui ne saurait infirmer en rien, pas plus d'ailleurs que les autres mécanismes embryogéniques, la valeur des conclusions tirées de la morphologie comparée.

Formation d'une cavité générale: Entérocoèle et Schizocoèle. — Ordinairement chez les Phytozoaires des cellules exodermiques pénètrent de bonne heure dans la cavité de segmentation pour y constituer le mésoderme. Chez les Éponges, elles s'y multiplient toujours suffisamment pour la remplir et accoler l'entoderme à l'exoderme. Cet accollement se produit aussi chez les Polypes, avec ou sans intervention de cellules mésodermiques, de sorte que la cavité digestive persiste seule, ce qui est un des traits les plus caractéristiques de ces animaux. Chez les Échinodermes, les Chétognathes, les Entéropeustes, les Brachiopodes et l'*Amphioxus*, après que la *gastrula* s'est constituée, le sac entodermique donne naissance à deux diverticules symétriques ou à un diverticule impair se divisant ensuite en trois autres, dont deux sensiblement symétriques (fig. 254, 257 et 264). Quelle que soit leur origine, ces

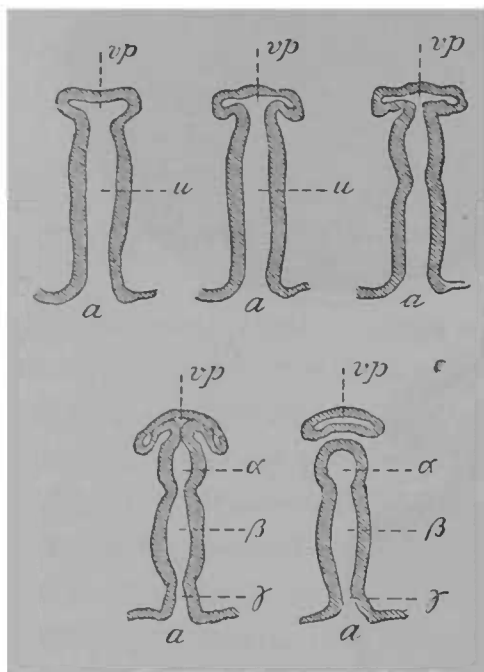


Fig. 264. — Différentes phases de la séparation de la vésicule vaso-péritonéale de l'intestin primitif de l'*Echinus miliaris* (d'après Selenka). — *a*, bouche de la *Gastrula* (anus futur); *u*, intestin primitif; α , intestin antérieur; β , intestin moyen (estomac); γ , intestin terminal; *vp*, sac péritonéal.

diverticules symétriques se détachent rapidement de l'archentéron, grandissent beaucoup, et arrivent ainsi à s'appliquer d'une part sur le tube digestif qui s'est entièrement constitué dans l'intervalle, d'autre part contre la paroi du corps.

Dans leur mouvement d'extension, ces deux diverticules ou *sacs péritonéaux*, refoulent devant eux, chez les Échinodermes, des corpuscules flottant dans la cavité d'invagination (fig. 254, *p*) et qui se sont détachés du sommet de l'invagination entodermique, au moment où elle commençait à se constituer. Ces corpuscules forment, entre les sacs péritonéaux et l'exoderme ou l'entoderme, une couche qui n'est pas autre chose que le mésoderme. La cavité des deux sacs péritonéaux, dans laquelle peuvent se développer de nouveaux éléments flottants (*corpuscules lymphatiques*), ou faire saillie des organes développés sur leur paroi (*corps plastidogène, glandes génitales, canaux absorbants des Échinodermes*), devient la cavité même du corps, comprise entre le tube digestif et le système tégumentaire. En raison de

son origine, on appelle *entérocoèle* une cavité du corps ainsi constituée. Il est à remarquer que, chez les animaux qui nous occupent, les parois du corps sont constituées, comme chez les Éponges et les Méduses, par une couche exodermique, une couche mésodermique et une couche entodermique. Dans ces parois, le mésoderme peut d'ailleurs présenter, chez les Échinodermes, des fentes ou fissures plus ou moins étendues, plus ou moins régulières. Ces cavités supplémentaires qui peuvent, elles aussi, contenir des organes importants, ont été comparées à ce qu'on appelle le *schizocoèle* chez la très grande majorité des Artiozoaires.

La cavité du corps des Chétognathes, des Brachiopodes, des Entéropeustes et de l'*Amphioxus* est aussi un entérocoèle; mais ici les parois des vésicules entodermiques qui les constituent forment elles-mêmes le mésoderme.

Dans tous les autres groupes du Règne animal, il ne se forme pas d'entérocoèle. Ce sont des lacunes nées dans l'épaisseur du mésoderme qui constituent la *cavité*

viscérale, cavité générale ou cavité du corps. En raison de son mode de formation par une sorte de déchirement, la cavité générale, lorsqu'elle apparaît ainsi, prend le nom de *schizocèle*. Il suit de là que, chez la plupart des Artiozoaires, les parois du corps et celles du tube digestif ne sont formées que de deux couches d'origine différente, au lieu de trois, et sont plus simples que chez les Échinodermes.

Marche générale du développement embryogénique après la constitution du protoméride. — Embryogénie normale. — Il est nécessaire, si on veut arriver à la claire intelligence des phénomènes embryogéniques qui suivent ces premières phases, de les considérer d'abord dans une série zoologique où les diverses parties constitutives du corps, mérides ou zoïdes, soient nettement caractérisées; où ces parties, relativement simples, aient une grande aptitude à se modifier; où il soit facile de suivre leur mode d'apparition, leurs transformations ultérieures et leurs degrés divers de coalescence. A cet égard, les animaux ramifiés, en général, et, en particulier, les Polypes hydriques, forment une série particulièrement instructive. En comparant les diverses formes de Polypes hydriques, nous avons vu (chapitre II, p. 43) qu'elles étaient entre elles, comme si une forme primitive, l'Hydre par exemple, s'était ramifiée par bourgeonnement, et avait ainsi produit une forme complexe, dont les rameaux, *mérides, zoïdes* ou *dèmes*, suivant les cas, primitivement semblables et indépendants, se seraient ensuite différenciés, adaptés à des fonctions particulières et, en conséquence, solidarisés. On peut toujours disposer les diverses formes animales dans un ordre de complication, de différenciation et de solidarisation croissantes; s'il est vrai, que les formes simples des êtres naturels aient apparu les premières, et que les autres en aient dérivé, soit par voie de filiation, soit par tout autre procédé, la disposition ainsi obtenue doit se rapprocher sensiblement de l'ordre d'apparition de ces êtres. Chaque être vivant commençant, d'ailleurs, à l'état de simple plastide, les phénomènes de complication, de différenciation, de solidarisation, doivent se présenter, dans son évolution embryogénique, suivant un ordre correspondant à celui dans lequel se succèdent les diverses formes qui relient l'être considéré aux formes simples du groupe auquel il appartient. Dans le cas particulier où l'on admet que les êtres vivants sont issus les uns des autres par voie de filiation, cela revient à dire que : *dans son développement embryogénique, chaque individu doit revêtir successivement les formes mêmes par lesquelles a passé son espèce pour arriver à son état définitif.* C'est la loi de Fritz Müller qui n'est elle-même que l'expression nouvelle d'une idée déjà indiquée par Kiellmeyer, qu'on retrouve dans les écrits d'Autenrieth, d'Oken, de Spix, de Gœthe, dont E. Geoffroy Saint-Hilaire a fait de brillantes applications, et que Serres a le premier nettement formulée, en attribuant, à la vérité, à l'organisme humain une importance morphologique beaucoup trop grande, lorsqu'il disait : « *La série animale n'est qu'une longue chaîne d'embryons, jalonnée d'espace en espace, et arrivant enfin à l'homme* ¹; » ou encore : « *L'organogénie humaine est une anatomie comparée transitoire, comme, à son tour, l'anatomie comparée est l'état fixe et permanent de l'embryogénie humaine* ². »

¹ Serres, *Précis d'anatomie transcendante appliquée à la physiologie*, 1842, fig. 91.

² Serres, *ibid.*, p. 49.

D'après ces principes, les phases de l'embryogénie d'un Hydraire arrivé au maximum de complication, devraient, par exemple, se succéder dans l'ordre suivant :

- 1° Transformation de la *planula* en un premier polype ou *protoméride* ¹
- 2° Développement de nouveaux polypes ou *mérides* par bourgeonnement.
- 3° Différenciation des mérides déjà formés.
- 4° Groupement de certains mérides en rayons.
- 5° Coalescence de ces mérides pour constituer des Méduses.
- 6° Différenciation et adaptation des Méduses à des fonctions diverses, comportant ou non leur séparation des *dèmes* dont elles font partie.
- 7° Formation des éléments génitaux.

Il est toujours permis de considérer ce mode de développement, alors même qu'il ne serait pas strictement réalisé, comme un type, auquel il sera possible de comparer tous les autres, de manière à en mesurer les différences. Nous appelons ce type, *type embryogénique normal* ou, par abréviation, *embryogénie normale*, et nous aurons à rechercher dans quelle mesure et de quelle façon en diffèrent les autres modes de développement réellement observés.

Il est clair que la loi de Serres, notamment sous la forme que lui donnent Fritz Müller et les partisans de la théorie de la descendance, suppose que *dans le mode de développement le plus rapproché du type normal, les diverses formes embryonnaires qui se succèdent sont toutes capables de mener une existence indépendante*. C'est à ce signe, qui implique, en général, une éclosion précoce de l'embryon, que le *type embryogénique normal* de chaque série organique pourra être pratiquement reconnu, et c'est à ce type que tous les autres devront être comparés.

Les phases successives du développement embryogénique normal sont, à très

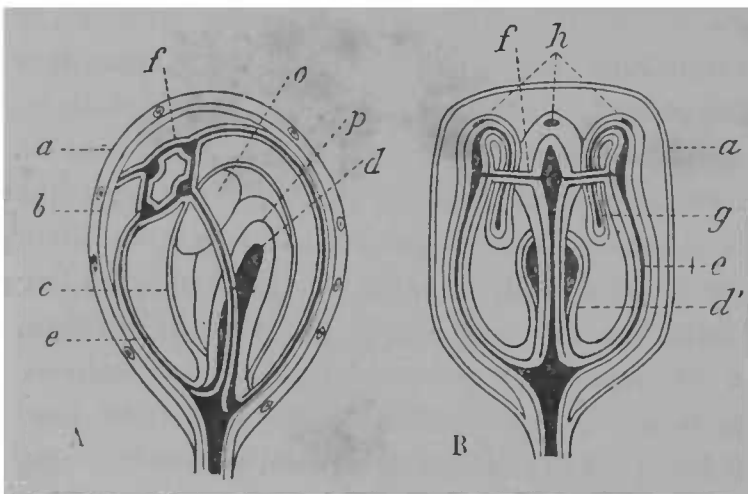


Fig. 265. — Types de Gonophores. — A, *Tubularia indivisa*; B, *Syncoryne eximia*; a, exothèque; c, endothèque; d', manubrium; f, canal gastro-vasculaire circulaire; h, ocelles; o, œufs; p, plasma ovarien dans la *Tubularia* (d'après Allman).

peu de chose près, réalisées dans le développement des Hydraires fixés. Les polypes naissent les uns après les autres; chaque polype apparaît sous la forme d'un bourgeon qui se complète pour produire, à son tour, des bourgeons se transformant eux-mêmes en polypes. Rien ne distingue, au premier abord, ces bourgeons les uns des autres; toutefois, quand un méride doit se spécialiser, il ne revêt pas d'abord, en général, une forme identique à celle du protoméride: son développement

suit, à partir d'un certain moment, une marche particulière, de sorte qu'il arrive d'emblée à sa forme définitive. De même, les bourgeons qui doivent se disposer en

¹ M. de Lacaze-Duthiers donne le nom d'*oozoïte* au premier polype de ce qu'il appelle un *zoanthodème* de Coralliaires; les polypes qui se forment ensuite sont pour lui des *blastozoïtes*. Les mots dont nous nous servons ont une acception plus générale puisqu'ils s'appliquent aussi bien aux Artiozoaires qu'aux Phytozoaires, et en même temps plus définie, puisqu'ils représentent des degrés successifs de complication organique dont l'auteur de *l'Histoire naturelle du Corail* n'avait pas à tenir compte. (Voir l'ouvrage cité, p. 25.)

verticille naissent simultanément au même point de l'axe qui les porte définitivement. Ceux qui doivent devenir coalescents et constituer des Méduses sont cependant d'abord plus ou moins profondément séparés, mais le type normal est encore modifié en ce qu'ils se développent souvent à l'abri d'une enveloppe commune qui n'est qu'une couche spécialisée de leur exoderme (fig. 265). Un commencement de *concrecence* est donc ici substitué à la coalescence graduelle de parties primitivement tout à fait séparées.

Toutes ces modifications du type normal de développement peuvent être comprises dans une même formule : *les parties du corps prennent plus vite leur forme définitive qu'elles ne le feraient si le type normal était exactement suivi*; il y a, en d'autres termes, une *accélération* marquée dans leur développement.

Accélération embryogénique. — Nous aurions déjà pu employer cette expression d'*accélération embryogénique* pour caractériser un grand nombre de formes de la segmentation par rapport à la segmentation régulière du type primitif. La segmentation géométrique, la différenciation précoce des éléments entodermiques et mésodermiques, la segmentation superficielle plasmodique, la formation de l'entoderme par délamination et par invagination, ont toutes pour résultat un développement plus rapide de l'embryon, et sont, par conséquent, au premier chef, des phénomènes d'accélération embryogénique. Il en est de même de diverses formes de développement du mésoderme que nous avons précédemment décrites. On doit encore très probablement attribuer à l'accélération embryogénique les cas où, dès les premiers états de la segmentation de l'œuf, les éléments se disposent symétriquement de manière que la droite et la gauche de l'embryon sont d'emblée caractérisées (*Unio*, *Teredo*, *Corella*, *Rana*), et ceux aussi où l'œuf lui-même accuse, avant toute segmentation, une symétrie bilatérale plus ou moins nette (*Ascaris megalocephala*). L'accumulation de matériaux nutritifs dans le cytoplasme de l'œuf, en dispensant l'embryon de la nécessité de rechercher et d'ingérer la nourriture qui lui est nécessaire, favorise singulièrement l'accélération de son développement; on ne peut dire qu'elle soit la cause première de cette accélération, mais elle est certainement la condition indispensable de l'importance qu'elle acquiert dans divers groupes du Règne animal.

Cette accélération se manifeste déjà d'une manière remarquable dans la classe des Siphonophores ou Hydraires flottants, chez qui la différenciation des parties et leur solidarité atteignent à un haut degré. La *planula* de ces animaux est formée d'un mince exoderme entourant un entoderme formé de grosses cellules nutritives. La *planula* grandit, se transforme en polype, puis bourgeonne chez les *Physalia*, *Nanomia*, *Forskalia*, etc.; chez l'*Epibulia aurantiaca*, l'*Hippopodius gleba*, l'*Halistemma rubrum*, le bourgeonnement latéral commence bien avant que la *planula* se soit transformée en polype, de sorte que le protoméride porte déjà sur le côté une méduse, un filament pêcheur et un organe aérifère (pneumatophore ou pneumatocyste) avant d'avoir acquis une bouche. De même, chez les *Physophora*, les *Agalma*, l'*Agalmopsis Sarsii* (fig. 266), il se forme déjà une bractée protectrice avant que le protoméride ait atteint tout son développement. Rien ne caractérise mieux le phénomène de l'*accélération embryogénique* que cette aptitude de la *planula* à bourgeonner avant d'avoir achevé son évolution, aptitude grâce à laquelle le jeune Siphonophore acquiert déjà ses organes de flottaison, de locomotion, de

protection ou de préhension, avant que le protoméride qui les porte ait lui-même acquis la bouche qui doit permettre à cet ensemble de puiser sa nourriture au dehors.

L'accélération embryogénique chez les Tuniciers. — La simplicité d'organisation des Hydraires, le fait que l'on a souvent confondu avec de simples organes

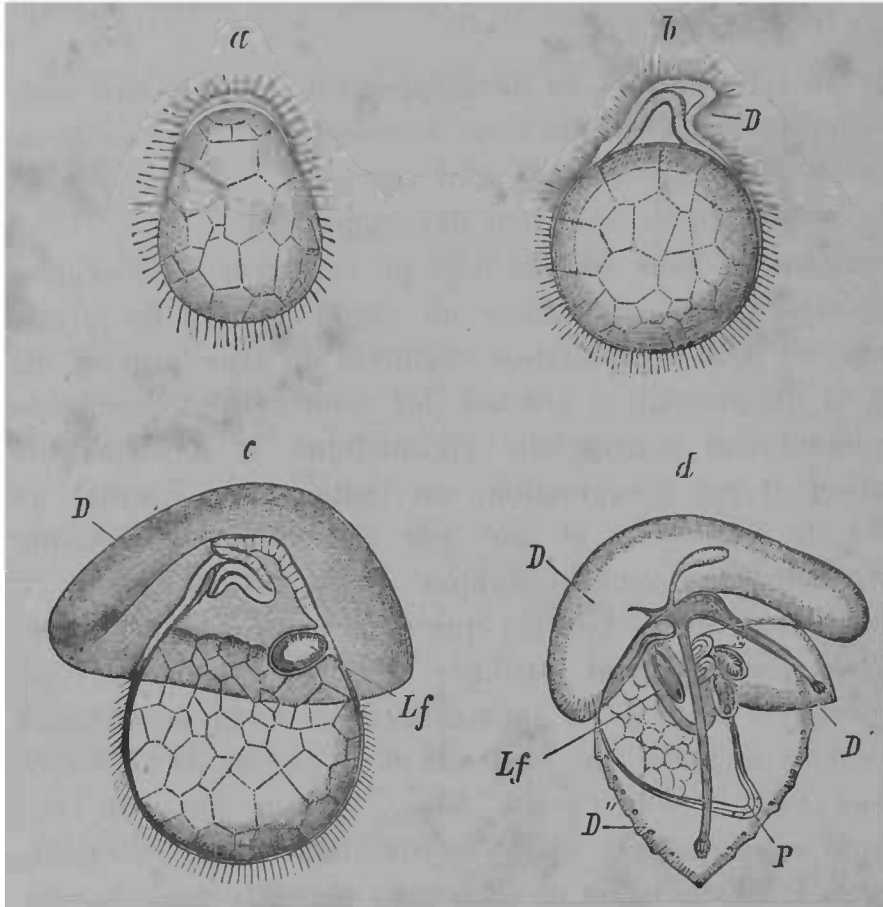


Fig. 266. — Développement de l'*Agalmopsis Sarsii* (d'après Metschnikoff). — *a*, larve ciliée; *b*, larve avec l'ébauche d'une bractée *D*; *c*, larve avec bractée en forme de coiffe *D* et l'ébauche du pneumatophore *Lf*; *d*, phase plus avancée avec trois bractées *D, D', D''*, des Polypes *P* et des filaments préhensiles.

les mérides constitutifs d'un Hydrozoïde ou d'un Hydrodème, tel qu'un Siphonophore, pourrait laisser quelque doute sur la signification des phénomènes que nous considérons ici comme une accélération des processus de développement. Cette signification ne peut laisser prise à aucune équivoque lorsqu'au lieu de considérer des organismes tels que les Hydrodèmes, on considère les Ascidiodèmes, c'est-à-dire ce qu'on nomme ordinairement les Ascidies composées. Là, en effet, les divers zoïdes ou ascidies constituant l'organisme présentent, avec une structure complexe, un haut

degré d'indépendance, tout en affectant des groupements analogues à ceux qu'on observe chez les Phytozoaires. C'est ainsi que, chez les Botrylles, les ascidies se disposent en rayons autour de leur cloaque commun, et que les Pyrosomes forment des organismes flottants, dont le genre de vie rappelle celui des Méduses et des Siphonophores. Or, le développement de l'œuf d'un Botrylle conduit à la formation d'une ascidie (protozoïde) qui se fixe et, sans poursuivre son développement jusqu'au bout, donne naissance à deux bourgeons. A mesure que les deux bourgeons se développent, la jeune ascidie se résorbe; les deux blastozoïdes qu'elle a produits forment, à leur tour, deux bourgeons chacun, s'arrêtent aussi dans leur développement, et se résorbent sans l'avoir jamais atteint. Les quatre bourgeons qu'ils ont produits arrivent, au contraire, à constituer la première étoile du Botrylle, et bourgeonnent d'une manière normale pour produire soit de nouvelles ascidies, qui viennent s'intercaler parmi celles déjà formées, soit de nouveaux systèmes étoilés.

Chez les Pyrosomes, l'accélération est poussée bien plus loin encore. Il se constitue dans l'œuf un embryon, le *cyathozoïde* (fig. 267), qui, sans achever son déve-

loppement, produit dans l'œuf même une chaîne postérieure de quatre ascidiozoïdes. La chaîne se recourbe de manière à former les bords d'une coupe dont le cyathozoïde occupe le fond, après avoir résorbé la presque totalité de ses organes. C'est ce petit ensemble qui éclôt, et qui représente la première assise du manchon qui constituera plus tard le Pyrosome. Ainsi le bourgeonnement peut être assez précoce, l'accélération embryogénique peut être poussée assez loin pour qu'un protoméride ou un protozoïde bourgeonne déjà sous les enveloppes de l'œuf. Étant donné, comme nous l'avons précédemment établi, qu'on ne saurait maintenir aucune différence, au point de vue de la morphologie générale, entre ce qu'on appelle une colonie et un organisme ordinaire, ces faits ont une importance capitale : ils permettent, en effet, de saisir le lien qui unit entre eux les divers modes de développement des organismes segmentés.

Développement des organismes segmentés. —

Nous avons précédemment démontré que chez les organismes segmentés les *métamérides*, segments du corps, anneaux, zoonites ou *métamères* des auteurs, étaient exactement comparables aux rameaux du corps des Phytozoaires, de telle sorte que la même nomenclature peut être appliquée aux unités morphologiques constituant le corps de ces animaux, les mots *mérides*, *zoïdes*, *dèmes*, suffisant pour dénommer leurs combinaisons diverses. S'il en est ainsi, les segments des animaux métamérisés doivent jouer, dans leur développement, le même rôle que les hydromérides, coralliozoïdes ou ascidiozoïdes, dans celui des animaux ramifiés ou encroûtants. C'est, en effet, ce qui a lieu de la manière la plus évidente pour les formes inférieures de chaque série.

Dans la série des Arthropodes, tous les Entomostracés, les Cirripèdes, un certain nombre de Malacostracés (*Euphausia*, *Penæus*) présentent au moment de leur naissance une forme commune, celle de *nauplius*, la plus simple des formes sous lesquelles les Arthropodes mènent une existence indépendante. Dans la série des Néphridiés, les Bryozoaires, les Polychètes errantes et un assez grand nombre de sédentaires, les Géphyriens, les Mollusques gastéropodes, ptéropodes et lamelibranches se présentent aussi, au moment de leur éclosion, sous une forme commune à laquelle on a donné le nom de *trochosphère*; les Cestoïdes eux-mêmes sont réduits à ce moment à ce qu'on appelle l'*embryon hexacanthé* ou *embryon à six crochets*.

Dans la série des Arthropodes, tous les Entomostracés, les Cirripèdes, un certain nombre de Malacostracés (*Euphausia*, *Penæus*) présentent au moment de leur naissance une forme commune, celle de *nauplius*, la plus simple des formes sous lesquelles les Arthropodes mènent une existence indépendante. Dans la série des Néphridiés, les Bryozoaires, les Polychètes errantes et un assez grand nombre de sédentaires, les Géphyriens, les Mollusques gastéropodes, ptéropodes et lamelibranches se présentent aussi, au moment de leur éclosion, sous une forme commune à laquelle on a donné le nom de *trochosphère*; les Cestoïdes eux-mêmes sont réduits à ce moment à ce qu'on appelle l'*embryon hexacanthé* ou *embryon à six crochets*.

Le *nauplius* (fig. 268) présente, au cours de son développement, trois segments qui se fusionnent bientôt en une seule masse ovoïde ou triangulaire, pourvue de trois paires d'appendices bifurqués, dont chaque branche porte un faisceau de soies natatoires.

La *trochosphère* (fig. 269) est un petit organisme de forme sphéroïdale, pourvu d'un tube digestif qui se recourbe à angle droit, à son extrémité supérieure, pour aboutir à la bouche; l'anus est situé à l'autre extrémité du corps. De chaque côté du tube digestif se trouvent les néphridies. La *trochosphère* se meut à l'aide de

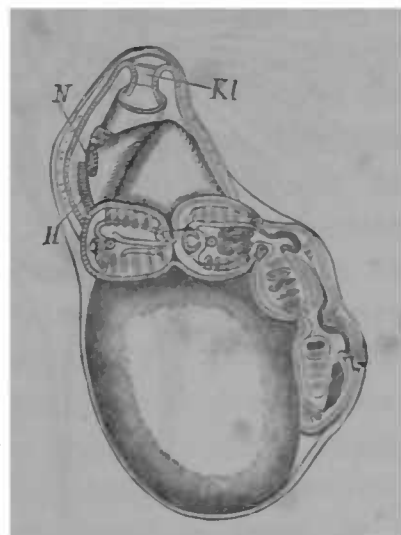


Fig. 267. — Cyathozoïde de *Pyrosoma* (d'après Kowalevsky). — *H*, cœur; *Kl*, cloaque; *D*, vitellus; autour du vitellus les quatre individus.

cils vibratiles qui revêtent quelquefois son corps tout entier (*Eunice*, *Terebella*), mais qui, dans les formes typiques, sont disposés en deux ceintures, l'une formée de longs cils, et passant au-dessus de la bouche, l'autre formée de cils plus courts, et passant au-dessous.

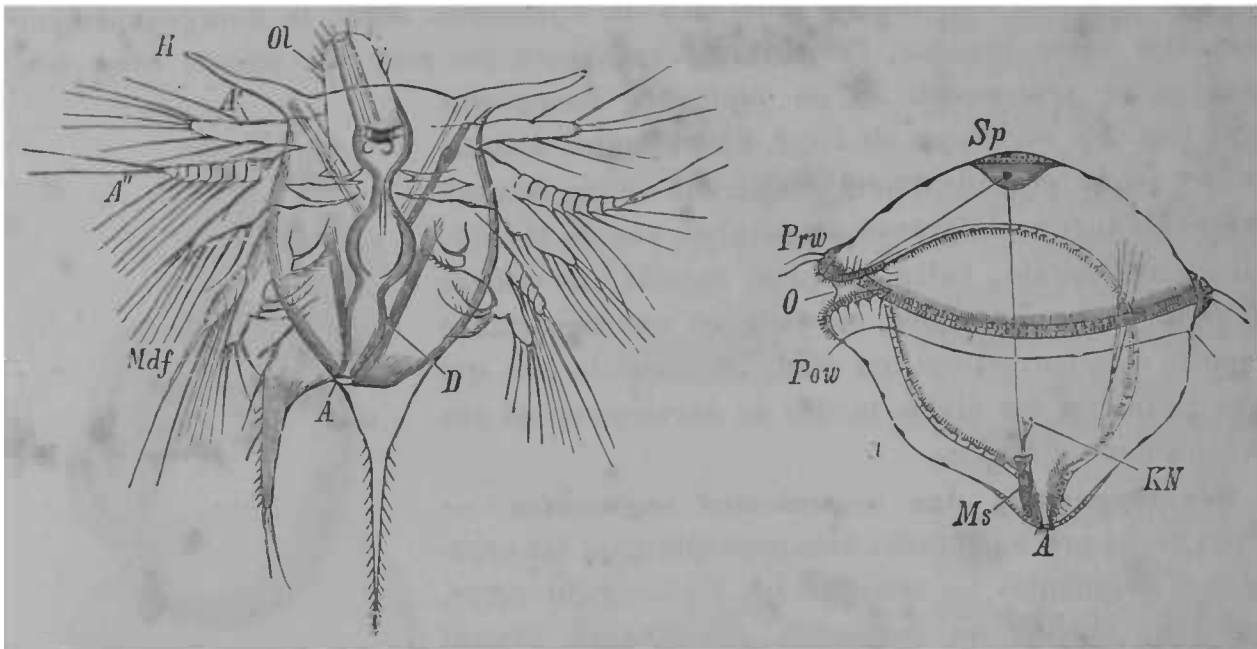


Fig. 268. — Larve Nauplius de *Balanus*. — A, anus; Ol, trompe et orifice buccal; H, appendice frontal; D, intestin; Mdf, patte mandibulaire (troisième paire de membres); A' et A'', première et deuxième paire d'antennes.

Fig. 269. — Larve de *Polygordius* (d'après B. Hatschek). — O, bouche; A, anus; KN, rein céphalique; Ms, mésoderme; Sp, plaque apicale; Prw, couronne ciliée préorale; Pow, couronne ciliée postorale.

L'embryon hexacanthé est une petite masse parenchymateuse, sans organes autres que les organes de locomotion dont il a été précédemment parlé (fig. 270). La trocho-

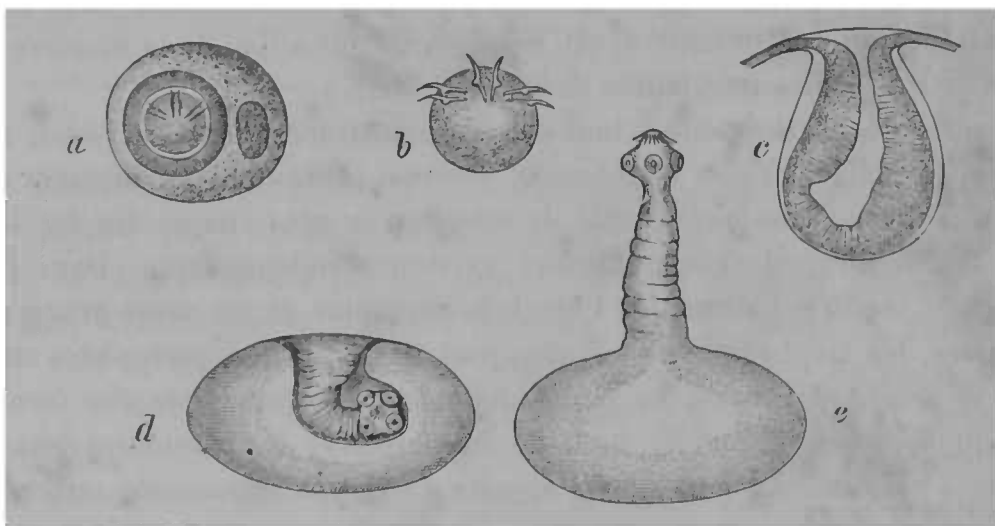


Fig. 270. — Développement du *Taenia solium* jusqu'à la phase de cysticerque (en partie d'après R. Leuckart). — a, œuf contenant un embryon; b, embryon hexacanthé libre; c, bourgeon creux sur la paroi de la vésicule, dans lequel se développe la tête; d, cysticerque avec la tête invaginée; e, le même avec la tête dévaginée, grossi environ quatre fois.

sphère et l'embryon hexacanthé ne présentent aucune trace de métamérisation.

Si grande que soit, dès le début, la différence que présentent l'embryon des Arthropodes, celui des Vers annelés et celui des Cestoïdes, la loi de leur développement ultérieur est la même, ce qui montre bien que l'arrangement des parties est chez les Artiozoaires, comme chez les Phytozoaires, tout à fait indépendante de la

nature même des parties qui se groupent pour constituer un organisme donné. Au bout d'un temps plus ou moins long, un nouveau segment se différencie à la partie postérieure de l'embryon, ce segment demeure toujours le dernier segment du corps ou *telson*. Les autres segments se forment l'un après l'autre, immédiatement avant lui, de sorte que *le plus jeune des segments du corps est toujours le pénultième*.

Lorsque le corps est divisé en régions distinctes, il arrive souvent que le premier segment de chaque région se différencie de bonne heure, et fonctionne comme un organisme séparé. Les segments dont la région doit être formée apparaissent alors successivement, en arrière du premier, immédiatement en avant de la région suivante qui joue le rôle de *telson*; c'est ce qui a lieu pour la région thoracique des *Phyllopodes*, la région céphalo-thoracique des Schizopodes, des Décapodes, des Acariens. Ce mode de développement des régions du corps est moins fréquent chez les Vers annelés que chez les Arthropodes; il est encore dans certain cas mis en question (*Terebella*); mais on le retrouve dans le cas où le développement est suivi de dissociation du corps, lorsque cette dissociation est précédée d'un bourgeonnement intercalaire. Ce phénomène peut se produire de deux façons : ou bien, le corps s'allongeant constamment en arrière d'après le mode normal, de nouveaux segments se forment, en outre, simultanément de chaque côté d'une cloison de la région moyenne du corps, et constituent en avant de la cloison l'extrémité postérieure du corps des futurs individus antérieurs, tandis qu'en arrière de la cloison se constitue la région antérieure de l'individu postérieur (*Dero obtusa*); ou bien, le même phénomène se produit pour toutes les cloisons de la série d'anneaux de l'extrémité postérieure du corps, qui se transforment ainsi chacun en un nouvel individu (*Myrianis, Nais, Chaetogaster*). Dans tous les cas, les plus jeunes anneaux sont toujours les derniers de la région en voie de formation; la tête d'un individu quelconque, pris dans une chaîne, est toujours en contact avec le plus jeune segment postérieur de l'individu précédent.

Il suit de là que, chez les Arthropodes et les Vers annelés, le *nauplius* et la *trochosphère* représentent respectivement les premiers ou même le premier segment du corps de ces animaux, et sont toujours englobés dans la tête de l'individu adulte. A un certain moment, ils constituent même cette tête à eux seuls, ce que l'on peut énoncer dans cette proposition : *Les Arthropodes et les Vers annelés de type inférieur naissent réduits à leur tête, et le reste de leur corps se constitue par bourgeonnement graduel à la partie postérieure de cette tête primitive.*

Effectivement, les trois paires d'appendices du *nauplius* deviennent les deux paires d'antennes et la paire de mandibules de l'animal adulte, et les segments qui portent ces appendices sont les trois premiers segments de la tête, qui peut en comprendre jusqu'à 10 (Stomatopodes); la *trochosphère* des Annélides devient l'unique segment prébuccal de ces Vers (fig. 271). Quant à l'embryon hexacanthé des Cestoïdes, il se transforme en une vésicule dans laquelle le reste du corps peut fréquemment s'invaginer. Cette vésicule est ordinairement caduque, et caractérise la phase de *cysticerque* de ces animaux. Le dernier segment du corps porte des organes de fixation, ventouses et crochets, comme cela arrive souvent chez les autres animaux segmentés (Sangsues), et lorsque la vésicule antérieure est tombée, il est le seul segment différencié de la chaîne dont il occupe une extrémité. C'est l'unique raison pour laquelle on le désigne d'ordinaire sous le

nom de *tête*. Cette interprétation inexacte a conduit Semper à distinguer deux formes opposées de développement chez les animaux segmentés : la *strobilation*, dans laquelle les nouveaux segments se forment immédiatement en arrière de la tête, et la *métamérisation* dans laquelle les nouveaux segments se forment immédiatement en avant du telson. En réalité, on vient de le voir, ces deux modes de développement n'en font qu'un.

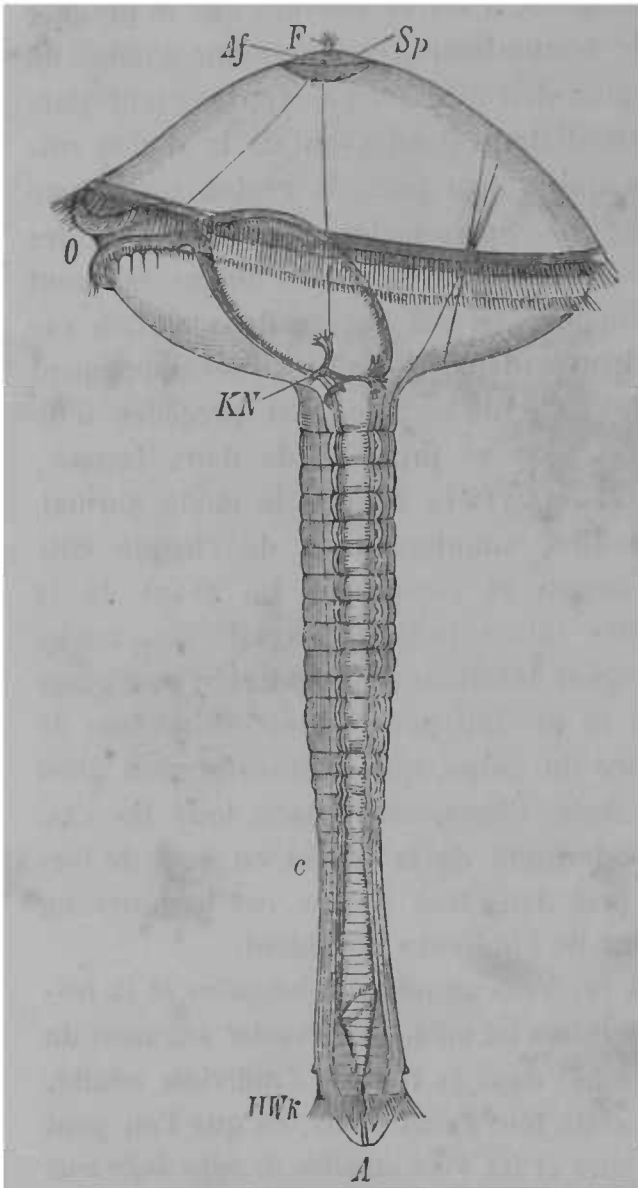


Fig. 271. — Larve de *Polygordius* déjà âgée (d'après Hatchesek). — La région postérieure du corps est vermiforme et s'est divisée en plusieurs métamères. — O, bouche; A, anus; KV, rein céphalique; Sp, plaque apicale; F, tentacules; Af, tache oculaire; HWK, couronne ciliée postérieure.

L'embryogénie normale consisterait, chez les animaux segmentés, dans la formation successive des segments à l'extrémité postérieure du corps, chaque segment nouveau n'apparaissant en avant du telson, que lorsque le pénultième est déjà avancé dans son développement. D'après les trop peu nombreux documents que nous possédons, il paraît en être à peu près ainsi chez un certain nombre d'Annélides polychètes, parmi les moins différenciées (*Odontosyllis gibba*, *Grubea clavata*, *G. pusilla*, *Sphærosyllis hystrix*, *Pædophylax claviger*, *Autolytus cornutus*, *Ophryotrocha puerilis*, *Nereis*, *Lumbriconereis tingens*, *Labrorostratus parasiticus*, *Maclovina gigantea*, *Polygordius*, *Aricia*, *Terebella*, *Pileolaria*, etc.). L'accélération embryogénique se manifeste déjà chez les Polychètes errantes par la formation de plus en plus rapide des segments du corps, de telle sorte que l'extrémité postérieure du corps de l'embryon, formée de segments de plus en plus jeunes et tous incomplètement développés, prend une forme conique (*Phyllodoce*, *Nerine*). Néanmoins la vie libre commence encore à l'état de trochosphère. Chez les Oligochètes et très probablement un certain nombre des Polychètes les plus différenciés

(CHETOPTERIDÆ), les bandelettes mésodermiques se forment rapidement, et c'est seulement dans ces bandelettes que s'accuse d'abord la métamérisation; un assez grand nombre de métamères peuvent se caractériser presque simultanément; les plus avancés dans leur développement sont d'ailleurs toujours les plus rapprochés de l'extrémité antérieure. Les métamères mésodermiques, d'abord ouverts du côté dorsal, se ferment peu à peu d'avant en arrière, et constituent les muscles des parois du corps et du tube digestif, ainsi que les cloisons. Le jeune animal ne commence, dans ce cas, à mener une vie indépendante que lorsqu'il présente déjà un assez grand nombre de segments plus ou moins complètement développés. C'est

déjà le cas pour l'embryon mésotroque des CHÉTOPTERIDÆ (fig. 272). L'éclosion des *Euaxes*, *Criodrilus*, *Lumbricus* n'a lieu qu'à une phase beaucoup plus avancée.

Si l'on considère comme typique le mode nouveau de formation des métamérides que nous venons de décrire, il semble que la métamérisation, la division du corps en segments ou zoonites, soit bien un phénomène essentiellement interne, portant uniquement sur la couche mésodermique de l'embryon. L'animal segmenté apparaît comme une unité primordiale dont le corps se serait divisé en fractions étroitement dépendantes d'ailleurs. Malgré toute l'obscurité que présente cette interprétation déjà discutée p. 173, elle a prévalu jusqu'ici dans la science. Elle supprime cependant toute possibilité de comparaison entre les mérides des animaux segmentés et ceux des animaux ramifiés; elle ne tient aucun compte du mode de développement des formes inférieures d'Annélides, ni des gradations déjà connues qui unissent leur mode simple et primitif de développement à celui des formes très solidarisées, comme le sont les Chétoptéridés et les Oligochètes terrestres; elle prend, en outre, contrairement à la méthode scientifique, son point de départ non

dans la considération des formes simples, mais dans celle de formes très modifiées, comme le sont toutes celles qui sont adaptées à la vie terrestre. Elle est, d'autre part, en formelle contradiction avec la loi de Fritz Müller, car les formes embryonnaires qui lui correspondent sont longtemps trop incomplètement organisées pour être aptes à mener une vie indépendante. Elle nous paraît, en conséquence, devoir être abandonnée. La formation d'une bandelette mésodermique, qui d'abord se segmente seule, doit être considérée comme un simple phénomène d'accélération embryogénique, consécutif à la précoce différenciation du mésoderme et ayant pour conséquence un développement rapide et presque simultané des segments du corps.

Le développement des Hirudinées ressemble beaucoup à celui des Oligochètes; il est à noter cependant que chez certaines formes, les Clepsines, par exemple, la métamérisation, après avoir été très manifeste chez l'embryon, tend à s'effacer chez l'adulte. Mais ce phénomène est bien plus remarquable chez les Aranéides et les Géphyriens armés, où le corps, divisé à un certain moment en métamérides parfaitement distincts, perd ensuite toute trace de métamérisation. La métamérisation apparaît donc ici comme liée à l'accroissement de l'organisme, comme un mécanisme de complication morphologique et non comme un phénomène de perfectionnement physiologique, ainsi qu'on l'a quelquefois avancé. Par le simple fait de l'accélération embryogénique ce phénomène doit cesser de se manifester chez les embryons les plus modifiés des animaux appartenant aux classes où la métamérisation manque à l'état adulte; c'est ce qui arrive chez les Géphyriens inermes. La classe des Géphyriens présente donc cet intérêt particulier qu'on peut y suivre toutes les phases de la disparition totale de la métamérisation si caractéristique de la classe des Annélides polychètes, à laquelle celle des Géphyriens est manifestement apparentée de la façon la plus étroite. Le fait de cette disparition totale de la métamérisation, même pendant la période embryonnaire, chez des animaux dont les plus proches parents sont segmentés, peut servir à expliquer les remarquables

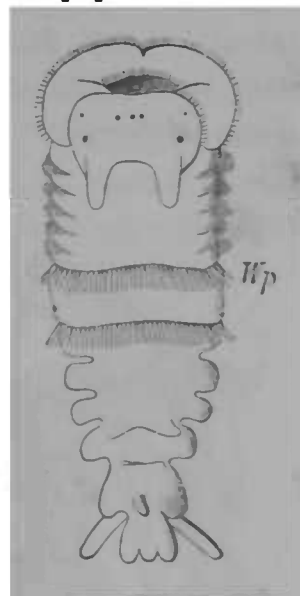


Fig. 272. — Larve mésotroque de *Chætopterus* (d'après Busch). — Wp. couronnes ciliaire.

ressemblances que l'on observe entre les Mollusques et les Vers annelés à développement très accéléré : ces ressemblances s'accusent dans le mode de segmentation de l'œuf, dans le mode de formation du mésoderme et de l'entoderme, enfin dans la constitution de l'embryon qui revêt, au moins dans l'œuf, toute l'apparence d'une trochosphère (GASTÉROPODES, PTÉROPODES et LAMELLIBRANCHES, fig. 273).

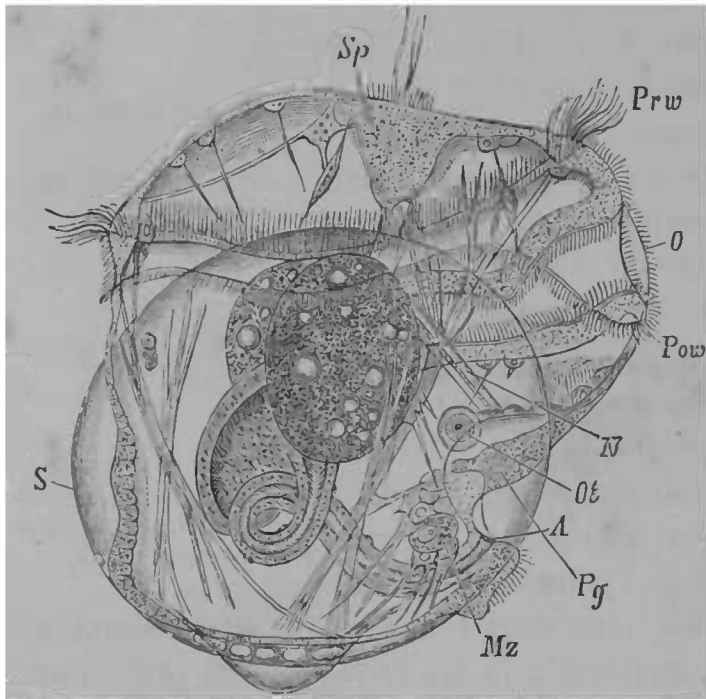


Fig. 273. — Larve de *Teredo* (d'après B. Hatschek). — *O*, bouche; *A*, anus; *Prw*, couronne préorale de cils; *Pow*, couronne postorale; *N*, rein céphalique ou antérieur; *Ot*, otocyste; *Pg*, ganglion pédieux; *Mz*, cellules mésodermiques; *Sp*, plaque apicale; *S*, coquille.

les constituent, la division du travail physiologique, enfin l'accélération embryogénique commencent la solidarisation de ces parties, solidarisation qui aboutit à leur coalescence plus ou moins complète. Il est impossible d'ailleurs de lier ces modifications

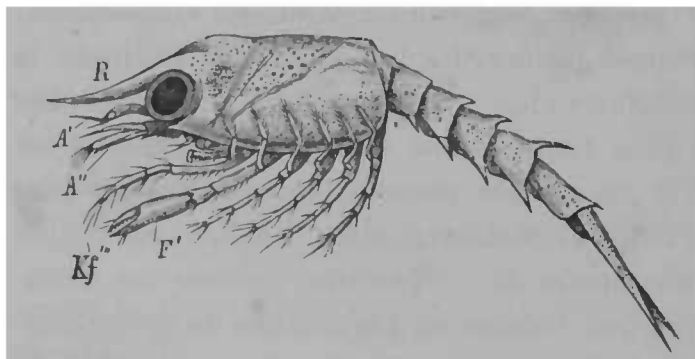


Fig. 274. — Larve de Homard venant d'éclorre (d'après G. O. Sars). *R*, Rostre; *A'*, *A''*, antennes antérieures et postérieures; *Kf'''*, troisième paire de pattes-mâchoires; *F''*, première paire de pattes ambulatoires.

à un degré plus ou moins grand de perfectionnement organique. En effet, tandis que la métamérisation ne se montre pas clairement chez les Mollusques, elle ne s'efface jamais d'une manière complète chez les Vertébrés les plus élevés.

La marche de l'accélération embryogénique est, dans ses traits généraux, la même chez les Arthropodes que chez les Néphridiés. Elle est toutefois modifiée dans une certaine mesure par l'enveloppe rigide de chitine dont ces animaux sont revêtus et qui nécessite chez eux des mues périodiques. La multiplication des segments du corps, les modifications adaptatives que les organes doivent subir, s'accomplissent à l'abri de l'ancienne enveloppe, et semblent souvent s'être opérées brusquement. On peut suivre chez les Crustacés toutes les phases de la transformation du développement lent et libre, à partir de l'état de *nauplius*, en un dévelop-

La disparition de la métamérisation n'entraîne pas toujours une déchéance des organismes où elle se produit. Si l'on peut, dans une certaine mesure, voir dans les Géphyriens une forme dégradée des Annélides, l'organisation des Mollusques arrive à une puissance bien supérieure à celle des formes métamérisées. Là s'annonce encore le caractère essentiellement morphologique de la métamérisation, qui crée les parties constitutives de l'organisme par un bourgeonnement plus ou moins modifié, et qui arrive ensuite à ne se manifester que d'une façon temporaire ou même à devenir méconnaissable. Son œuvre une fois accomplie, la différenciation des parties du corps ou des éléments qui

pement rapide, à l'abri des enveloppes de l'œuf, et dans lequel l'éclosion n'a lieu qu'après la formation de tous les segments dont le corps doit être constitué. Cette transformation peut même être étudiée dans le seul ordre des Crustacés décapodes, où les *Penæus* paraissent éclore à un état tout au moins très voisin de celui de *nauplius*, tandis que les Pagures, les Homards, les Écrevisses naissent avec tous leurs segments (fig. 274). Ce dernier cas est celui de tous les Arthropodés, des Arachnides (sauf les Acariens), de nombreux Myriapodes et de la totalité des Insectes. Chez les Insectes le corps de l'embryon tout entier n'est représenté

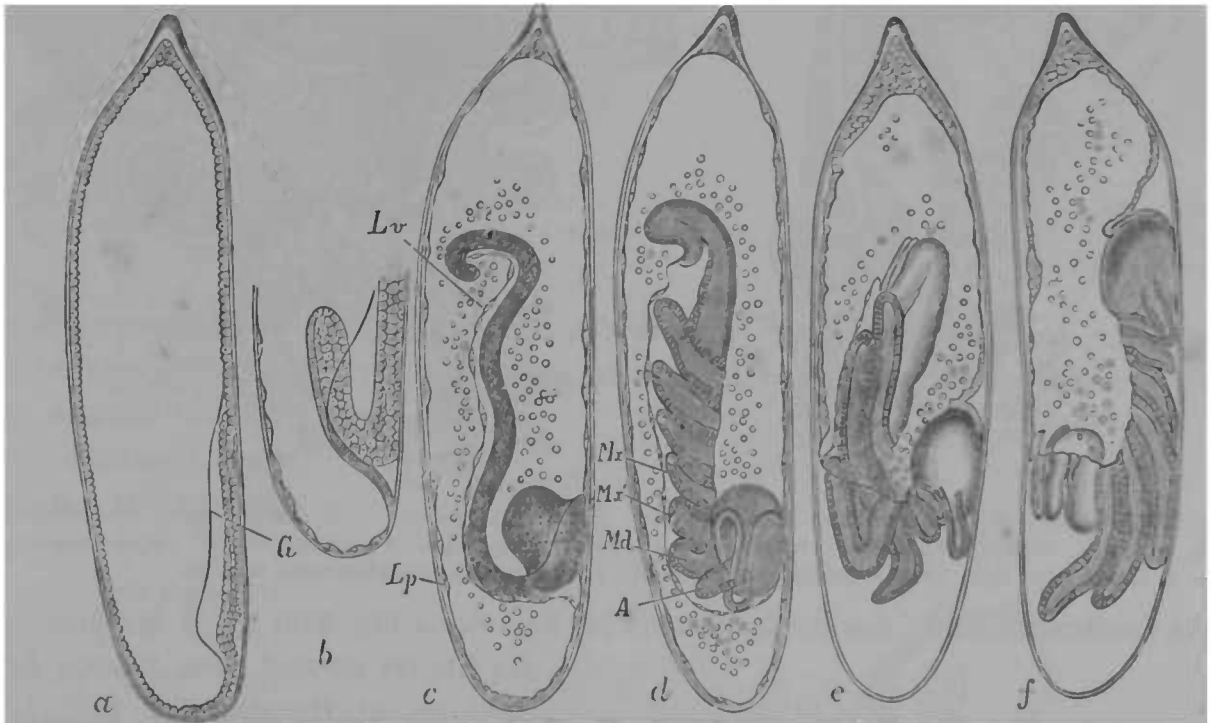


Fig. 275. — Développement embryonnaire du *Calopteryx virgo* (d'après Al. Brandt). — *a*. Sur un point du blastoderme, formé au début d'une seule couche de cellules et épaissi au niveau des pôles, commence à apparaître l'invagination du blastoderme; *G*, limite de l'épaississement du blastoderme. — *b*. Stade plus avancé de l'invagination du blastoderme. — *c*. Les membranes embryonnaires sont formées. *Lp*, membrane embryonnaire pariétale (sécreuse); *Lv*, membrane embryonnaire viscérale (amnios). — *d*. Les appendices commencent à se montrer sur la bandelette primitive; *A*, antennes; *Md*, mandibules; *Mx'*, maxilles ou mâchoires; *Mx*, lèvre inférieure. Au-dessus on voit les rudiments des trois paires de pattes. — *e*. Retournement de l'embryon, qui se dévagine au dehors de l'enveloppe viscérale. — *f*. Le retournement de l'embryon est achevé; l'extrémité postérieure du corps est libre. Sur le dos on aperçoit le sac vitellin.

d'abord que par une lame correspondant à la face ventrale du corps, qui se métamérise peu à peu dans toute son épaisseur, et se ferme du côté dorsal, à mesure que s'épuisent les matériaux nutritifs contenus dans les cellules vitellifères (fig. 275).

Modifications adaptatives des formes embryonnaires libres. — Par un phénomène inverse de celui que nous venons d'étudier, les formes embryonnaires présentent souvent des appendices variés qui ne doivent en aucune façon être utilisés par l'animal adulte, demeurent liés au mode d'existence de l'embryon, et lui donnent souvent un aspect qui ne laisse en aucune façon deviner quel sera son sort ultérieur. L'embryogénie normale se trouve modifiée de ce chef dans une plus ou moins large mesure, et compliquée de tous les phénomènes de formation et de résorption des organes accessoires de l'embryon. Ces phénomènes peuvent d'ailleurs se superposer aux phénomènes ordinaires d'accélération embryogénique, de sorte qu'ils constituent non pas, comme on l'a dit quelquefois, une *dilatation*, mais une simple *altération* de l'embryogénie normale, telle que nous l'avons précédemment définie. Ces altérations portent plutôt sur la forme générale du

corps que sur l'organisation interne, et elles peuvent être extrêmement variables avec les circonstances du développement, chez des animaux très voisins. Rien que

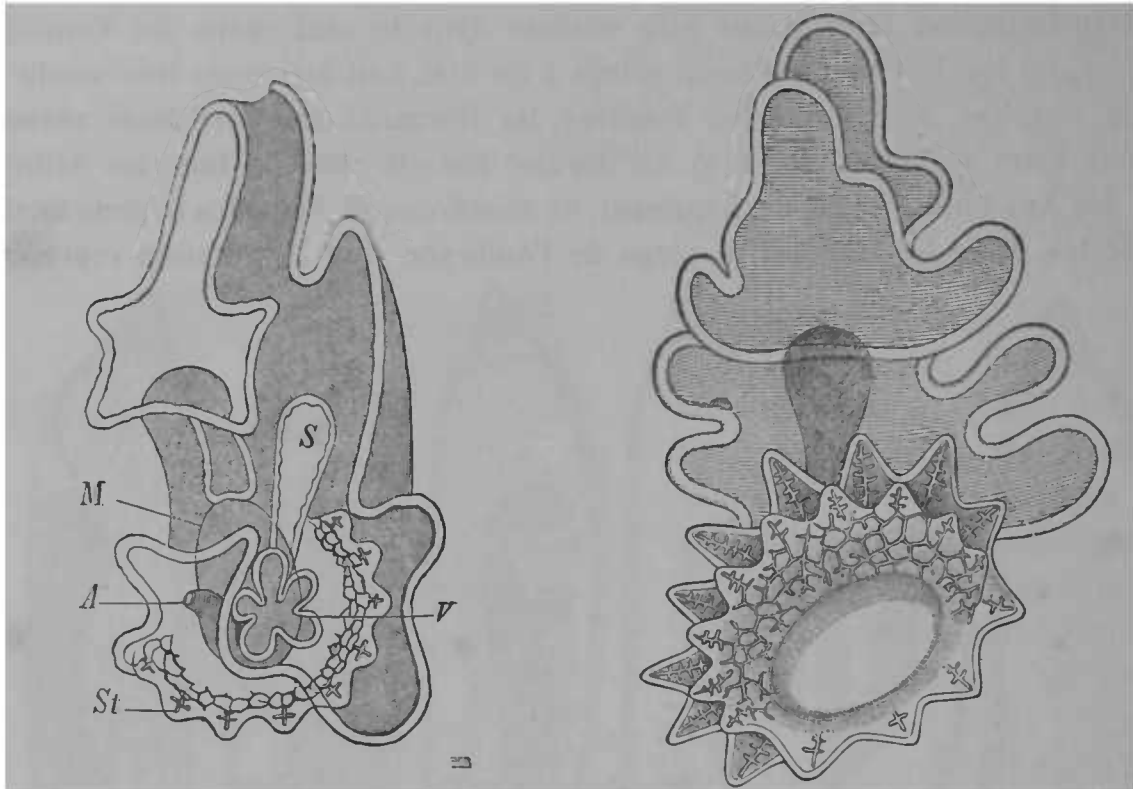


Fig. 276. — Larve *Bipinnaria* d'une Étoile de mer, d'après J. Müller. — 1. Larve jeune. *M*, estomac; *A*, anus; *V*, rosette ambulacraire avec le canal cilié s'ouvrant dans le pore dorsal; *S*, canal pierreux. — 2. Larve plus âgée avec la partie marginale de l'Étoile de mer complètement fermée.

dans l'embranchement des Echinodermes les *Bipinnaria* (fig. 276) et les *Brachiolaria* des Etoiles de mer, les *Pluteus* des Ophiures et Oursins (fig. 277), les *Auricularia* des Holothuries (fig. 278) sont autant de formes embryonnaires qui semblent, au premier

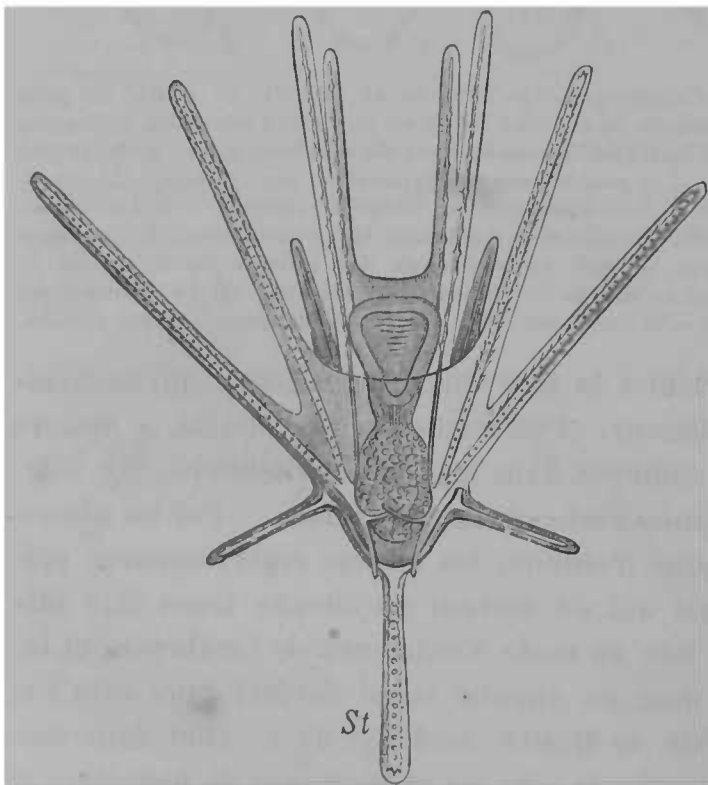


Fig. 277. — *Pluteus* d'un Spatangide avec le bâtonnet apica. (*St*) (d'après J. Müller).

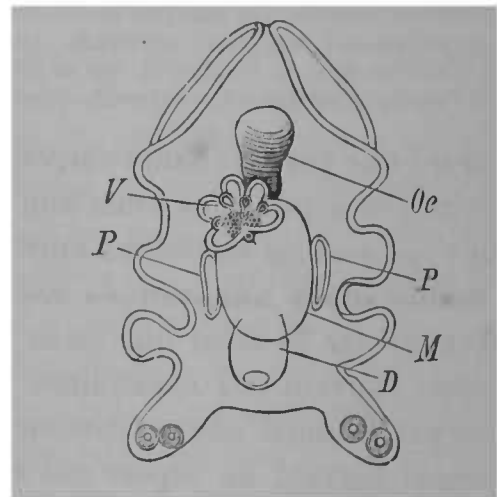


Fig. 278. — Larve *Auricularia* vue par la face dorsale, d'après J. Müller. — *Oe*, œsophage; *M*, estomac; *D*, intestin; *P*, sac péritonéal; *V*, rosette aquifère.

abord, n'avoir rien de commun, et ne ressemblent pas davantage à la larve vermi-forme des Comatules (fig. 34, p. 40); mais il suffit que l'embryon, au lieu de vivre en pleine liberté, se développe sur place soit sous les pierres (*Asterina gibbosa*), soit fixé à la mère (nombreuses *Asterias*, *Cribrella*, *Archaster excavatus*),

soit dans une poche incubatrice, soit de toute autre façon (PTERASTERIDÆ, *Amphiura squamata*, *O. magellanica*, *Ophiacantha vivipara*, *O. marsupialis*, *Cidaris nutrix*, *Gonocidaris canaliculata*, *membranipora*, *vivipara*, *Hemiaster cordatus*, *H. excavatus*, *Clado-*

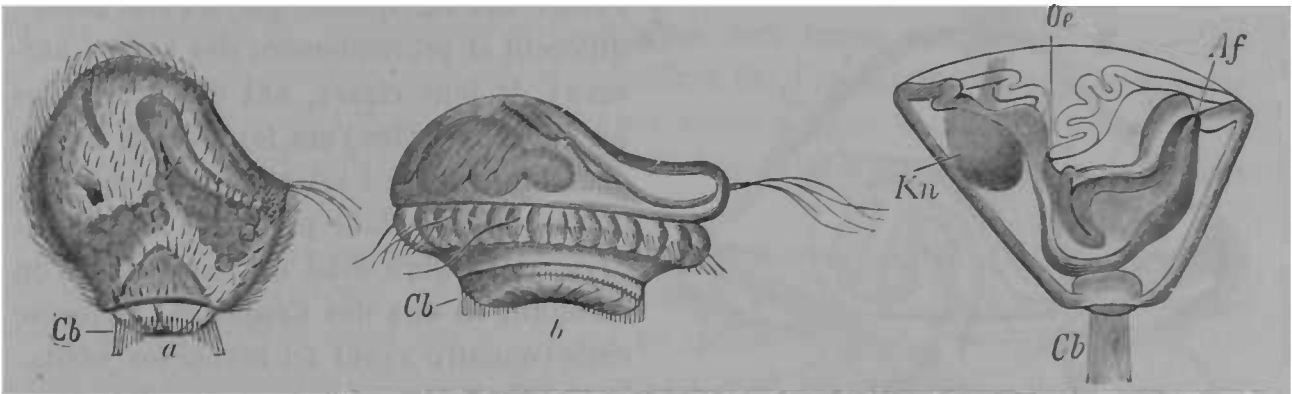


Fig. 279. — Larves de Bryozoaires. Cb, calotte (d'après Barrois).
1. Larve de *Canda reptans*. — Larve de *Lepralia spirifera*.

Fig. 280. — *Cyphonautes* (d'après Hatschek). — Op, bouche; Af, anus; Cb, bouton cilié; Kn, organe dorsal.

dactyla crocea, *Psolus ephippifer*, *Phyllophorus urna*), pour que les formes embryonnaires compliquées disparaissent, et soient remplacées par des formes sphéroïdales, ou munies seulement d'un petit nombre de très courts appendices.

Les embryons des Bryozoaires, si variables dans leur forme (fig. 279 et 280), les embryons d'Annelides à lobe céphalique très développé, tels que la trochosphère de *Polygordius* (fig. 42, p. 33) et surtout le remarquable embryon d'Annelide connu sous le nom de *Mitraria*, l'*Actinotrocha* (fig. 282) qui se transforme plus tard en un Géphyrien du genre *Phoronis* (fig. 281), les *Pilidium* (fig. 283),

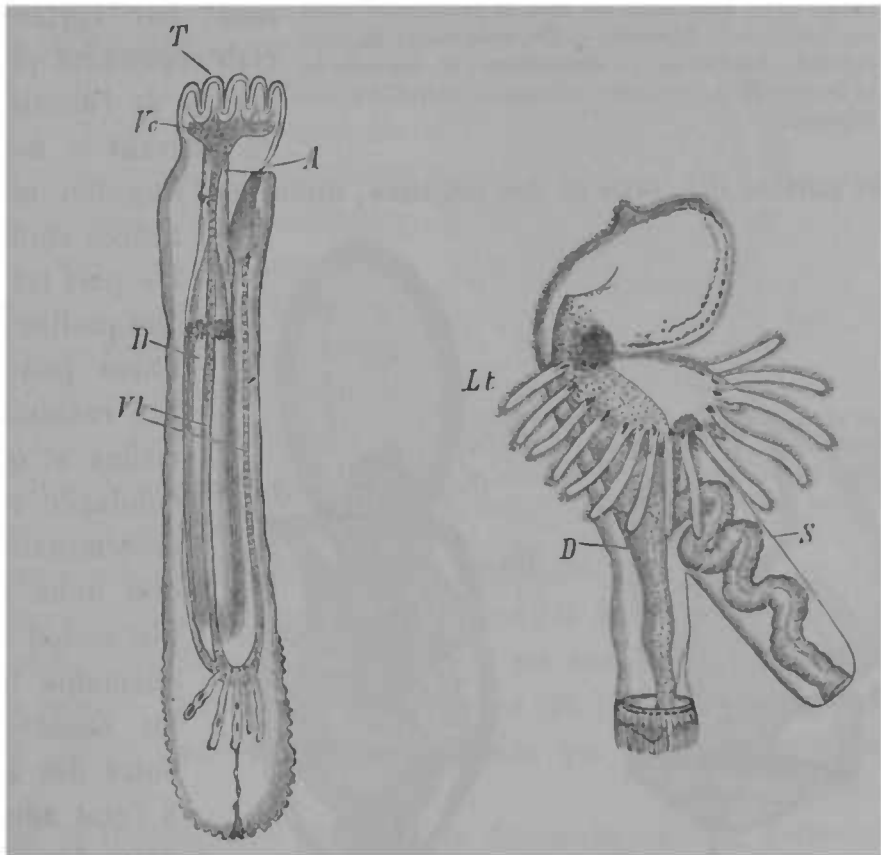


Fig. 281. — Jeune *Phoronis* (d'après Metschnikoff) — A, anus; T, tentacules définitifs; Vc, vaisseau annulaire; Vl, vaisseau longitudinal; D, tube digestif.

Fig. 282. — *Actinotrocha* ou larve de *Phoronis*. — S, portion inférieure du corps; D, tube digestif; Lt, tentacules larvaires.

à l'intérieur desquels se constituent les Némertes; les *Tornaria* (fig. 257, p. 169 et 284), longtemps prises pour des embryons d'Etoiles de mer, et qui deviennent de longs Vers, les *Balanoglossus* (fig. 258), sont autant de formes embryonnaires déviées du type normal et adaptées à la vie pélagique. Il est à remarquer qu'elles ne sont pas sans présenter entre elles une certaine ressemblance. Cette ressemblance implique-t-elle une

parenté entre les animaux, si différents les uns des autres, dans lesquels elles se transforment? Dans la série des Arthropodes, les Copépodes parasites du groupe des Lernéens, les singuliers Crustacés fixés de l'ordre des Cirripèdes, qui, à l'état adulte,

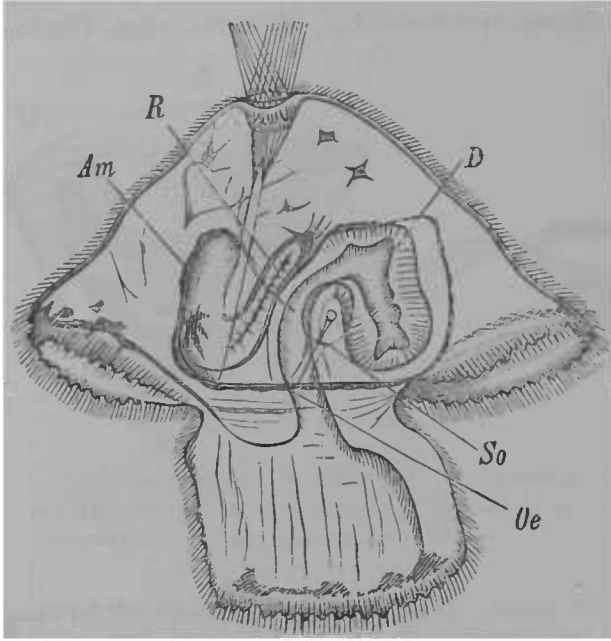


Fig. 283. — *Pilidium* très avancé dans son développement, avec une touffe de cils, et présentant dans son intérieur la Némerte. — *Oe*, œsophage; *D*, tube digestif; *Am*, enveloppe amniotique; *R*, ébauche de la trompe de la Némerte; *So*, organe latéral (d'après Bütschli).

diffèrent si profondément des autres animaux de leur classe, ont été rangés les premiers parmi les Vers, les seconds auprès des Mollusques; c'est seulement après la découverte que leur première forme embryonnaire libre était un *nauplius* qu'on reconnut en eux des Crustacés. La forme embryonnaire ayant ici révélé les véritables affinités d'êtres jusque-là demeurés problématiques, on a pensé qu'on pouvait attendre constamment de l'embryogénie un pareil service, et la question que nous

venons de poser a été résolue affirmativement par certains naturalistes. Il est clair cependant que, d'une part, les phénomènes de l'accélération embryogénique, en altérant le mécanisme de formation

des parties du corps et des organes, diminuent singulièrement la valeur des différences embryogéniques, que d'autre part les adaptations similaires auxquelles sont sujets les embryons libres peuvent établir entre eux des ressemblances toutes superficielles et qui ne méritent aucune confiance au point de vue de la détermination des affinités. On ne doit donc accepter qu'après une discussion approfondie les rapprochements que semblent indiquer les observations embryogéniques entre des animaux très différents à l'état adulte, et vivant d'ailleurs dans des conditions normales. Il

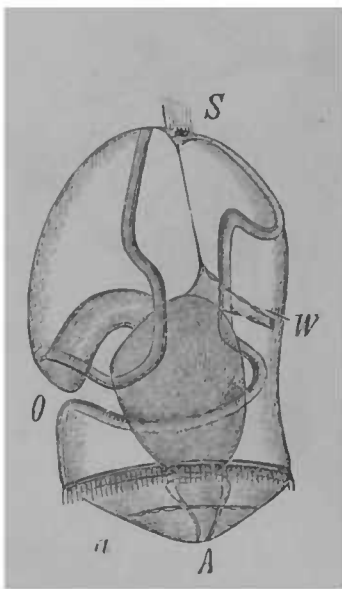


Fig. 284. — *Tornaria* vue de profil, d'après Metschnikoff. — *O*, bouche; *A*, anus; *S*, pôle apical; *W*, ébauche de l'appareil aquifère.

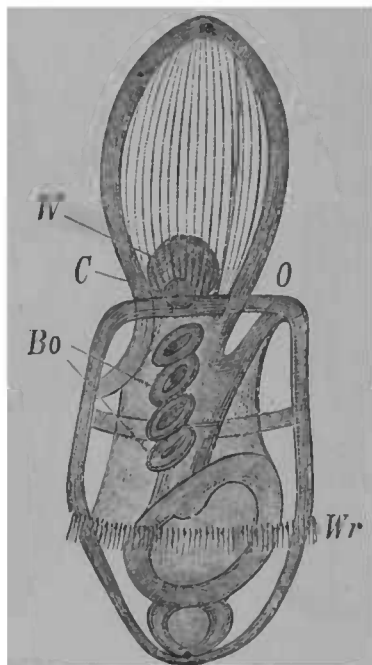


Fig. 285. — Forme de passage de la *Tornaria* au *Balanoglossus* avec quatre paires de fentes branchiales. — *O*, bouche; *A*, anus; *W*, vésicule de l'appareil aquifère; *C*, cœur; *Bo*, fentes branchiales; *Wr*, cordon cilié (d'après A. Agassiz).

n'est pas certain, par exemple, que la ressemblance de la *Tornaria* et des embryons libres d'Etoiles de mer puisse être interprétée, comme quelques naturalistes ont aujourd'hui une tendance à le faire, en faveur d'une parenté entre les *Balanoglossus* et les Echinodermes, parenté contre laquelle proteste toute l'organisation de ces animaux à l'état adulte. Si les embryons de Lernéens, de Cirripèdes, de

parenté contre laquelle proteste toute l'organisation de ces animaux à l'état adulte. Si les embryons de Lernéens, de Cirripèdes, de

Sacculines ont pu indiquer les affinités de ces animaux, c'est justement que, vivant dans les conditions communes aux embryons de la plupart des Crustacés, ils n'ont subi aucune modification particulière; tandis que les animaux adultes — et parfois un seul de leurs sexes — se sont au contraire adaptés à des conditions de vie toutes spéciales, le parasitisme et la fixation aux corps submergés, et se sont éloignés, en conséquence, des formes ordinaires des Crustacés, au point de devenir méconnaissables. C'est donc principalement quand il s'agit d'animaux vivant dans des conditions fort différentes de celles de leur classe que l'embryogénie peut fournir d'utiles indications.

Enveloppes embryonnaires; adaptations de ces enveloppes. — Si les embryons qui mènent une existence indépendante peuvent présenter de remarquables modifications adaptatives, ceux qui n'éclosent qu'après avoir acquis tous leurs segments développent assez souvent, eux aussi, des formations spéciales, qui finissent par les entourer et constituer de véritables enveloppes embryonnaires. On observe de telles enveloppes dans les groupes zoologiques les plus variés; leur origine est elle-même très différente d'un groupe à l'autre, de telle sorte qu'on ne peut conclure à une parenté entre les animaux dont les embryons sont ainsi protégés que lorsque les membranes embryonnaires se forment de la même façon et présentent les mêmes transformations. L'embryon se montre déjà enfermé dans une enveloppe spéciale, l'*embryophore*, chez les Cestoïdes (fig. 286). Ici cette enveloppe peut être considérée comme un reste de ces Rédies et de ces Sporosacs dans lesquels se forment les Cercaires dans la classe des Trématodes. Les Némertes présentent cette remarquable particularité que le jeune animal se constitue de toutes pièces à l'intérieur du *Pilidium* (fig 283, R) ou des formes embryonnaires correspondantes, dont le tégument lui constitue une enveloppe. Lorsqu'un Arthropode mue dans l'œuf, l'embryon est aussi momentanément enveloppé par la cuticule rejetée. Mais chez les Insectes et les Vertébrés supérieurs il se constitue de toutes pièces des enveloppes spéciales qui sont de véritables organes embryonnaires.

Chez un grand nombre de Phyllopoètes (*Branchipus*, *Limnadia*, *Moina*, *Estheria*), chez les *Cyclops*, les *Mysis*, les *Cuna*, les *Euphausia*, plusieurs genres d'Amphipodes et d'Isopodes (*Oniscus*, *Cymothoa*, *Asellus*), il se constitue aux dépens de l'épiblaste un *organe dorsal*, qui est peut-être un acheminement vers ces enveloppes, et qui vient s'appliquer contre la membrane interne de l'œuf (fig. 255, p. 169). Les enveloppes embryonnaires des Insectes se constituent autrement et entourent l'embryon tout entier. Autour de la plaque ventrale, principalement en arrière, il se forme un double repli du blastoderme qui s'élève au-dessus de l'embryon et forme une sorte de bourse, dont ce dernier représente le fond (fig. 253 et 275) et dont les bords, se rapprochant peu à peu, finissent par se souder complètement. Quand

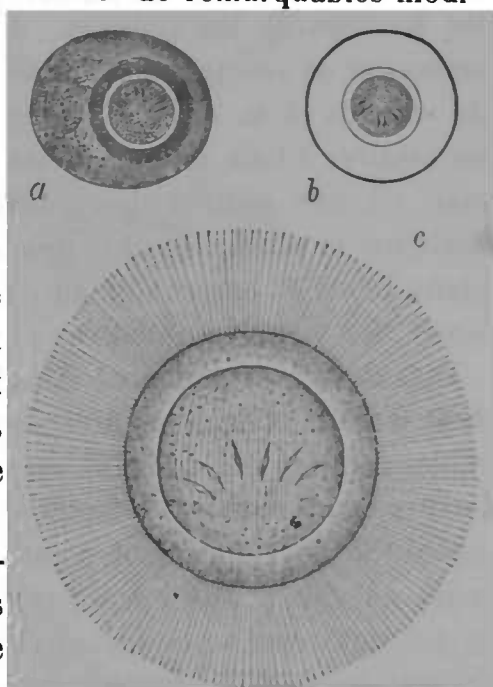


Fig. 286. — OEufs renfermant un embryon (d'après R. Leuckart). — a, œuf de *Taenia solium*; b, œuf d'un *Microtaenia*; c, embryon de *Bothriocephalus latus*.

la soudure est complète, la lame interne des parois de la bourse se continue seule avec l'embryon : c'est l'*amnios* (*it*) ; la lame externe se continue avec le blastoderme, c'est l'*enveloppe séreuse* (*ah*).

Il se produit, par un procédé très analogue, des enveloppes autour de l'embryon des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères. Seulement ici l'exoderme et le mésoderme prennent part à la formation de l'*amnios*, qui est entièrement doublé par une autre enveloppe, l'*allantoïde*. Celle-ci apparaît comme un simple diverticule du tube digestif et grandit en s'insinuant dans la cavité qui sépare l'un de l'autre les deux feuillets amniotiques (fig. 287) ; le mésoderme intestinal et l'entoderme prennent part à la formation de l'*allantoïde*, qui devient très riche en vaisseaux, et fonctionne finalement comme un appareil important de respiration directe chez les Reptiles et les Oiseaux, de respiration médiate chez les Mammifères. Les embryons de ces animaux puisent dans leur volumineuse vésicule ombilicale, reste du vitellus à la surface duquel ils se sont développés, les matériaux nutritifs nécessaires à leur activité. Cette vésicule est peu importante chez les Mammifères ; mais ici une portion des membranes fœtales se spécialise encore davantage, et constitue le *placenta* embryonnaire (fig. 288), grâce auquel les jeunes de ces animaux peuvent emprunter au sang de la mère, par diffusion au travers des vaisseaux, les matières nutritives et l'oxygène dont ils ont besoin.

Il faut voir évidemment dans la formation de ces enveloppes embryonnaires et dans leurs modifications diverses, des déviations de l'embryogénie normale comparables à celles qui donnent un si étrange aspect à certains embryons libres. Ces formes embryonnaires adaptées aux conditions particulières dans lesquelles s'accomplit le développement n'ont jamais appartenu à des animaux adultes, et, à ce point de vue, il faut encore tenir comme inexacte ou tout au moins incomplète la loi qui représente les phases successives du développement comme reproduisant la série des formes par lesquelles a passé chaque espèce pour se constituer. Les embryons peuvent acquérir, pour leur compte, des caractères spéciaux, transitoires, qui ne changent rien au résultat final du développement, mais sont conservés héréditairement, au même titre que les caractères définitifs, et se produisent régulièrement, à un moment donné du développement, lorsqu'ils sont avantageux pour l'embryon. Entre autres, l'inclusion de l'embryon dans des enveloppes spéciales a pour conséquence de le soustraire à l'action immédiate des milieux extérieurs, d'atténuer pour lui, dans une large mesure, les effets de la sécheresse et des oscillations de température. Ces effets sont surtout à redouter hors de l'eau ; il était donc à prévoir que la faune terrestre se recruterait principalement parmi les Arthropodes et les Vertébrés pourvus d'enveloppes embryonnaires : les Insectes forment, en effet, la majeure partie des Arthropodes terrestres et les mots de *Vertébrés amniotes*, de *Vertébrés allantoïdiens* et de *Vertébrés terrestres* peuvent être considérés comme synonymes.

Il est clair que la façon dont se constituent les enveloppes embryonnaires, la façon dont elles se modifient pour s'adapter à telle ou telle fonction, se conservant par voie de transmission héréditaire, peuvent être invoquées à l'appui de la détermination des affinités zoologiques. Chez les Mammifères où l'embryon, soustrait à l'action variable des milieux extérieurs, n'a à s'adapter qu'aux conditions de nutrition relativement constantes de l'organisme maternel, les indications fournies par

l'étude des enveloppes embryonnaires atteint un haut degré de précision. Mais la méthode ne peut être étendue à l'ensemble des animaux dont l'embryon est enfermé dans des enveloppes qu'à la condition d'avoir été soumis au préalable

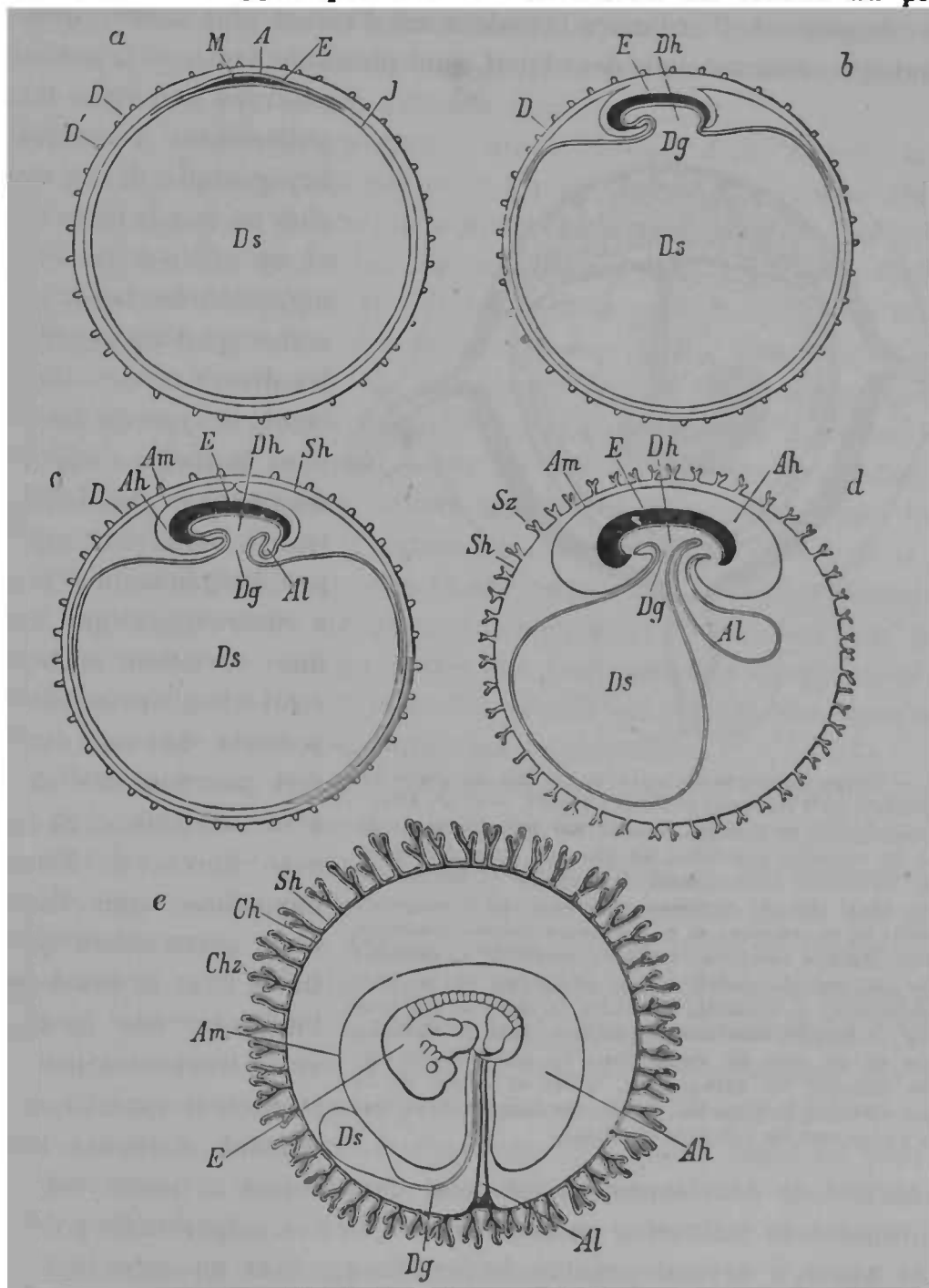


Fig. 287. — Figures schématiques destinées à montrer le développement des enveloppes fœtales d'un Mammifère (d'après Kölliker). — *a*. OEuf montrant la première ébauche de l'embryon. — *b*. Formation de la vésicule ombilicale et de l'amnios. — *c*. Fermeture de l'amnios et apparition de l'allantoïde. — *d*. OEuf entouré de la membrane séreuse garnie de villosités. Embryon avec bouche et anus. — *e*. La couche vasculaire de l'allantoïde s'est appliquée contre la face interne de la membrane séreuse et a pénétré dans les villosités de cette dernière; le sac vitellin s'atrophie et la cavité amniotique s'accroît. *D*, membrane vitelline (zone pellucide); *D'*, villosités de la membrane vitelline; *Sh*, membrane séreuse; *Sz*, villosités de la membrane séreuse; *Ch*, chorion; *Chz*, villosités du chorion; *Am*, amnios; *Ah*, cavité amniotique; *E*, embryon; *A*, ectoderme; *M*, mésoderme; *J*, entoderme; *Ds*, cavité de la vésicule blastodermique, plus tard cavité de la vésicule ombilicale; *Dh*, cavité intestinale; *Dg*, pédicule ombilical; *Al*, allantoïde.

à une minutieuse critique, établissant autant que possible l'origine et le mode de formation de ces enveloppes, ainsi que les conditions qui ont déterminé leur apparition et assuré leur conservation.

Résumé des faits permettant d'établir la valeur des caractères embryogéniques pour la détermination des affinités des êtres. — En résumé, dans une même série zoologique, les embryons sont loin d'éclorre à une phase identique de leur développement. D'ordinaire l'éclosion est d'autant plus tardive que les matériaux nutritifs, emmagasinés dans l'œuf, sont plus abondants, et la présence de ces

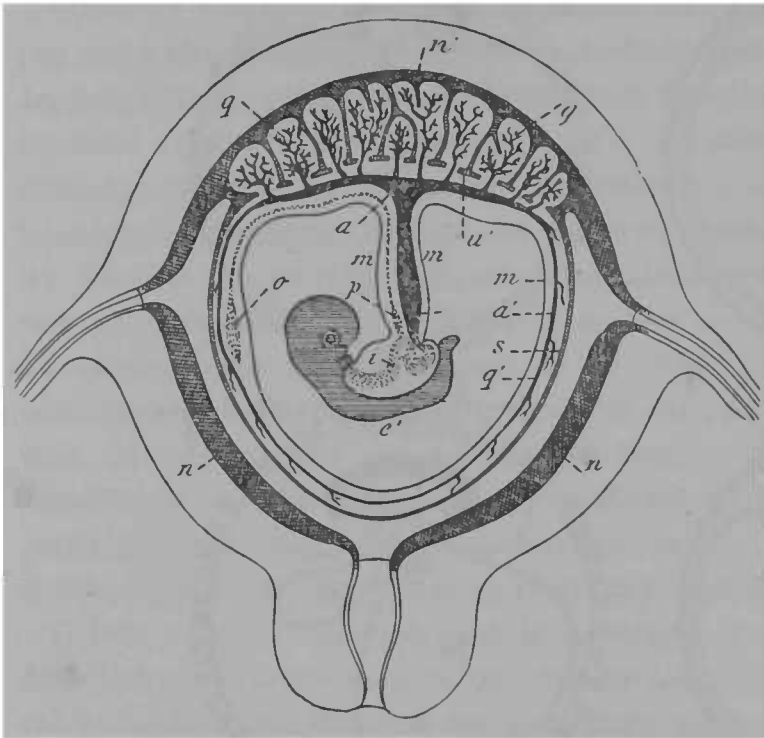


Fig. 288. — Coupe théorique d'un utérus en état de gestation et du produit qu'il renferme (d'après Longet). — *a, a'*, allantoïde transformée en chorion, pourvu sur presque toute sa surface de villosités choriales, les unes en voie d'atrophie (en *a'*), les autres extrêmement développées et formant le placenta fœtal (en *a*); *e*, masse vertébrale de l'embryon; *i*, intestin; *m, m*, amnios; *n, n*, muqueuse utérine (caduque pariétale, decidua vera); *n'*, caduque sérotine; *s*, caduque réfléchie; *o*, vésicule ombilicale; *p*, pédoncule de la vésicule ombilicale; *q*, villosités choriales formant le placenta fœtal; *q'*, villosités choriales implantées dans la caduque réfléchie et en voie de disparition; *r*, pédicule de l'allantoïde converti en ouraque; *u*, lames et brides de la caduque sérotine formant les parois des lacunes dans lesquelles s'engagent les villosités choriales.

réserves nutritives favorise singulièrement l'accélération embryogénique. Si l'on veut rechercher les lois de cette accélération et en préciser les effets, il est nécessaire de choisir un type normal auquel on pourra comparer les divers modes de développement; le type de développement dont le choix s'impose est évidemment le plus lent, celui dans lequel l'embryon, sans développer d'organes qu'il aura ensuite à résorber, ce qui constituerait une déviation embryogénique, éclôt à la phase la moins avancée possible de son évolution, et doit pourvoir dès sa naissance à sa subsistance. Si l'on admet, avec Serres et Fritz Müller, l'hypothèse que l'embryogénie n'est autre chose que la répétition dans le développement de l'individu des formes successives traversées par l'espèce à laquelle il appartient, il est bien évident d'ailleurs que le seul

mode normal de développement est celui dans lequel le jeune est, à tous les stades, capable de rechercher sa nourriture et de s'en emparer. Ce point de départ une fois admis, il devient possible de coordonner dans un ordre logique les phénomènes embryogéniques, de démêler les altérations subies par l'embryogénie normale dans chaque cas particulier, d'en mesurer en quelque sorte l'étendue, et d'apprécier les services que l'on peut attendre de l'embryogénie pour déterminer les affinités des êtres.

Dès le début de la période de segmentation, les altérations de l'embryogénie se manifestent dans certains types. L'inégalité des sphères de segmentation en est une première indication qui va s'accusant de plus en plus jusqu'à la segmentation blastodermique; la différenciation précoce des initiales du mésoderme, la réduction momentanée de ce feuillet à deux bandelettes ventrales, ses divers modes d'origine, sont autant de preuves que, chez des animaux voisins, les mêmes parties de l'adulte peuvent être formées très différemment par l'em-

bryon. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de l'échec relatif des tentatives faites pour trouver dans le mode de formation de la bouche, dans le mode de développement des feuilletts embryonnaires, dans la présence ou l'absence des membranes embryonnaires, dans la forme extérieure des embryons ou dans le mode d'apparition de leurs organes, des caractères plus propres que les caractères anatomiques à révéler les véritables affinités des animaux adultes.

L'emploi exclusif de pareils caractères, l'usage constant d'une pareille méthode de comparaison des êtres vivants ne serait légitime que si, ayant bien déterminé dans chaque série zoologique, les phénomènes caractéristiques de l'embryogénie normale, on avait pu démêler les lois des modifications que subit, sous l'influence de l'accélération embryogénique et des adaptations embryonnaires, le mode de formation des parties du corps, des organes et des tissus. Mais il n'en est pas encore ainsi, et quand on essaye de coordonner d'après les principes que nous venons d'énoncer les faits acquis à la science, on s'aperçoit que la chaîne de ces faits, recueillis au hasard des rencontres ou des commodités de chacun, sans méthode directrice, est à chaque instant rompue, et que trop souvent les faits initiaux font eux-mêmes défaut. Il semble au premier abord résulter de la loi de Serres, modifiée par Fritz Müller, que l'embryogénie soit la règle souveraine qui doit servir à mesurer le degré de parenté des animaux; il n'en est rien, pour le moment, car cette loi n'est vraie qu'en tant que l'on considère ce que nous avons appelé l'embryogénie normale; partout ailleurs elle est faussée dans une mesure qu'il faudrait connaître avant d'appliquer ses conséquences.

En particulier, toutes les fois que des matériaux nutritifs abondants sont mis d'une façon quelconque au service de l'embryon, s'il en résulte une formation plus rapide des méridés ou des zoïdes constitutifs du corps, le développement des organes de locomotion, des organes des sens, et finalement même des organes digestifs, retarde beaucoup sur le développement de l'ensemble de l'organisme, de sorte qu'un embryon peut posséder tous les segments de son corps et être encore incapable de se mouvoir ou de se nourrir, tandis que d'autres réduits à un seul segment sont déjà alertes et voraces. Dans ce cas, l'ordre d'apparition des parties et leur mode de formation peuvent être complètement différents de ce qu'ils sont dans l'embryogénie normale. Il est frappant de voir à quel degré les altérations de formes présentées par les embryons qui se développent ainsi dans l'abondance et l'inactivité, ressemblent à celles que nous aurons à signaler chez les animaux parasites, par rapport aux animaux libres du même groupe.

Formation graduelle du corps et métamorphoses; définition des mots EMBRYON et LARVE. — Que le développement d'un animal s'accomplisse en pleine liberté ou à l'abri des enveloppes de l'œuf, l'être change nécessairement d'aspect par le seul fait que des parties nouvelles s'ajoutent aux parties déjà formées et que peu à peu celles-ci se différencient pour se spécialiser dans des fonctions déterminées. Ces changements d'aspect ont surtout frappé chez les animaux qui se développent à l'état de liberté; ils atteignent leur plus haut degré quand les embryons ont éprouvé des adaptations spéciales, dont les effets doivent disparaître dans les phases ultérieures du développement.

Lorsque ces changements d'aspect sont quelque peu importants on les désigne souvent sous le nom de *métamorphoses*, et l'on appelle *larves* les embryons qui

présentent des formes très différentes des formes adultes. C'est ainsi que, chez certains Crustacés décapodes, on voit se succéder jusqu'à quatre larves ou formes larvaires : le *nauplius* (fig. 44, p. 34), la *protozoë* (fig. 289), la *zoë* (fig. 290), la *mysis*, dont la série peut encore être compliquée de formes intermédiaires ou aberrantes. Comme ces formes correspondent à certaines phases du développement à l'intérieur des œufs à éclosion tardive, il conviendrait de leur réserver le nom de *formes*

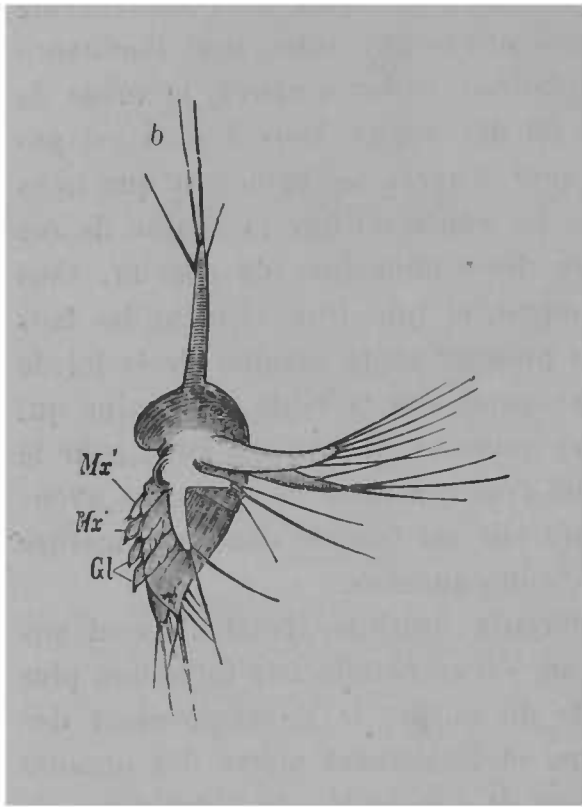


Fig. 289. — *Protozoë* de *Penæus*, vue de profil (d'après Fr. Müller). — *Mx'*, mâchoires antérieures; *Mx''*, mâchoires postérieures; *Gl*, sixième et septième paires de pattes, ou première et deuxième paires de pattes mandibulaires.

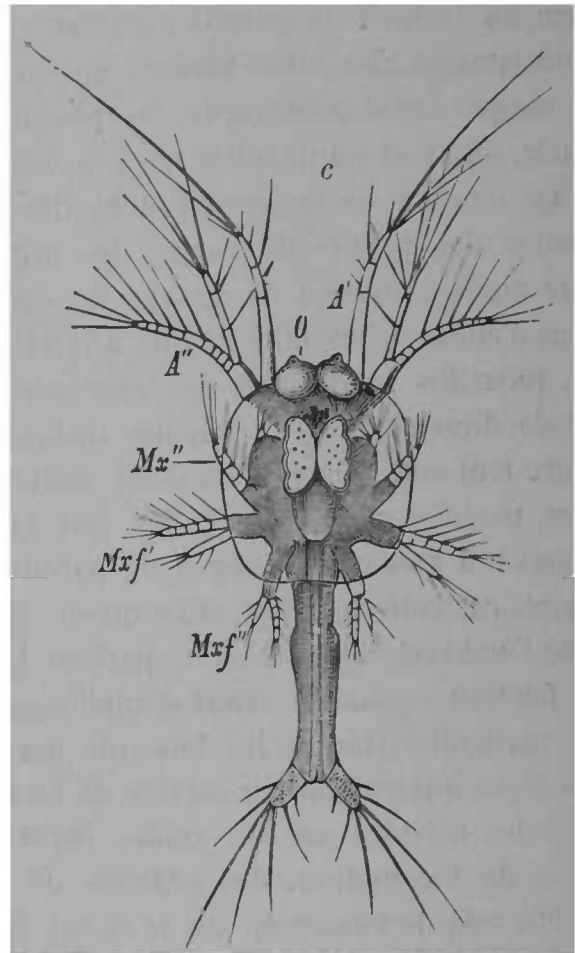


Fig. 290. — Phase *Zoë* de *Penæus* (d'après Fr. Müller). — *O*, yeux; *A'* et *A''*, antennes antérieures et postérieures; *Mx''*, mâchoires postérieures; *Mxf'*, *Mxf''*, première et deuxième paires de pattes-mâchoires.

embryonnaires, d'employer, pour les désigner, le nom d'*embryons* au lieu de celui de *larves*, et de considérer les transformations embryonnaires non comme des métamorphoses, mais comme de simples phases du développement.

Les mots *larve* et *métamorphose*, empruntés au vocabulaire des entomologistes, ont, en effet, en Entomologie, une signification précise dont on les détourne absolument quand on les applique au développement des Echinodermes ou à celui des Crustacés et de la grande majorité des Vers. La *métamorphose* est un changement plus ou moins rapide, qui s'accomplit soit dans les organes internes, soit dans les formes extérieures d'un organisme déjà en possession de toutes les unités morphologiques dont son corps doit être formé. C'est, en d'autres termes, une transformation qui s'accomplit dans un dème définitivement pourvu de tous ses zoïdes, dans un zoïde définitivement pourvu de tous ses mérides.

Avant la transformation, l'animal est à l'état de *larve*; il est ensuite à l'état *parfait*. De telles transformations peuvent être observées dans de nombreux groupes du Règne animal, en dehors de la classe des Insectes. On peut considérer comme une

métamorphose la transformation des *Ephyra* (fig. 291) en Discoméduses (292), celle de la larve vermiforme de la Comatule en larve cystidienne (fig. 54 et 55, p. 40); celle des femelles des Copépodes parasites (fig. 293), en Lernées (fig. 294); celle des larves cypridiennes de Cirripèdes (fig. 295) en Anatifes, Balanes ou Sacculines; celle des Pagures symétriques en Pagures asymétriques; celle des larves de Bryozoaires en protoméride; celle des larves trisegmentées de Brachiopodes en un Brachiopode adulte; celle des têtards des Ascidies en Ascidies, des Ammocètes en Lampiroies, des Leptocéphales en Congres, des Pleuronectes symétriques en Pleuronectes asymétriques, des têtards de Batraciens en Salamandres, Grenouilles ou Crapauds.

Les dernières transformations que subit, avant sa naissance, un embryon de Vertébré pourvu de tous ses somites ou segments sont les analogues de ces métamorphoses.

Les métamorphoses — à moins qu'elles ne soient simplement conservées par hérédité — accompagnent, en général, un changement dans le genre de vie. Elles sont fréquemment en rapport :

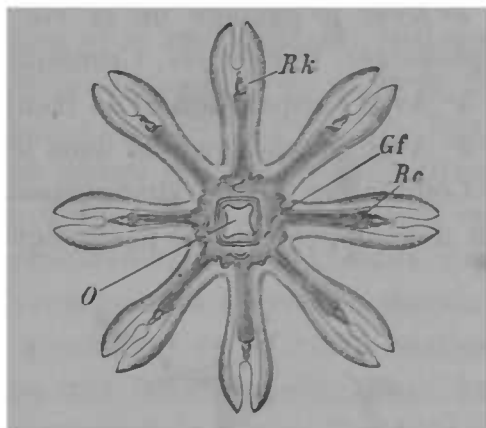


Fig. 291. — *Ephyra* (larve d'Acalèphe). — *Rk*, corps marginaux; *Gf*, filaments gastriques; *Rc*, canaux radiaires; *O*, bouche.

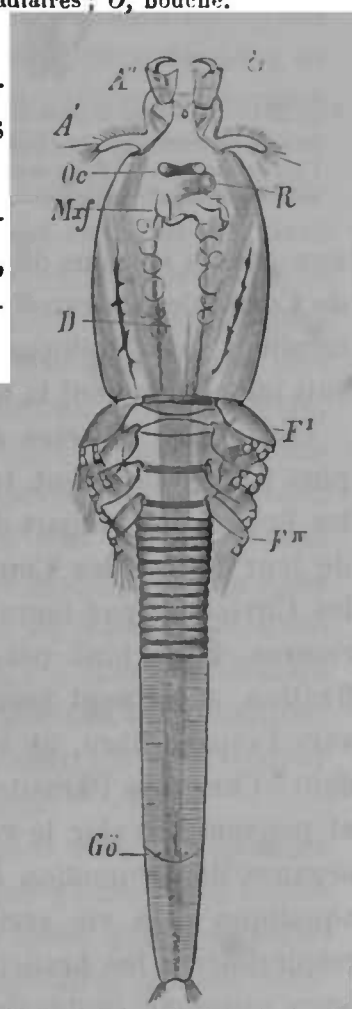


Fig. 293. — *Lernæa branchialis* femelle, à la phase où elle s'accouple (longue de 5 à 6 mm.). — *A, A', A''* les deux paires d'antennes; *Oc*, œil; *R*, trompe; *Mxf*, patte-mâchoire; *D*, intestin; *F'* à *F''*, les quatre paires de pattes natatoires; *Gô*, orifice génital.

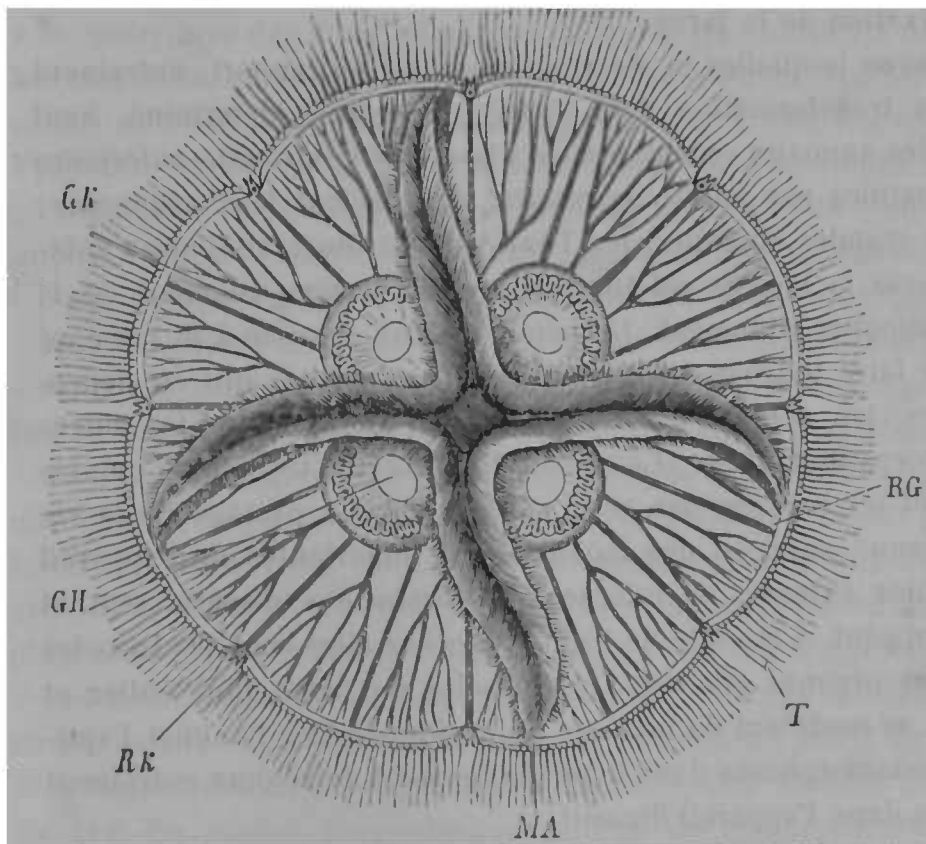


Fig. 292. — *Medusa aurita*, vue par la face inférieure. — *MA*, bras buccaux autour de la bouche; *GK*, glandes sexuelles; *GH*, ouvertures sexuelles; *RK*, corps marginaux; *RG*, canaux radiaires; *T*, tentacules marginaux.

1° Avec le passage de la vie libre à la vie sédentaire : larves de Comatule, Cirripèdes, Brachiopodes, Ascidies;

2° Avec le passage de la vie libre à la vie parasitaire : femelles des Copépode parasites ;

3° Avec le passage de la vie aquatique à la vie aérienne : Perles, Libellules, Ephémères, Phryganes, Grenouilles, Rainettes, Crapauds ;

4° Avec l'acquisition de la faculté de voler : la plupart des Insectes ;

5° Avec un changement dans le régime alimentaire : très nombreux Insectes.

Comme ces divers changements peuvent se produire à n'importe quelle phase du développement, les phénomènes de métamorphose peuvent venir se superposer

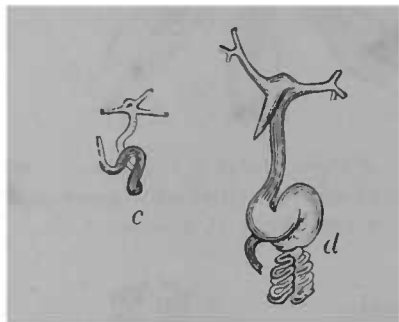


Fig. 294. — *Lernæa branchialis* femelle. — 1. Métamorphose qu'elle subit après l'accouplement. — 2. La même avec les sacs ovifères, de grandeur naturelle.

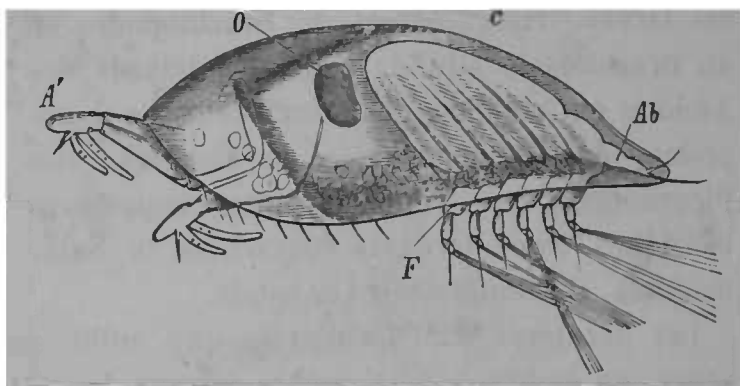


Fig. 295. — Phase avancée du développement du *Lernæodiscus porcellanæ* (d'après Fr. Müller). — *F*, les sept paires de pattes ; *Ab*, abdomen ; *A'*, antenne adhésive ; *O*, œil.

aux phases les plus diverses du développement embryogénique. Ainsi dans la larve de Comatule, la transformation a lieu au moment où la larve vermiforme vient de terminer son développement ; les bras poussent ensuite. Chez les Bryozoaires, elle suit immédiatement la fixation de la larve.

Les causes diverses avec lesquelles la métamorphose est en rapport, entraînent plus particulièrement la transformation d'un système d'organes déterminé. Sauf les Polypes, la plupart des animaux sédentaires se fixent par l'extrémité antérieure de leur corps : les Comatules par leur lobe préoral, qui devient leur pédoncule ; les Cirripèdes par leurs grandes antennes, les Tuniciers par leurs ventouses antérieures. Dans tous ces cas la bouche est tournée vers le bas au moment de la fixation, et ne peut fonctionner utilement ; la métamorphose consiste à la ramener vers l'espace libre, et à faire tourner en conséquence les organes qui en dépendent. Chez les Parasites, les organes génitaux prennent l'avance sur les autres et peuvent envahir le corps tout entier (LERNÉENS, RHIZOCÉPHALES), tandis que les organes de locomotion et les organes des sens s'atrophient. Le passage de la vie aquatique à la vie aérienne suppose des modifications importantes de l'appareil respiratoire : les branchies externes et internes des Batraciens disparaissent et leurs poumons se développent. A la suite de l'apparition des ailes chez les Insectes et du développement des organes génitaux, les muscles du corps tout entier et de l'appareil respiratoire se modifient de manière à développer chez l'animal l'aptitude au vol. Enfin les métamorphoses dues à un changement de régime entraînent surtout des modifications dans l'appareil digestif.

Ce rapport entre la métamorphose et une modification dans le genre de vie est demeuré évident chez les animaux à transformations lentes, comme les Batraciens urodèles, où il est possible, en retardant le changement de milieu ou en le supprimant, de retarder ou de supprimer la métamorphose. On peut obliger les Tritons à conserver leurs branchies et à se reproduire sous cette forme de pérennibranches,

en les maintenant dans une eau assez profonde pour qu'il leur soit impossible d'en sortir. Cette condition paraît être devenue normale chez les Axolotls du Mexique; ces animaux conservent toute leur vie leurs branchies et se reproduisent constamment à un état analogue à l'état larvaire des Tritons. Cependant on observe de temps en temps, chez eux, une métamorphose identique à celle des autres Batraciens, et ils viennent alors se ranger dans un genre bien connu d'Urodèles ordinaires, le genre *Amblystoma*. Les représentants normaux de ce genre accomplissent en quelques semaines la métamorphose qui est exceptionnelle chez les Axolotls. Les causes de la métamorphose des Axolotls en Amblystomes sont longtemps demeurées obscures; on détermine aujourd'hui presque à coup sûr cette transformation en ne mettant à la disposition des Axolotls qu'une très faible quantité d'eau. La Salamandre terrestre, exposée à ne pas toujours rencontrer l'eau nécessaire à l'évolution de ses œufs, les garde dans son corps jusqu'à l'entier développement de l'embryon; l'éclosion a lieu au moment de la ponte. La Salamandre noire, des Alpes, ayant complètement abandonné les eaux, ses petits au nombre de deux se développent entièrement dans son corps; de sorte que par un phénomène inverse de celui qu'on observe chez l'Axolotl, la phase larvaire semble au premier abord supprimée; les jeunes naissent sous leur forme définitive. En réalité ils n'en subissent pas moins la série ordinaire des métamorphoses, et sont capables de vivre dans l'eau, et d'y respirer avec leurs branchies quand on les extrait du corps de la mère avant leur naissance. Un processus singulier facilite cette fausse viviparité: le plus grand nombre des œufs se fusionnent en une masse vitelline qui sert à la nourriture des deux embryons. L'œuf reste encore ici dans un milieu humide, l'oviducte de la mère. Une Rainette des îles sèches des Antilles (*Hylodes martinicensis*) a cessé de pondre ses œufs dans l'eau; elle les attache aux feuilles des Végétaux terrestres, et tout le développement s'accomplit à leur intérieur, sans qu'il paraisse se développer de branchies externes ni de fentes branchiales, de sorte que les jeunes Rainettes éclosent avec tous les caractères de l'adulte, et n'ont en plus qu'un rudiment de queue. Dans ce dernier cas, il y a une accélération embryogénique bien manifeste; le rapport entre la métamorphose et les conditions d'existence est tout à fait masqué chez ces Batraciens qui arrivent à accomplir toutes leurs transformations sous la seule influence de l'hérédité.

Le même fait se retrouve dans les groupes d'animaux les plus divers; c'est ainsi que chez diverses Ascidies composées, le *Perophora Listeri* par exemple, la transformation de la larve ou têtard en Ascidie est déjà fort avancée quand le jeune animal se fixe. On s'achemine ainsi vers la suppression du têtard, qui est complète chez diverses Ascidies simples de la tribu des Molgulidés.

Ces données permettent d'expliquer une partie des modifications de forme et de structure que subissent soit dans l'œuf, soit dans le corps de la mère les embryons des Vertébrés terrestres. Ici, toute métamorphose semble au premier abord avoir disparu. En réalité, l'organisation interne de l'embryon traverse presque exactement les phases qui marquent la métamorphose des Batraciens; cela est surtout frappant pour les transformations successives présentées par l'appareil circulatoire; seulement, il y a, comme pour l'Hylode de la Martinique, accélération par suppression du développement de certains organes, tels que les branchies externes, et déviation du développement normal, résultant de la présence d'une grande

quantité de vitellus, de sorte que l'embryon capable de mener de bonne heure une vie indépendante, chez les Batraciens, ne devient capable de vivre ainsi que lorsqu'il n'a plus aucune transformation à subir chez les Vertébrés aériens. Accélération dans le développement, retard de l'aptitude à mener une vie libre jusqu'à l'entier achèvement de l'organisme qui n'a plus ensuite qu'à grandir, tels sont les deux traits qui caractérisent le développement des Vertébrés aériens. Au fond les phases de ce développement semblent n'avoir de raison d'être que la conservation de métamorphoses liées, chez les ancêtres des Mammifères actuels, à des changements dans les conditions d'existence, telles que celles que présentent encore, au cours de leur vie, les Batraciens. Il y a plus : certaines phases du développement des Mammifères eux-mêmes ne semblent pouvoir être qu'un héritage des dispositions nécessitées par la présence d'un gros vitellus, tel que celui des Reptiles et des Oiseaux, dispositions qui se sont conservées après que ce gros vitellus a disparu.

Si maintenant l'on tient compte de la segmentation du corps des Vertébrés, du mode de constitution de leur appareil rénal primitif et des transformations que cet appareil subit à mesure qu'on s'éloigne des Poissons plagiostomes et qu'on s'élève vers les Vertébrés terrestres, il est parfaitement légitime de dire que l'organisation de ces derniers animaux se transforme au cours de leur développement, de manière à présenter successivement des analogies avec l'organisation des Vers annelés, celle des Poissons, celle des Batraciens et que, finalement, certains traits du développement des Mammifères semblent hérités de celui des Reptiles. Mais ces phases successives ont été tellement modifiées par les conditions mêmes du développement qu'elles ne correspondent plus à aucune forme ayant mené une existence indépendante, et relèvent de la catégorie des déviations à l'embryogénie normale que nous ont déjà montrées un certain nombre d'embryons libres des animaux inférieurs.

Caractère particulier des métamorphoses des Insectes. — Dans la plupart des divisions du Règne animal où l'organisme éprouve des transformations que l'on peut considérer comme des métamorphoses, ces métamorphoses sont lentes et graduelles. Les organes anciens s'atrophient peu à peu, se réduisent et disparaissent, ou se transforment par la régression de certaines de leurs parties et le développement de certaines autres; l'organisme nouveau dérive immédiatement de l'ancien. C'est ce que l'on voit chez les Cirripèdes, au moment de la fixation, les Crustacés parasites, les Tuniciers, les Poissons cyclostomes, les Batraciens. Chez les Insectes la métamorphose prend un caractère notablement différent. Sauf de rares exceptions comme celui d'une Cigale de l'Amérique du Nord (*Cicada septemdecim*), qui met, dit-on, dix-sept ans à accomplir son évolution, la vie des Insectes est très courte; la plus grande longévité chez ces animaux est de trois ou quatre ans; encore est-ce à l'état de larves qu'ils passent la majeure partie de ce temps (*Lucanus*, *Melolontha*, *Cerambyx*, etc.). Presque toujours tous les phénomènes de développement accomplissent leur cycle en une année, et parfois quelques semaines seulement, 21 jours chez l'Abeille, séparent l'éclosion de la larve de sa transformation en Insecte parfait. La différence entre les deux organismes est tellement grande qu'on ne saurait concevoir comment pourrait s'accomplir en si peu de temps une transformation graduelle. Les phénomènes d'accélération sont ici poussés

à l'extrême. Les muscles anciens sont résorbés et servent à l'alimentation d'éléments spéciaux, appartenant à la catégorie des *phagocytes* de Metschnikoff, qui les transforment en produits de réserve servant à leur tour à nourrir les éléments de bourgeons d'attente, disposés dans la larve de manière à reconstituer l'appareil musculaire sur un nouveau plan et à former l'appareil génital. Ces bourgeons sont en nombre déterminé et occupent une position fixe chez toutes les larves appartenant à une même famille zoologique. Grâce à eux la musculature de l'Insecte est en quelque sorte reconstituée sur un plan nouveau, en même temps que les divers appendices de la larve sont remplacés par des appendices bien autrement parfaits, que les ailes apparaissent, que l'appareil génital et les organes externes qui en dépendent se constituent, que l'appareil digestif lui-même change de structure. Pendant que ce travail s'accomplit l'Insecte privé des organes principaux de la larve, ne possédant pas encore ceux de l'adulte, est nécessairement voué à l'immobilité; aussi l'état de *nymphe*, qui succède à l'état de larve, est-il chez les Insectes à métamorphose complète, un état de repos apparent, durant lequel la vie ne se traduit plus par des mouvements extérieurs, mais par les transformations profondes qu'elle accomplit dans l'organisation de l'animal. L'apparition d'un mécanisme de développement si étrange montre suffisamment à quel point, chez les animaux appartenant à une même série zoologique, l'accélération des phénomènes embryogéniques implique, dans le mode d'apparition et de transformation des organes, de procédés variés qu'on ne saurait d'ailleurs invoquer comme l'indice d'une diversité d'origine de ces êtres. Cette variété de procédés se montre d'ailleurs même chez les Insectes, dont certains types (PSEUDO-NÉVROPTÈRES, ORTHOPTÈRES, HÉMIPTÈRES) ont déjà en naissant leur forme définitive et n'ont plus à acquérir que l'appareil génital et ses dépendances, ainsi que des ailes. Ces Insectes sont dits à demi-métamorphose; on peut admettre que chez eux une partie des métamorphoses tout au moins s'est accomplie au cours du développement embryonnaire. Dans ce cas la nymphe demeure active. Il y a enfin des Insectes sans métamorphoses; ce sont les représentants des types les plus primitifs (THYSANOURES).

CHAPITRE V

LES TISSUS

Propriétés générales et divers modes de différenciation des tissus. — Les degrés divers et presque innombrables de complication du corps des animaux sont, en dernière analyse, obtenus grâce à la différenciation et aux groupements multiples des plastides ou éléments anatomiques. Quoique très variés dans le détail de leur structure, ces plastides qui, après s'être groupés en tissus (voir pages 64 et suivantes), constituent les unités morphologiques du corps : mérides, zoïdes, ou dèmes, les organes et les appareils, se rattachent cependant à un nombre relativement restreint de types, correspondant chacun à un groupe déterminé de fonctions physiologiques.

C'est aussi du degré plus ou moins grand de différenciation des éléments que dépend, dans une certaine mesure, la division du travail physiologique. Cette division du travail est poussée très loin chez les organismes supérieurs où les diverses sortes d'éléments sont très nettement caractérisées; elle est au contraire faible chez les organismes inférieurs, où il est souvent difficile de déterminer la fonction d'un élément d'après sa forme et la façon dont il se comporte en présence des réactifs. A mesure qu'on s'élève dans le Règne animal, les diverses sortes d'éléments se caractérisent, et c'est en suivant la marche de cette caractérisation graduelle qu'on peut espérer se rendre compte de la nature et des propriétés des éléments, à structure parfois complexe, qui constituent les organismes élevés tels que les Arthropodes supérieurs et les Vertébrés.

Tous les plastides libres et isolés ont en commun un ensemble de propriétés dont l'exercice constitue à proprement parler la vie : ils se nourrissent, respirent, excrètent, sont irritables, contractiles, grandissent, se transforment, se multiplient, dépérissent et meurent. Associés en organismes, ils exercent différemment ces propriétés suivant la position qu'ils occupent et les excitations habituelles qu'ils subissent, de telle façon que chacun d'eux modifie à son tour indéfiniment le milieu dans lequel vivent ses voisins, et ajoute un élément nouveau de variété à ce milieu. Les effets immédiats de l'exercice des deux premières propriétés, la nutrition et la respiration, sont limités à la substance même du cytosarque de chaque élément; toutefois il résulte de l'accumulation d'un grand nombre de plastides dans une même région une lutte pour la vie qui, en raréfiant les matières

alimentaires au détriment des moins actifs, peut amener chez eux des modifications plus ou moins profondes, ou déterminer leur dépérissement et leur mort.

Les excrétiions ont une action plus étendue : elles peuvent être inutiles, ou nuisibles à tous les éléments de l'organisme ou à l'organisme lui-même, comme aux éléments qui les rejettent; elles peuvent aussi être diversement utilisées suivant leur état physique, leurs aptitudes mécaniques, leurs propriétés chimiques.

Les excrétiions gazeuses ne sauraient rester dans l'organisme; elles sont éliminées par toutes les surfaces en rapport avec l'extérieur. Les excrétiions liquides peuvent

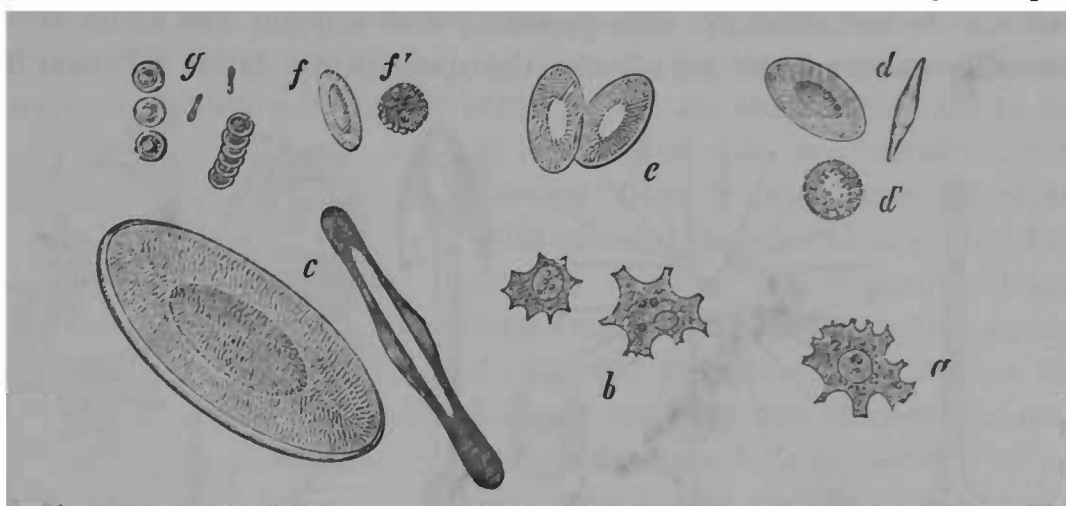


Fig. 206. — Éléments figurés des humeurs. *a*, globules incolores de l'Anodonte; *b*, de la chenille d'un Sphinx; *c*, globule rouge du Protée; *d*, globule rouge et *d'* cellule lymphatique de la Couleuvre lisse; *e*, globule rouge de la Grenouille; *f*, globule rouge, et *f'*, cellule lymphatique du Pigeon; *g*, globule rouge de l'Homme.

être : *a*, rejetées au dehors sans avoir été utilisées, comme l'urine des animaux supérieurs; *b*, conservées temporairement dans l'organisme, où leurs propriétés sont diversement utilisées, comme cela a lieu pour les sérosités, les mucosités, les larmes, qui assouplissent, lubrifient ou protègent les membranes, les sucs digestifs qui préparent l'assimilation des matières alimentaires, le lait, la soie, les venins, les liquides dans lesquels flottent les éléments reproducteurs ou qui se solidifient autour d'eux pour leur former des enveloppes; *c*, conservées indéfiniment dans l'organisme pour en faire en quelque sorte partie intégrante, comme le liquide de la cavité générale des Echinodermes, des Arthropodes, des Vers, des Mollusques, le chyle des Echinodermes, la lymphe des Vertébrés, le plasma du sang des Vers annelés et des Vertébrés, l'humeur aqueuse, l'humeur vitrée de l'œil, les liquides de l'oreille interne, le liquide céphalo-rachidien des Vertébrés. Les liquides ainsi conservés dans l'organisme se mélangent parfois à l'eau venue du dehors (liquide cavitaire des ECHINODERMES); des éléments anatomiques libres, corpuscules de la cavité générale, leucocytes, globules du sang (fig. 296), flottent en général dans ces liquides. On a souvent comparé à de véritables tissus l'ensemble formé par les liquides organiques et les plastides vivants qu'ils contiennent; on leur donne d'ordinaire le nom d'humeurs. Comme il est impossible d'établir une démarcation tranchée entre l'état liquide et l'état solide des substances albuminoïdes, capables de s'imprégner d'une quantité d'eau très variable, qui forment la partie essentielle des humeurs, on comprend, en effet, que l'on puisse étendre aux humeurs cette qualification de tissus qui leur conviendrait parfaitement si leur partie liquide se consolidait.

Les excrétiions liquides peuvent demeurer au sein même des éléments anatomi-

ques qui les ont formées et finalement se substituer à leur cytosarque; c'est ce qui arrive pour le *glycogène*, les *matières grasses* qui constituent des *inclusions* (fig. 138, page 96) ordinairement utilisées comme aliments de réserve.

Suivant que les éléments qui produisent des excréments solides sont isolés, groupés en surface ou disposés en masses plus ou moins épaisses, ces excréments peuvent elles-mêmes jouer un rôle différent dans l'économie de l'animal. Les excréments solides produites par des éléments isolés sont rejetées au dehors, comme cela arrive pour les excréments des reins des Mollusques, ou conservées à l'intérieur de ces éléments; elles prennent alors souvent une forme déterminée et forment ce qu'on appelle des *spicules*. Ces spicules (fig. 297 et 298) sont très fré-

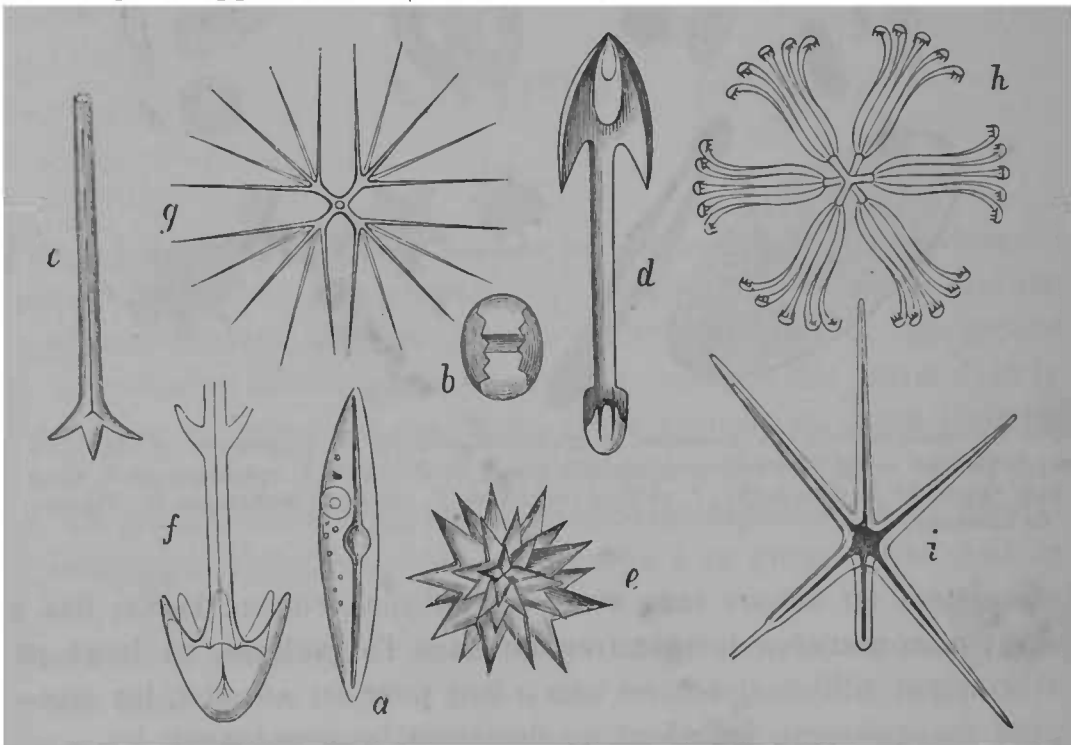


Fig. 297. — Spicules siliceux de différentes Éponges siliceuses : *a*, spicule de *Spongilla* dans l'intérieur de la cellule formatrice; *b*, amphidisque d'une gemmule de *Spongilla*; *c*, ancre d'*Ancorina*; *d*, crochets siliceux d'*Esperia*; *e*, étoile de *Chondrilla*; *f*, *g*, *h*, *i*, différentes formes de spicules d'*Euplectella aspergillum*.

quement calcaires (ÉPONGES CALCAIRES, fig. 91 *e*, p. 65, ALCYONNAIRES, fig. 298, ÉCHINODERMES), moins souvent siliceux (HÉLIOZOAIRE, RADIOLAIRES, ÉPONGES SILICEUSES, fig. 297); ils peuvent être formés exceptionnellement d'une substance organique (ACANTHOMETRIDÆ, fig. 31, p. 30). Les spicules persistent dans l'organisme après la mort des éléments qui les ont produits; ils peuvent alors former un squelette presque exempt de matière organique, dont les spicules constitutifs demeurent libres ou sont soudés par une substance amorphe, produite par les plâstides spiculigènes, avant leur disparition (Squelette siliceux de certaines HEXACTINELLIDÆ, axe calcaire du Corail).

Lorsque les éléments qui produisent des excréments solides ou solidifiables sont disposés en revêtement sur une surface, la substance excrétée se répand comme un vernis sur cette surface et forme alors, si elle est en couche mince, ce qu'on nomme une *cuticule* (VERS ANNÉLÉS). Si elle est en couche épaisse, elle peut prendre des aspects très variés. Le *squelette externe* des Arthropodes n'est autre chose qu'un revêtement ainsi constitué, formé par de la *chitine*, substance très résistante à l'action des acides et des alcalis, et qui n'est pas sans analogie avec

la cellulose. La chitine s'imprègne de sels calcaires chez les Crustacés. La coquille des Brachiopodes et des Mollusques est une exsudation analogue du manteau de ces animaux dont la partie superficielle demeure chitineuse, tandis que les parties immédiatement sous-jacentes sont presque exclusivement calcaires. Les soies des Annélides marines et des Lombriciens terrestres sont des exsudats de chitine, à l'intérieur d'une invagination des téguments.

Quand les plastides à excrétion solide demeurent groupés en masse, leur exsudat s'accumule entre les cellules, les éloigne les unes des autres, détermine chez elles toutes sortes de modifications de formes et peut arriver à amener leur mort, la substance exsudée formant alors tout le tissu avec les débris restants des cellules. Les tissus ainsi constitués forment le grand groupe des *tissus conjonctifs*. La nature

de l'exsudat ou *substance interstitielle* est très variable. Dans le mésoderme des Hydrocoralliaires, des Madréporaires et des Échinodermes, il est en grande partie calcaire, et forme une dentelle pierreuse, dans les mailles de laquelle subsiste souvent le tissu vivant, formant lui aussi une dentelle, en quelque sorte réciproque de la première. C'est la double dentelle ainsi constituée qui constitue le *polypier* (fig. 299) dans les deux premières

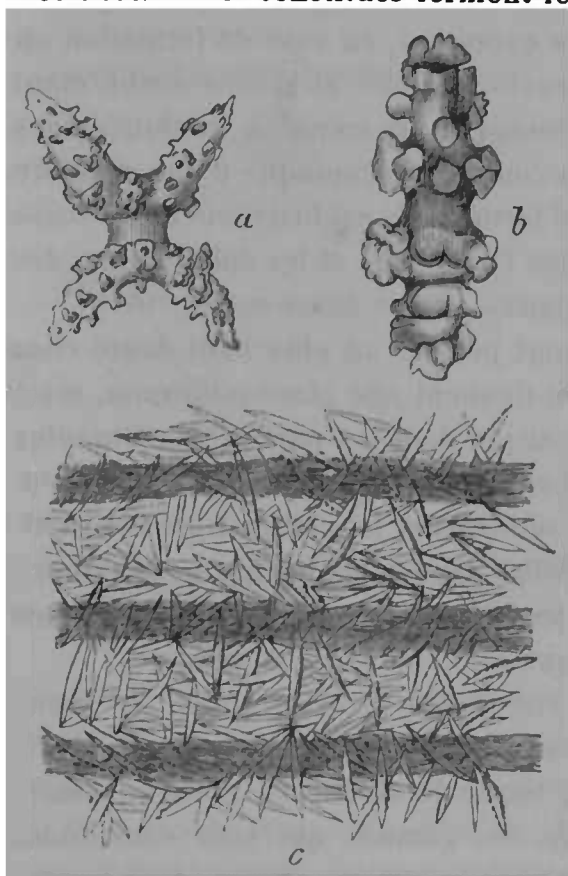


Fig. 298. — Spicules calcaires ou sclérites d'Alcyonnaires (d'après Kölliker). — a, sclérite de *Plexaurella*; b, sclérite de *Gorgonia*; c, sclérite d'*Alcyonium*.

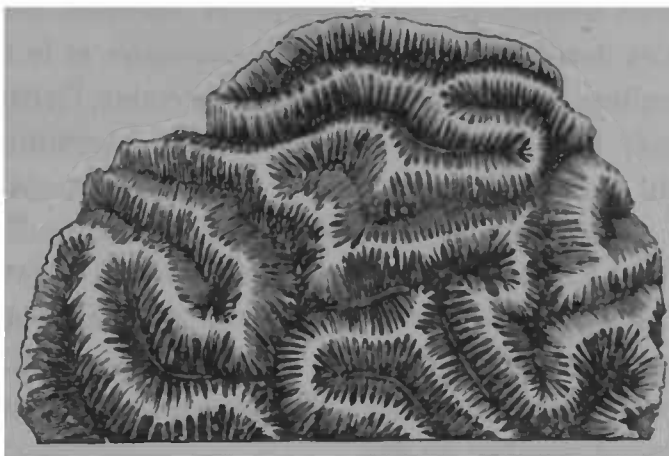


Fig. 299. — *Mæandrina (Cæloria) arabica* (d'après Klünzinger).

classes de ces Phytozoaires, le *test* dans la troisième. Le plus souvent la substance interstitielle est de nature organique, et peut présenter des modifications diverses de quantité, de qualité et de structure qui caractérisent les divers tissus *gélatineux*, *cellulaire*, *élastique*, *cartilagineux*, *osseux*, que l'on observe non seulement chez les Vertébrés, mais aussi chez un assez grand nombre d'Invertébrés.

Il arrive fréquemment que la production des substances excrétées est si rapide, présente un tel degré d'intensité que tout le cytosarque est envahi par ces substances, qui entraînent nécessairement sa mort. Les cellules productrices de la salive, de la pepsine, chez les Vertébrés, celles qui produisent le *mucus* chez les Mollusques sont gonflées, et détruites par le produit exsudé dans lequel leur substance passe tout entière. C'est même là le mécanisme le plus fréquent de la sécrétion des sucs qui contiennent ce qu'on nomme un *ferment soluble*. Mais la

cellule n'est ainsi détruite en totalité que si le produit excrété est liquide ou apte à se liquéfier en absorbant une grande quantité d'eau. Si le produit est résistant, il prend, au moins en partie, la place du cytosarque, dont il paraît être une transformation et dont il conserve la figure. C'est ainsi que se forment les fibres siliceuses et cornées des Éponges, les ligaments des Echinodermes, les prismes de l'émail des dents des Vertébrés, et l'on peut considérer comme un phénomène assez analogue la transformation cornée que subissent les cellules épidermiques pour former la couche superficielle de l'épiderme des Oiseaux et des Mammifères, les écailles des Reptiles, les ongles de tous les Vertébrés terrestres, les poils et les piquants des Mammifères, les plumes des Oiseaux. Chez les éléments dont les propriétés excrétrices sont développées à un si haut degré, le cytosarque est forcément pénétré constamment de substances excrétées, en voie de formation ou toutes formées, et qui sont inertes de leur nature; *l'irritabilité* et la *contractilité* étant des propriétés essentiellement propres au cytosarque ou même à quelques-unes des substances qui le composent seulement, la contractilité manque d'une manière presque complète à ces éléments modifiés. Aussi forment-ils exclusivement des *tissus protecteurs de surfaces* ou *tissus pariétaux*, comme l'épiderme et les épithéliums, des *tissus sécréteurs*, comme les épithéliums glandulaires, et des *tissus conjonctifs*.

Au contraire l'irritabilité et la contractilité sont portées au plus haut degré chez deux nouveaux tissus, dans lesquels les *excreta* tiennent une place minimum, mais où les plastides présentent d'ordinaire un cytosarque dont les parties constituantes sont hautement différenciées, et affectent fréquemment des dispositions régulières. Ces deux tissus sont le *tissu musculaire* et le *tissu nerveux*. La contractilité est particulièrement développée dans le premier, l'irritabilité dans le second qui ne réagit pas mécaniquement par lui-même, mais détermine les importantes réactions mécaniques du second, et peut en outre agir directement sur les éléments glandulaires.

Origine embryogénique des tissus. — L'origine des diverses sortes de tissus n'est pas sans quelque rapport avec les couches ou feuilletts embryonnaires.

L'exoderme fournit la couche cellulaire qui limite le corps, les poils ou émergences qu'elle présente, ainsi que l'épithélium des glandes qui sont constituées par ses invaginations; il donne en outre naissance au tissu nerveux dans le plus grand nombre de cas.

Le mésoderme produit la totalité du tissu conjonctif et du tissu musculaire, ainsi que les combinaisons de ces deux tissus qui constituent les vaisseaux; il fournit aussi les revêtements cellulaires des séreuses, des lymphatiques et des vaisseaux, revêtements auxquels on donne le nom d'*endothélium*, et paraît prendre, dans certains cas, une part plus ou moins importante à la formation des ganglions nerveux et des nerfs (ECHINODERMES, MOLLUSQUES); il donne également naissance aux corpuscules de la cavité générale, de la lymphe et du sang.

L'entoderme produit enfin le revêtement épithélial du tube digestif, ainsi que l'épithélium des glandes qui en dépendent.

Cette simple énumération suffit à montrer qu'on ne saurait classer naturellement les tissus d'après leur origine; nous adopterons en conséquence, dans cette description sommaire, la division en *tissus pariétaux*, *tissus producteurs*, *tissus conjonctifs*, *tissus musculaires* et *tissus nerveux*. Il convient enfin d'ajouter à cette liste un groupe spécial des *tissus génitaux*, dont l'origine est également variable.

Nous avons fait précédemment une étude suffisante des éléments produits par ces derniers tissus; nous n'aurons à ajouter que peu de détails relativement à leur origine et à leurs premières transformations.

Tissus pariétaux. — La forme des éléments anatomiques qui constituent les tissus pariétaux peut se ramener aux types suivants : 1° *cellules pavimenteuses*; 2° *cellules crénelées*; 3° *cellules cylindriques simples*; 4° *cellules cylindriques à plateau*; 5° *cellules coniques à extrémité interne ramifiée*.

Les *cellules pavimenteuses* (fig. 300) sont des éléments polyédriques, aplatis, contigus les uns aux autres et se disposant en mosaïque, plus ou moins régu-

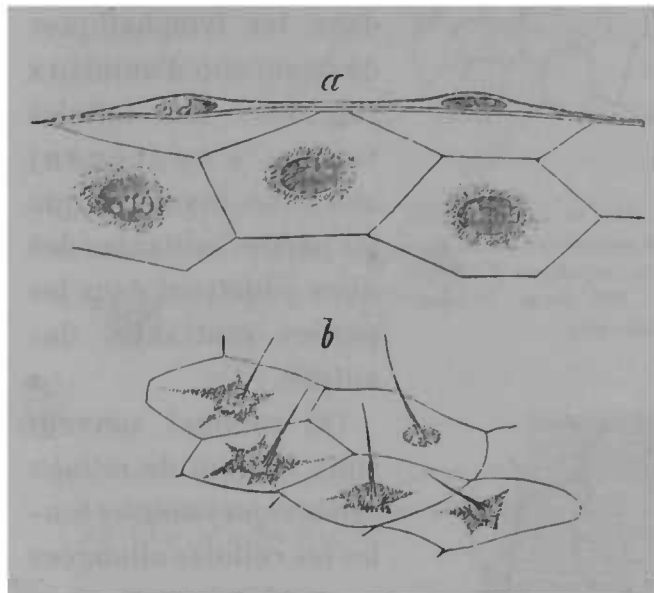


Fig. 300. — *a*, cellules pavimenteuses; *b*, cellules pavimenteuses surmontées de poils rigides (Méduse).

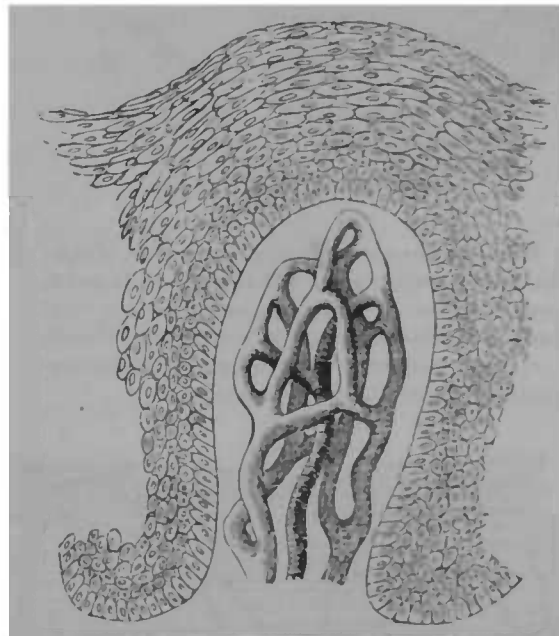


Fig. 301. — Papille de la gencive d'un enfant avec son réseau vasculaire et ses couches épithéliales.

lière. Quand elles revêtent la surface libre du corps, ces cellules peuvent ne se disposer qu'en une seule couche ou former au contraire plusieurs couches successives dans lesquelles il arrive souvent que les cellules profondes sont arrondies, les cellules moyennes plus ou moins polyédriques et finalement les cellules superficielles aplaties. Dans le premier cas elles constituent un *épithélium simple*, dans le second un *épithélium stratifié*. Comme exemple d'épithéliums pavimenteux simples, on peut citer celui qui recouvre la surface convexe de l'ombrelle des Méduses (fig. 300). L'épithélium de la muqueuse buccale de l'homme est un épithélium pavimenteux stratifié (fig. 301). On peut aussi appliquer cette dénomination à l'épiderme des Mammifères. Dans les deux cas, les cellules de la couche profonde de l'épiderme, lorsqu'elles sont isolées, apparaissent comme dentelées sur leurs bords

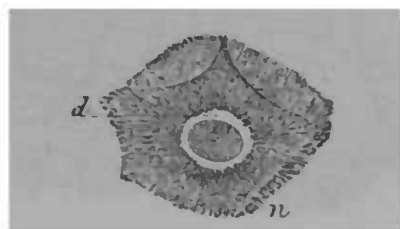


Fig. 302. — Cellule du corps muqueux de Malpighi, isolée après macération dans le sérum iodé. — *d*, espace compris entre la masse cellulaire et le noyau; *n*, filaments d'union brisés par la dissociation (d'après Ranvier).

(fig. 302). Ces dents qui affrontent leur sommet au sommet des dents voisines (fig. 303) paraissent être les restes de filaments qui unissent entre elles les cellules et dans l'intervalle desquels se trouve une substance interstitielle particulière.

Un grand nombre de cavités des organismes supérieurs sont tapissées par des cellules pavimenteuses, en couche simple, d'origine mésodermique. On donne à

ces revêtements cellulaires le nom d'*endothélium*. On trouve dans les endothéliums tous les passages de la forme polygonale des cellules (*endothélium des sécrues*, fig. 304, *endothélium du poumon*) à des cellules régulièrement crénelées.

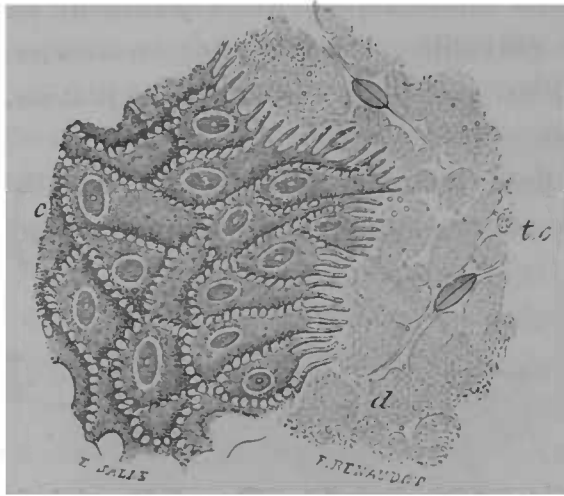


Fig. 303. — Coupe du corps muqueux de Malpighi, faite parallèlement à la surface de la peau, après injection d'acide osmique dans les vaisseaux et durcissement par la gomme et l'alcool. — *c*, corps muqueux de Malpighi; *tc*, tissu conjonctif du derme (d'après Ranvier).

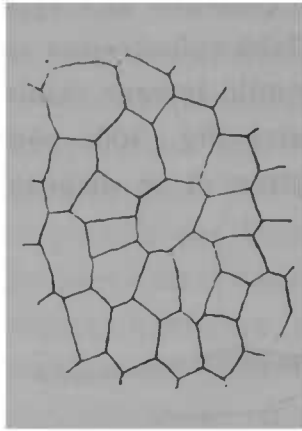


Fig. 304. — Endothélium du mésentère de la Tortue, imprégné d'argent. — 233 diam. (d'après Ranvier).

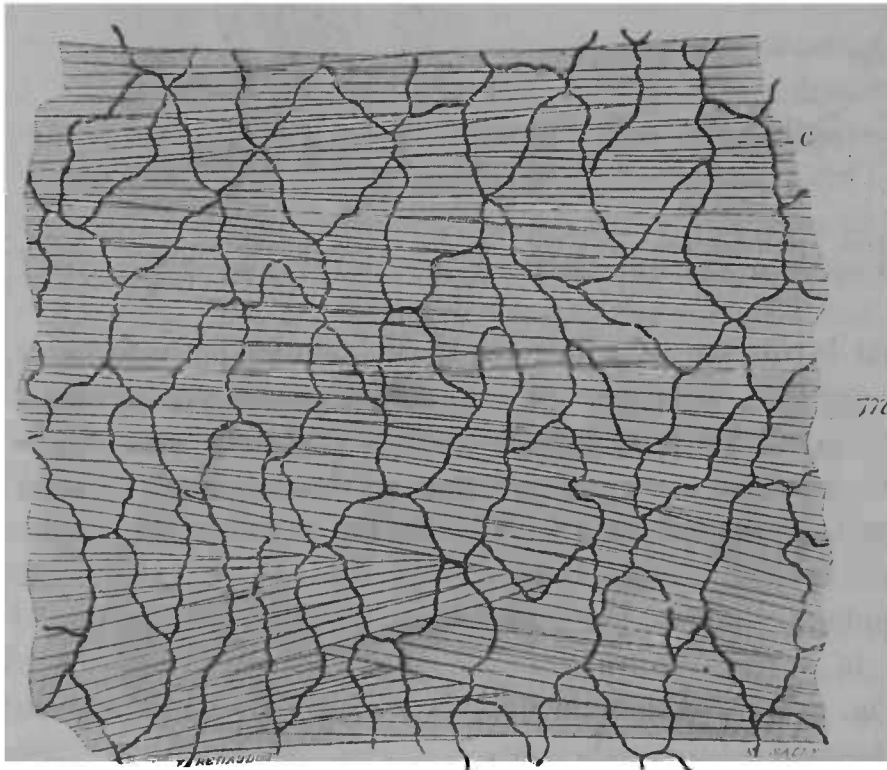


Fig. 305. — Veine jugulaire du Lapin, imprégnée d'argent par injection limitée. Dessiccation. Eclaircissement dans l'essence de girofle. Baume du Canada. — *c*, ligne de séparation des cellules endothéliales marquée par le dépôt d'argent; *m*, fibres musculaires lisses dont les limites sont dessinées par le dépôt d'argent. — 250 diam. (d'après Ranvier).

mifères, mais dont la forme est conique. Les cellules cylindriques sont généralement disposées en une couche simple.

Un grand nombre d'épithéliums sont formés de cellules allongées, mais qui, au lieu d'avoir des contours simples, se terminent à leur extrémité profonde soit par des ramifications diverses (fig. 308), soit par des filaments qui peuvent être en continuité avec les éléments sous-jacents. Les cellules épidermiques ou sous-

des cellules des endothéliums des vaisseaux sont le plus souvent sinueux (fig. 305); ces sinuosités deviennent profondes et extraordinairement capricieuses dans les lymphatiques de beaucoup d'animaux (fig. 306). Les cellules voisines s'engrènent alors de manière que les parties saillantes des unes pénètrent dans les parties rentrantes des autres.

On confond souvent sous le nom de *cellules cylindriques simples* toutes les cellules allongées perpendiculairement à la surface qu'elles revêtent. Il convient cependant de réserver ce nom à celles dont les dimensions transversales varient peu et dont les contours sont réguliers. Telles sont les cellules terminées par des bases planes qui sécrètent le revêtement chitineux des Insectes et forment ce qu'on appelle leur *hypoderme* (fig. 307), ou celles qui tapissent le gros intestin des Mam-

cuticulaires des *Pontodrilus* et probablement de la plupart des Lombriciens terrestres sont dans ce cas.

Les cellules cylindriques et les cellules coniques à extrémité ramifiée présentent dans un grand nombre de cas une modification remarquable au voisinage de leur extrémité libre. On y observe une couche de substance plus ou moins épaisse, peu

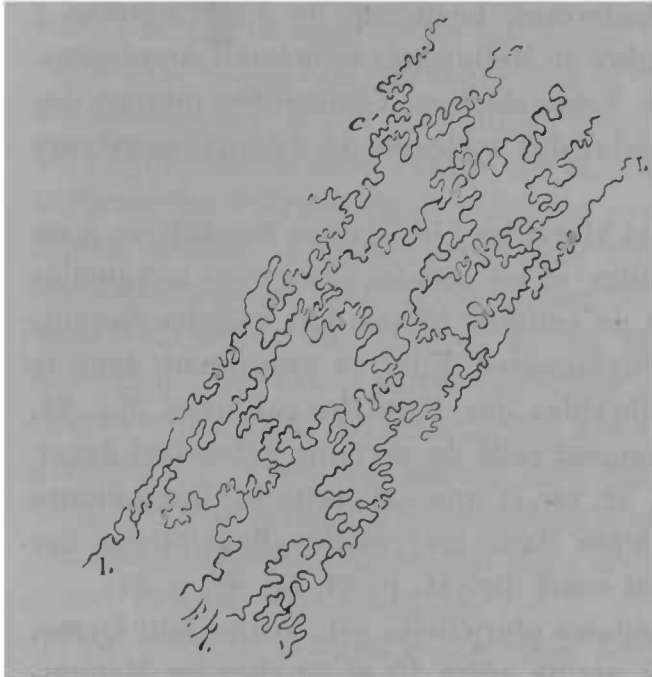


Fig. 306. — Endothélium des capillaires lymphatiques imprégné d'argent dans l'intestin du Lapin. — 208 diam. (d'après Ranvier).

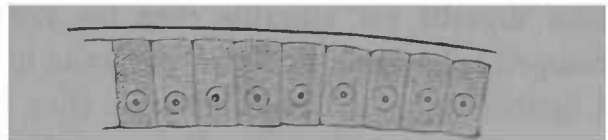


Fig. 307. — Cuticule et hypoderme de la larve de *Corethra*.

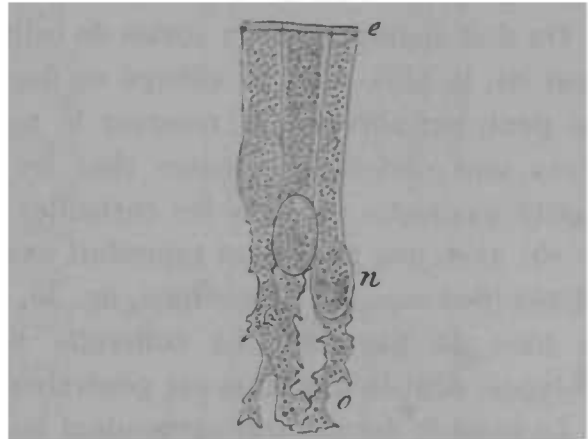


Fig. 308. — Cellules épithéliales de l'intestin de la Grenouille, isolées après l'action du sérum iodé. — e, plateau strié; n, noyau; o, extrémité irrégulière des cellules. — 500 diam. (d'après Ranvier).

résistante à l'action de l'eau, se colorant d'ordinaire plus lentement que le reste de la cellule sous l'action des réactifs et traversée par de fins canalicules. C'est ce qu'on appelle le *plateau* de la cellule. L'épithélium de l'intestin grêle de l'Homme est formé de cellules cylindriques à plateau; celui de la Grenouille, de cellules à plateau, à extrémité ramifiée (fig. 308).

Dans la couche épidermique de certaines régions de l'ombrelle des Méduses de la cavité gastrique des Coralliaires (*Sagartia*), dans la gouttière ambulacraire des Échinodermes on trouve de nombreuses cellules terminées vers l'extérieur par une sorte de long goulot, vers l'intérieur par un filament unique variqueux (fig. 309). Cette forme particulière de cellules épithéliales constitue probablement des cellules sensibles en rapport avec des fibrilles nerveuses.

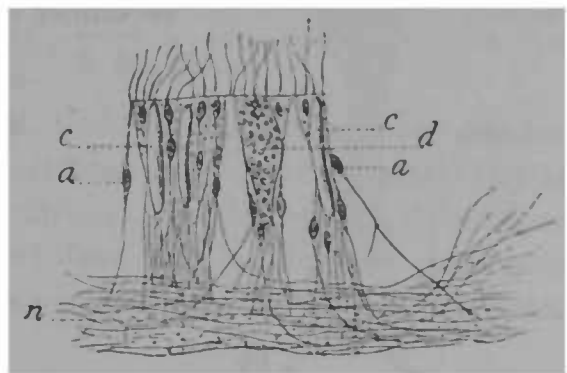


Fig. 309. — Cellules épithéliales et fibres nerveuses d'un filament mésentéroïde de *Sagartia parasitica* (d'après O. et R. Hertwig).

Toutes ces formes de cellules sont susceptibles de présenter à leur surface libre des cils vibratiles. L'importance physiologique des *épithéliums vibratiles* est si considérable qu'on les considère habituellement comme formant un groupe à part, bien que des cils vibrants puissent être portés par des cellules de n'importe quelle forme. Ils revêtent le corps tout entier d'une foule d'embryons (beaucoup d'ÉPONGES, la plupart des POLYPTÈRES, divers embryons de VERS annelés, gastrula d'*Amphioxus*) ou se disposent en ceintures (trochosphère, embryon mésotroque

des CHÉTOPTERIDÆ), en bandes diversement contournées (embryons d'ÉCHINODERMES, des NÉMERTIENS, *Tornaria*). Sauf chez les Arthropodes, ils sont le revêtement constant des branchies et même des organes de respiration aérienne, notamment de la trachée-artère chez l'Homme, des cavités pulmonaires et de la trachée-artère de la plupart des Vertébrés terrestres. La plus grande partie du tube digestif est vibratile chez les Échinodermes, beaucoup de Vers annelés, y compris le Lombric terrestre, un grand nombre de Mollusques et même l'*Amphioxus*. L'épithélium de la cavité générale chez les Échinodermes, l'épithélium interne des organes segmentaires des Vers annelés, celui des systèmes de canaux sécréteurs des Vers plats sont de même vibratiles.

On doit distinguer deux sortes de cellules vibratiles : les *cellules flagellifères*, à un seul cil, le plus souvent allongé en flagellum, et les *cellules pluriciliées* auxquelles on peut, par abréviation, réserver le nom de cellules ciliées. Les cellules flagellifères sont surtout fréquentes chez les Phytozoaires. Elles se présentent dans la cavité gastrique ou dans les corbeilles vibratiles des Éponges calcaires (fig. 91, p. 65) avec une forme qui reproduit exactement celle de certains Infusoires flagellifères (*Codosiga*, *Codonocladium*, fig. 36, p. 32, etc.); une collerette hyaline entoure la base du flagellum. La collerette manque dans les cellules flagellifères des Polypes, dont le flagellum est généralement court (fig. 41, p. 33, fig. 89, p. 64).

Le nombre des cils qui surmontent les cellules pluriciliées est, comme leur forme, très variable. Il oscille entre 10 et 30 chez les Mammifères. Chez les Invertébrés les cils, le plus souvent aplatis, sont longs et pointus; chez les Mammifères, ils ont fréquemment la forme de petites lanières terminées par une extrémité arrondie (fig. 310, n° 2 et n° 3). Ils peuvent se souder entre eux et former des lames ou des mem-

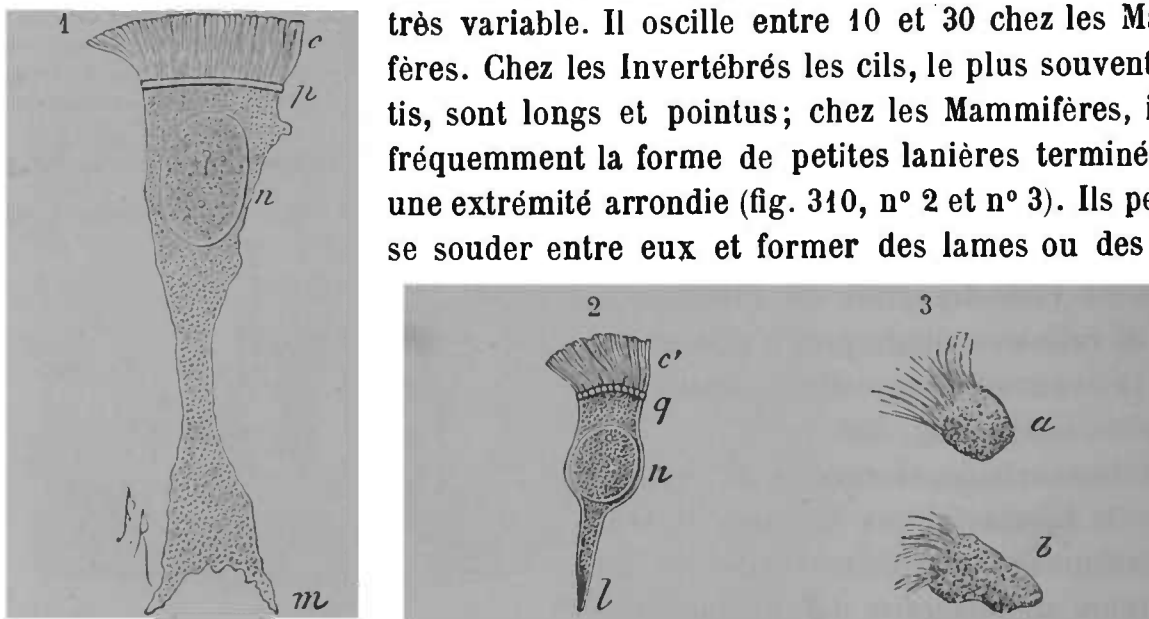


Fig. 310. — 1, cellule à cils vibratiles de l'œsophage de la Grenouille, après macération dans le sérum iodé; c, cils vibratiles; p, plateau; n, noyau; m, extrémité irrégulière de la cellule (1100 diam.). — 2, cellule épithéliale à cils vibratiles de la trachée du cochon d'Inde; alcool à un tiers; bleu d'aniline soluble. — c', cils; q, plateau strié; n, noyau; l, extrémité pointue de la cellule. — 1000 diam. — 3, deux cellules à cils vibratiles des fosses nasales de l'homme, isolées dans le liquide du coryza. — 750 diam. (d'après Ranvier).

branes ondulantes (membranes buccales de beaucoup d'INFUSOIRES, lames pectinées des CTÉNOPHORES). Les cils semblent d'ordinaire reposer sur un plateau strié longitudinalement (fig. 310, n° 2) qui rappelle beaucoup l'aspect de la formation que présentent les cellules dites à plateau. Mais tandis que les vrais plateaux sont très lents à se colorer sous l'influence des réactifs, les plateaux des cellules ciliées se colorent au contraire les premiers. Ces plateaux sont traversés par de fines stries qui ne sont autre chose que des canalicules au travers desquels les cils se prolongent jusqu'au cytosarque de la cellule.

Tissus producteurs ou glandulaires. — On trouve fréquemment disséminées parmi les cellules des épithéliums cylindriques, des cellules de forme différente (fig. 140 a, p. 97) chez qui l'activité excrétrice est beaucoup plus grande que chez leurs voisines et qu'on peut en conséquence distinguer soit sous le nom de *cellules glandulaires*, soit sous celui de *glandes unicellulaires*, plus usité, mais moins approprié à la signification qu'on lui donne. Les cellules glandulaires isolées sont très répandues et peuvent dépendre soit de l'exoderme, soit de l'entoderme, soit même du mésoderme. Il y a des cellules glandulaires bien caractérisées dans l'exoderme et dans l'entoderme des Polypes (fig. 311), et l'on peut considérer comme se rattachant à cette formation les *nématocystes* ou *cnidoblastes* surtout fréquents dans l'exoderme des Polypes et des Méduses (voir p. 67, fig. 93). Il existe également dans la couche chitinogène des Arthropodes des cellules glandulaires présentant une moindre complication; elles sont cependant munies d'un long canal excréteur (*Argulus*, *Caligus*, *Doridicola* et un assez grand nombre d'Insectes, fig. 140, p. 97, b, c). On retrouve des cellules glandulaires analogues dans les téguments de beaucoup de Vers annelés (LOMBRICIENS, GÉPHYRIENS) et de Mollusques.

Les glandes salivaires des Hirudinées, des Turbellariés, les glandes coquillères de l'appareil génital des Vers plats, les glandes chloragogènes si fréquentes sur le tube digestif et les vaisseaux des Vers annelés appartiennent au type des glandes unicellulaires (*Nephelis*, *Clepsine*, *Piscicola*). Chez les Turbellariés, des glandes unicellulaires cutanées, pourvues d'un canal excréteur momentané, semblent être le résultat d'une transformation de cellules migratrices (*Mesostomum*). Quelques-unes de ces cellules (*cellules nématogènes*) produisent dans leur intérieur des bâtonnets qui ne sont pas sans quelque analogie avec les *nématocystes* des Polypes ou plutôt les *trichocystes* des Infusoires.

Chez les Vertébrés c'est surtout dans l'épithélium du tube digestif que les cellules glandulaires sont nombreuses. Ces cellules sont dites *caliciformes* (fig. 312) à cause de la ressemblance de leur forme avec celle d'une coupe à bords tantôt resserrés, tantôt évasés; elles présentent fréquemment une ouverture, et sécrètent un mucus qui s'échappe par cette ouverture en petites masses arrondies.

Les *glandes* proprement dites sont des organes complexes dont l'épithélium ou le parenchyme appartiennent seuls à la catégorie des tissus excréteurs. Elles apparaissent, en général, sous forme d'un bourgeon plein produit par l'épithélium de la surface du corps ou par celui du tube digestif; il y a donc des glandes exodermiques et des glandes entodermiques. Le bourgeon peut demeurer plein (fig. 313) ou se creuser d'une lumière par laquelle la glande déverse au dehors ses produits. Dans ce cas, il se fait d'ordinaire une différenciation entre les éléments du tube glandulaire ainsi constitué; les éléments les plus rapprochés de

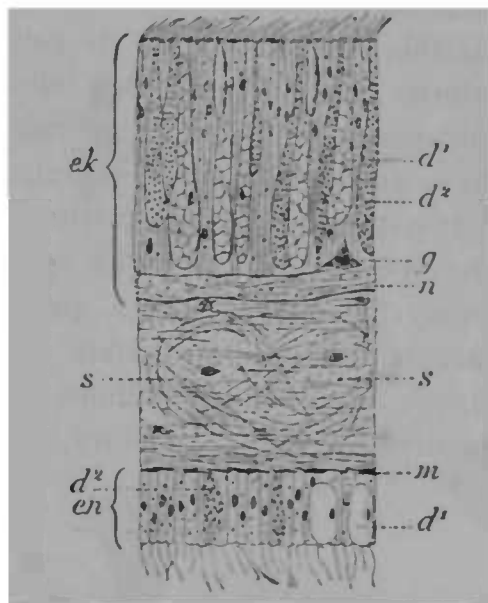


Fig. 311. — Coupe transversale à travers le tube œsophagien de la *Sagartia parasitica*. ek, ectoderme; s, lamelle de soutien; en, entoderme; d¹, cellules glandulaires homogènes; d², cellules glandulaires granuleuses; n, couche nerveuse; g, cellules ganglionnaires; m, fibres musculaires (d'après O. et R. Hertwig).

l'orifice du tube constituent un épithélium cylindrique ordinaire, souvent vibratile; les éléments plus profonds ont des dimensions et une configuration toute autre; ils sont seuls véritablement sécréteurs (fig. 314). Le tube glandulaire est ainsi divisé en deux parties, le *cul-de-sac* ou *acinus* sécréteur et le *canal excréteur* (fig. 314, I). La configuration des éléments sécréteurs est extrêmement variable. Ce sont tantôt de petites cellules peu différentes des cellules épithéliales ordinaires (rein), tantôt de volumineux éléments granuleux, contenant de nombreux produits de sécrétion, tantôt des corps sphériques, comme turgescents, qui font paraître bosselée la surface de la glande (fig. 315). Les cellules glandulaires peuvent d'ailleurs, nous

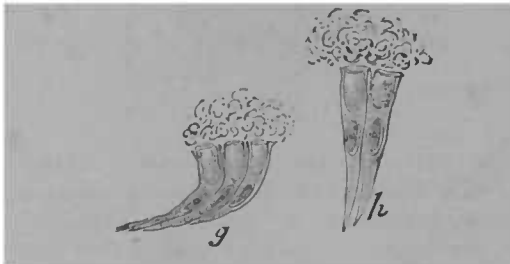


Fig. 312. — Cellules caliciformes de l'estomac de la Grenouille, isolées après macération dans l'alcool au tiers. — *h*, cellules droites; *g*, cellules couchées sur les parties latérales des papilles de l'estomac. De l'ouverture de ces cellules se dégage un bouchon muqueux. — 320 diam. (d'après Ranvier).

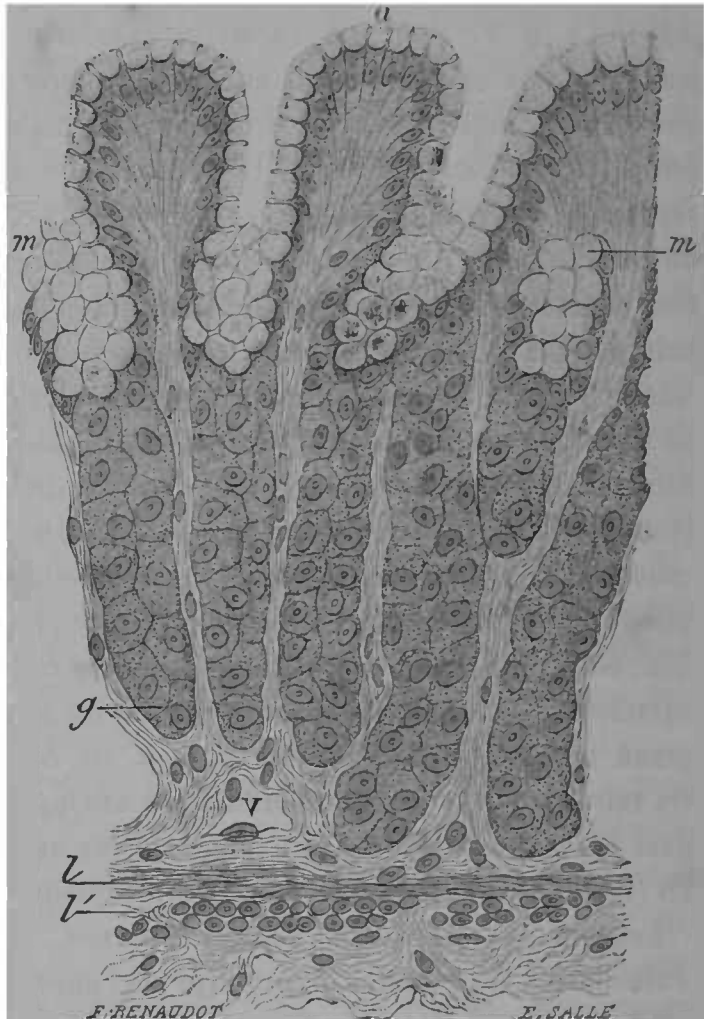


Fig. 313. — Estomac de la Grenouille verte. Coupe transversale après durcissement par injection d'alcool absolu, coloration au picocarminate. A la surface, papilles revêtues de cellules caliciformes *a*; *m*, cellules caliciformes à l'embouchure des glandes; *g*, épithélium glandulaire; *V*, vaisseau sanguin; *l* et *l'*, muscles lisses de la muqueuse coupés en long et en travers. — 260 diam. (d'après Ranvier).

l'avons vu, avoir une certaine permanence (glandes à mucus, glandes sous-maxillaires et sublinguales des Vertébrés, rein des Mollusques), éliminer de diverses façons, sans disparaître pour cela, les produits qu'elles sécrètent; dans ce cas, les sécrétions se rassemblent souvent dans une partie de la cellule qui tombe spontanément (*glandes mérocrines*, Ranvier). D'autres fois, la cellule se fond pour produire la matière sécrétée (glandes parotides, glandes à pepsine des MAMMIFÈRES, glandes sébacées, glandes de Meibomius, mamelles de ces animaux, etc.); la glande contient alors le plus souvent des cellules de différents âges, plus ou moins dissemblables, et que l'on pourrait prendre pour des éléments de nature différente (*glandes holocrines*, Ranvier). Ces éléments sont d'ailleurs juxtaposés dans certaines glandes, les glandes du suc gastrique par exemple.

Classification des tissus conjonctifs. — On réunit sous cette dénomination un grand nombre de tissus qui ont pour caractère commun : 1° d'être dérivés du mésoderme; 2° d'être dépourvus de contractilité; 3° de présenter, en général, une plus ou moins abondante substance interstitielle, séparant des éléments anatomiques de forme très variable; 4° de servir de trait d'union ou de soutien aux

organes actifs tels que les glandes, les muscles et les nerfs; 5° de constituer des intermédiaires, au point de vue de la nutrition, entre les organes digestifs et les diverses parties du corps.

On peut grouper les formations conjonctives de la façon suivante : 1° *tissus de*

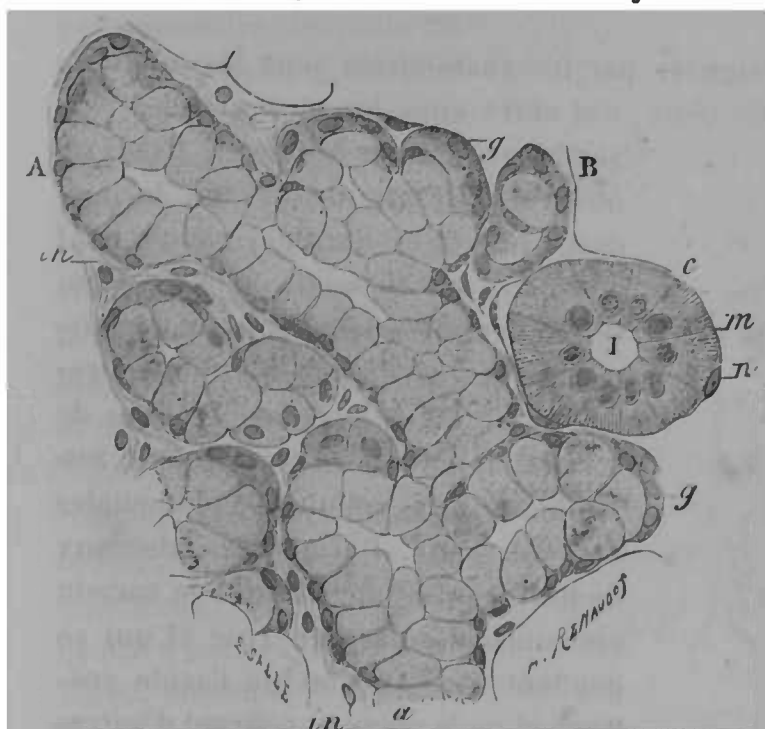


Fig. 314. — Glande sous-maxillaire du Chien adulte. Coupe faite après durcissement par l'acide picrique. Coloration par le picrocarminate. — A, acinus coupé suivant son axe; B, acinus coupé en travers près de son fond; a, cellule muqueuse; I, canal excréteur muni d'un épithélium strié; m, couche endothéliale avec des noyaux n; g, croissants de Giannuzzi; in, lacunes lymphatiques intermédiaires.—330 diam. (d'après Ranvier).

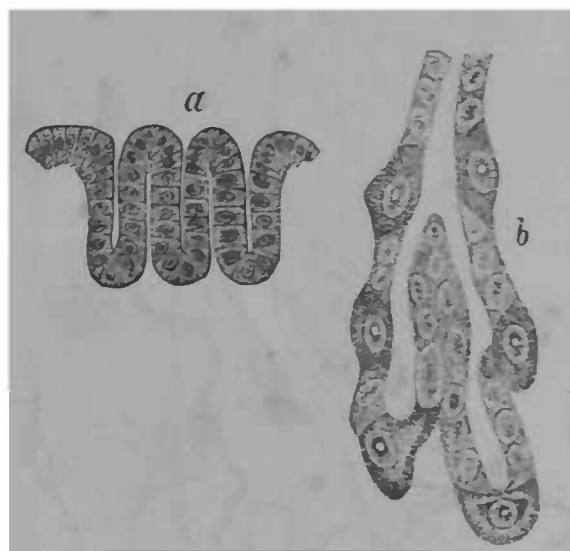


Fig. 315. — Glandes à pepsine, a, en voie de formation par plissement de la muqueuse; b, complètement formée.

substance conjonctive simple; 2° *tissu conjonctif réticulé*; 3° *tissu gélatineux*; 4° *tissu fibrillaire*; 5° *tissu élastique*; 6° *tissu cartilagineux*; 7° *tissu osseux*.

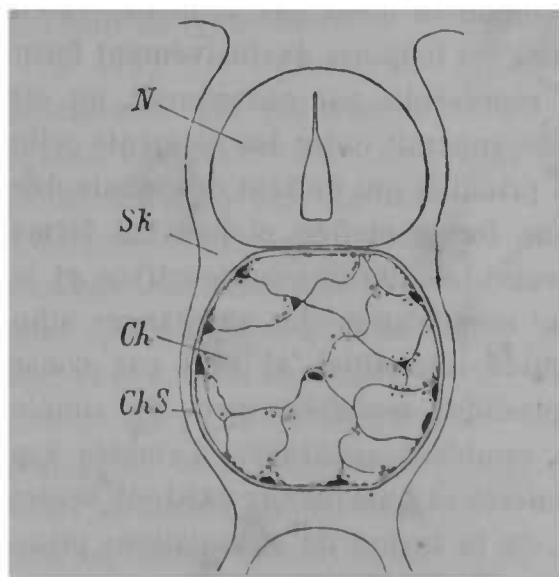


Fig. 316. — Coupe d'une vertèbre de la larve du *Bombinator igneus*. Ch, cellules de la corde dorsale; ChS, étui de la corde; Sk, tissu squelettogène; N, moelle épinière.

Tissu de substance conjonctive simple.

— Le tissu de substance conjonctive simple est formé de cellules plus ou moins régulières, souvent enveloppées dans une membrane assez résistante, mais d'ailleurs contiguës, la substance interstitielle étant réduite au minimum. Ce tissu forme la masse parenchymateuse qui remplit le corps des Trématodes, se retrouve fréquemment chez les

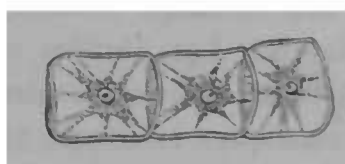


Fig. 317. — Cellules axiales d'un tentacule de Campanulaire.

Arthropodes et les Mollusques, et constitue la corde dorsale des embryons de Vertébrés (fig. 316).

L'axe entodermique des tentacules de certains Polypes hydriques (*Obelia*, *Campanularia*, fig. 317) est formé de cellules qui ressemblent beaucoup aux cellules du tissu conjonctif simple, d'où l'on peut conclure que l'origine embryogénique de tissus remplissant les mêmes fonctions et ayant la même forme peut être fort différente.

Les formes de tissu conjonctif désignées par les anatomistes sous les noms de *tissu conjonctif gélatineux*, *réticulé*, *fibrillaire*, ont entre elles les plus grandes ressemblances. Dans ces divers tissus on observe toujours un système de faisceaux de fines fibrilles, comprenant entre eux des éléments cellulaires qui se moulent fréquemment sur les faisceaux. Ces derniers sont souvent revêtus par un délicat endothélium de cellules aplaties, à bords sinueux, ressemblant aux cellules endothéliales des vaisseaux. Parmi ces faisceaux de fibrilles conjonctives que le carmin ammoniacal colore en rose et qui se gonflent sous l'action de l'acide acétique et de la potasse, courent d'autres fibrilles qui résistent à l'action de ces réactifs, ne se laissent pas colorer par le carmin, mais prennent une teinte jaune clair sous l'action de l'acide picrique, d'un jaune brunâtre sous l'action de l'iode; ce sont les *fibres élastiques* (fig. 318, *h*).

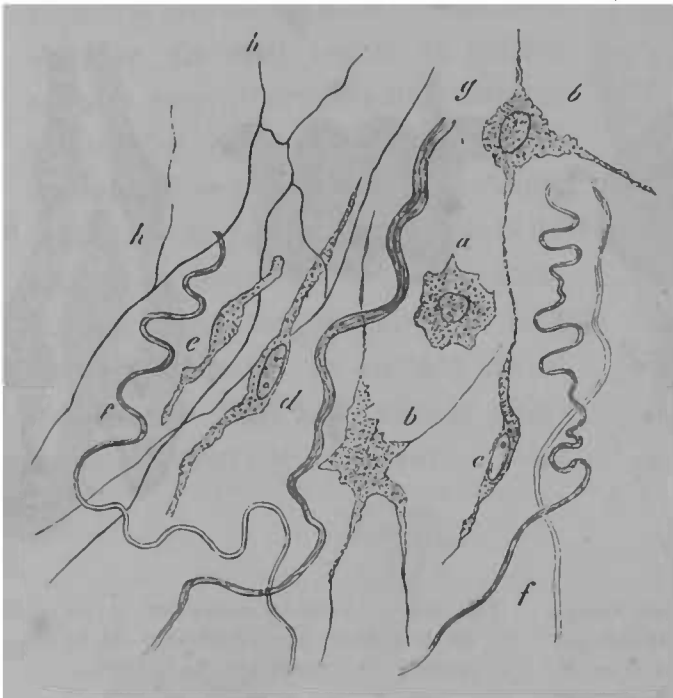


Fig. 318. -- Tissu conjonctif vivant d'une Grenouille. *a*, cellule pâle, contractée, renfermant un petit bloc obscur; *b*, corpuscule étoilé à noyau vésiculeux; *d* et *e*, cellules à grosses granulations, n'offrant aucun mouvement; *f*, fibrilles; *g*, faisceaux de tissu conjonctif; *h*, réseau élastique (d'après Frey).

Ces diverses parties constitutives du tissu conjonctif n'ont pas la même valeur morphologique. Le tissu conjonctif des embryons est toujours exclusivement formé de cellules, comme celui des Trématodes qui représente, par conséquent, un état primitif. Mais peu à peu un liquide albuminoïde apparaît entre les éléments cellulaires, sépare les uns des autres les éléments primitifs qui flottent désormais dans sa masse, où ils prennent le plus souvent une forme étoilée, et peuvent former un réseau en s'unissant par leurs prolongements. Les fibrilles conjonctives et les fibres élastiques ne sont que le résultat d'une modification des substances albuminoïdes primitivement dissoutes dans le liquide interstitiel, et sont par conséquent non des éléments vivants, ou des plastides modifiés, mais de simples substances inertes. Les fibrilles conjonctives semblent apparaître d'emblée sous forme de filaments; elles se montrent les premières et quelquefois existent seules; les fibrilles élastiques résultent, au contraire, de la fusion de granulations primitivement disposées en files plus ou moins anastomosées (fig. 319).

Les caractères des diverses formes du tissu conjonctif proprement dit dépendent de la proportion relative du liquide interstitiel, des faisceaux de fibrilles conjonctives et des fibres élastiques.

Dans le *tissu gélatineux* ou *muqueux* (fig. 320), les fibrilles conjonctives existent

seules et sont le plus souvent rares, indépendantes les unes des autres, ou dans quelque cas anastomosées. Tout le tissu est à demi fluide, parfaitement transparent. Ainsi est constitué le tissu gélatineux de l'ombrelle des Méduses, des cloches natatoires des Siphonophores, du corps des Ctenophores et des Mollusques pélagiques transparents tels que les Carinaires, les Firoles, les Phyllirhoë. On retrouve ce tissu autour des cartilages céphaliques des Céphalopodes, de divers Poissons cartilagineux et dans le cordon ombilical des Mammifères (gélatine de Wharton et de Virchow).

Les faisceaux de fibrilles conjonctives, sans s'anastomoser, sont beaucoup plus nombreux, serrés de place en place par des fibres annulaires, entremêlés de fibres élastiques anastomosées, dans le *tissu conjonctif lâche* sous-cutané des Mammifères (fig. 321). Des grandes cellules aplaties adhèrent à ces faisceaux, sans se toucher, et dans les interstices des faisceaux flottent librement des cellules lymphatiques.

Le long des ramuscules vasculaires qui parcourent le tissu conjonctif lâche, apparaissent dans des régions différentes du corps, assez souvent déterminées, des cellules spéciales, qui grandissent et peu à peu se remplissent de fines gouttelettes de graisse (fig. 322). Ces gouttelettes se fusionnent et finissent par former un seul globe

sphéroïdal, entouré par une mince couche de cytosarque et sur le côté duquel se voit le noyau primitif de la cellule. Les *cellules adipeuses* ainsi constituées deviennent plus tard libres dans les mailles du tissu conjonctif (fig. 138, p. 96) et, lorsqu'elles y sont abondantes, ce tissu prend lui-même la dénomination de *tissu adipeux*.

A un degré de complication un peu plus avancé les faisceaux de fibrilles conjonc-

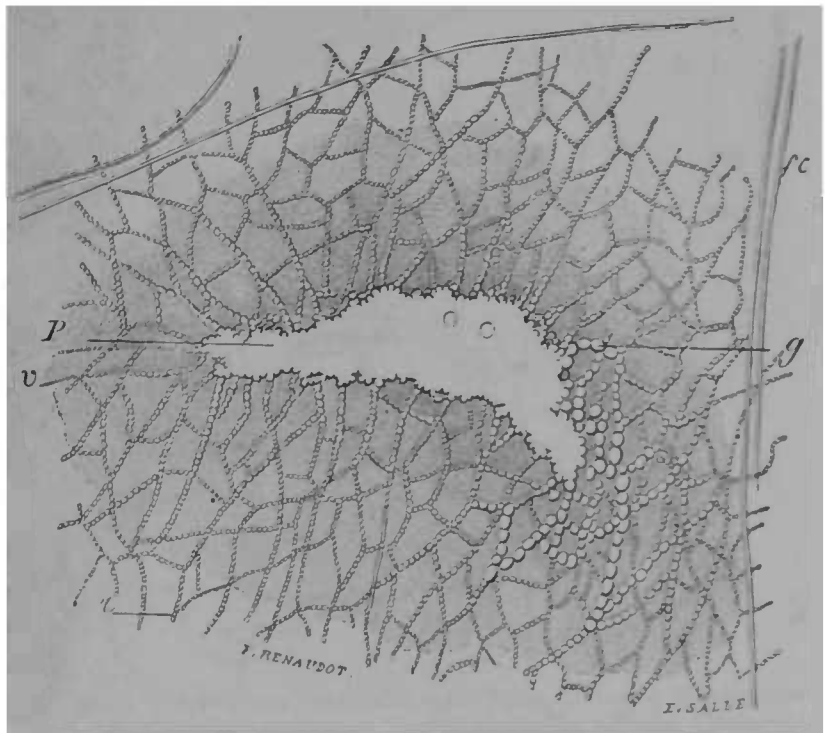


Fig. 319. — Lamelle la plus interne de la gaine lamelleuse du nerf pneumogastrique du chien adulte, séparée après macération prolongée dans une solution d'acide chromique à 2 pour 1000. — P, plaque élastique; g, grain élastique; v, substance intermédiaire; v, fibre composée de grains; fc, faisceau conjonctif. — 400 diam. (d'après Ranvier).

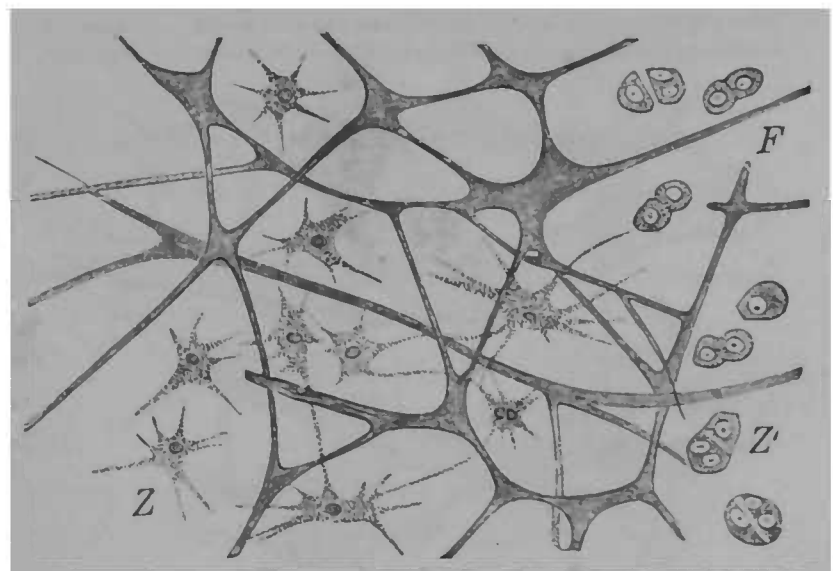


Fig. 320. — Tissu gélatineux d'un Rhizostome. F, réseau de fibres; Z, cellules ramifiées; Z', cellules en voie de division.

tives s'anastomosent de manière à former un réseau relativement serré, dans les mailles duquel abondent en général des éléments libres. C'est là le caractère du

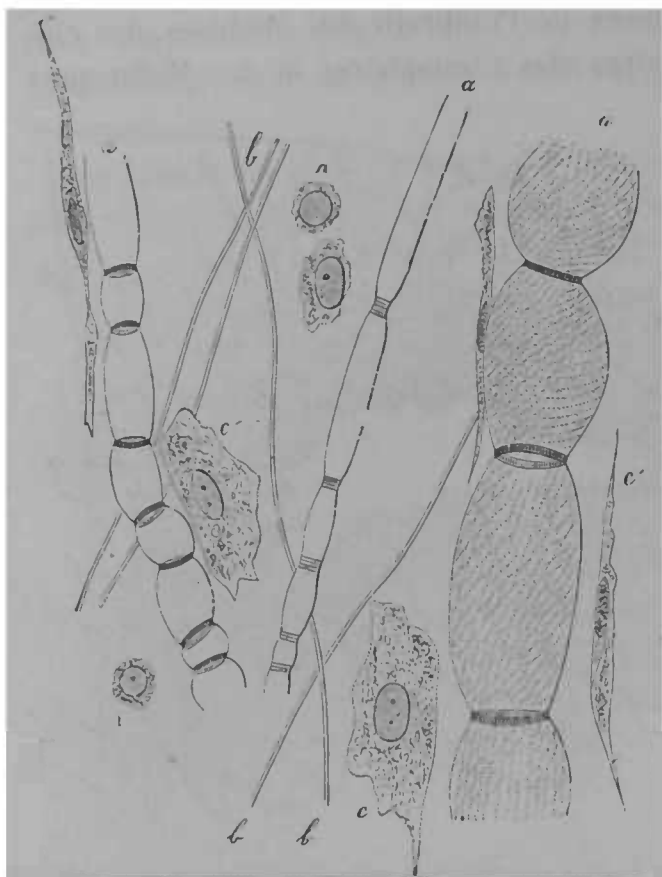


Fig. 321. — Tissu conjonctif sous-cutané du Chien adulte, préparé par injection interstitielle d'une solution de nitrate d'argent à 1 pour 1000, coloré avec le picrocarminate et conservé dans la glycérine additionnée d'acide formique. — *a*, faisceaux conjonctifs munis de fibres annulaires; *b*, fibres élastiques; *c*, cellules plates vues de face; *c'*, les mêmes vues de profil; *n*, cellules lymphatiques. — 400 diam. (d'après Ranvier).

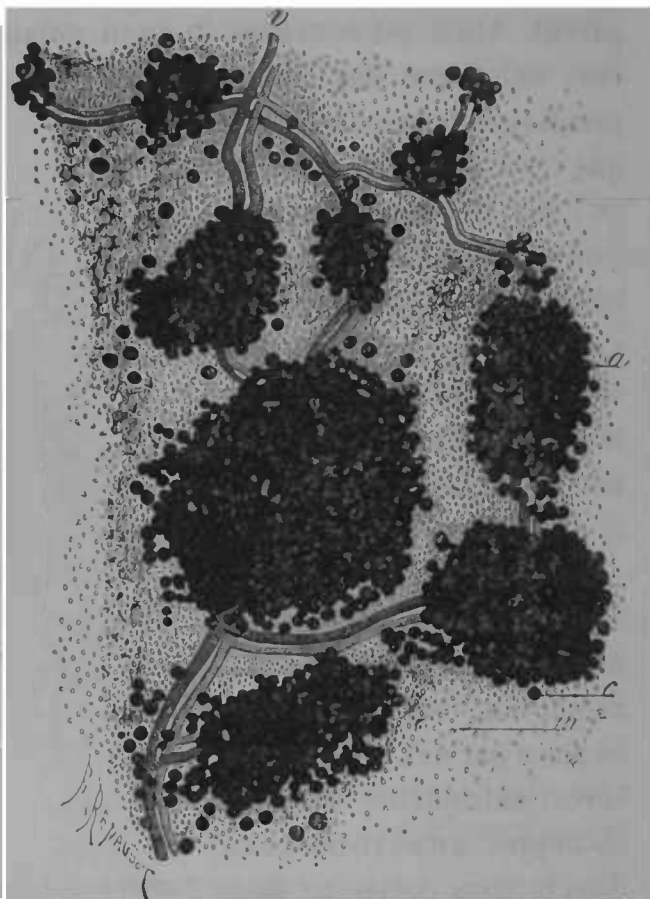


Fig. 322. — Lobule adipeux d'un embryon de Bœuf de 35 centimètres. Préparation obtenue par injection interstitielle d'une solution d'acide osmique à 1 pour 300, et conservée dans la glycérine. — *a*, lobule adipeux; *c*, cellule adipeuse isolée à la périphérie du lobule; *m*, tissu conjonctif embryonnaire; *v*, vaisseau sanguin. — 50 diam. (d'après Ranvier).

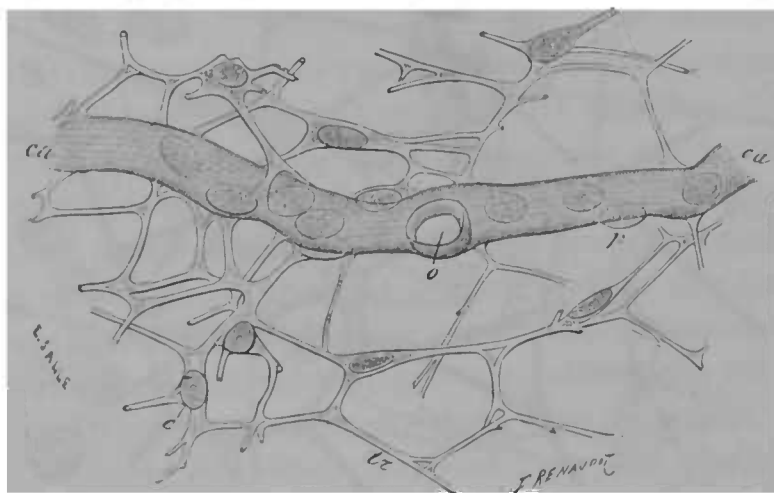


Fig. 323. — Tissu conjonctif réticulé du follicule d'un ganglion lymphatique du Chien, dégagé au pinceau sur des coupes faites après injection interstitielle d'une solution d'acide osmique à 1 pour 100. Conservation dans la glycérine. — *ca*, vaisseau capillaire; *o*, section transversale d'un vaisseau capillaire anastomosé avec le capillaire *ca*; *tr*, travées du réticulum; *c*, noyaux des cellules endothéliales qui recouvrent le réticulum; *p*, noyaux des cellules endothéliales appliquées sur le capillaire. — 600 diam. (d'après Ranvier).

tissu conjonctif réticulé (fig. 323 et 324) qu'on observe dans le corps plastidogène des Échinodermes, les lacunes des Mollusques, les ganglions lymphatiques des Vertébrés. Dans ce dernier cas les trabécules de fibrilles conjonctives sont uniformément revêtues de cellules aplaties à côtés sinueux, semblables aux cellules endothéliales des vaisseaux (fig. 326).

Lorsqu'au lieu de s'entrecroiser en tous sens, les faisceaux du tissu conjonctif demeurent situés sensiblement dans un même plan, il en résulte la formation de mem-

branes dans lesquelles ces faisceaux entrecroisés par des fibres élastiques peuvent

être plongés dans une substance interstitielle amorphe (*mésentère du Lapin*, fig. 325),

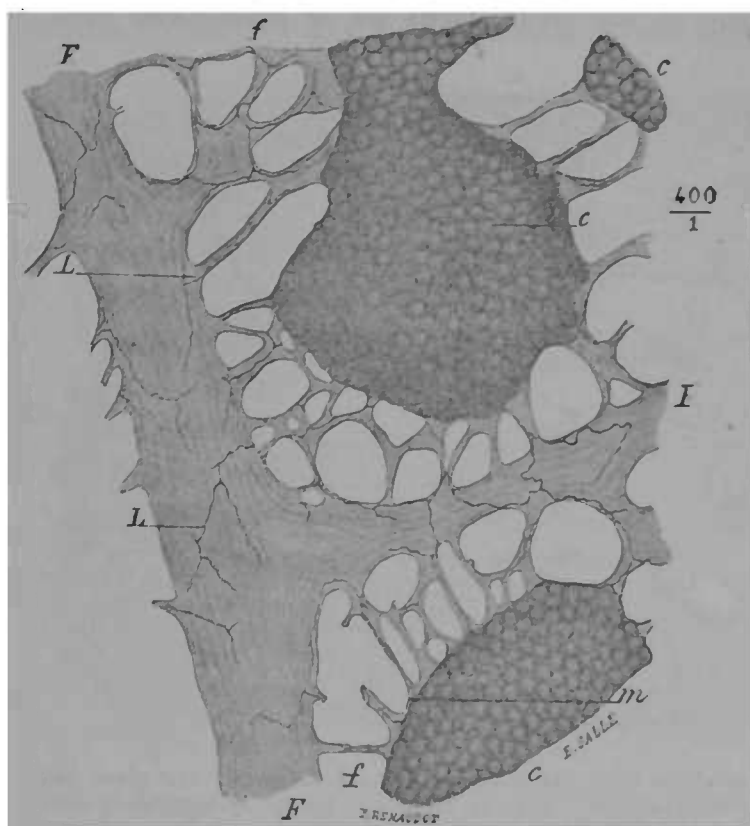


Fig. 324. — Substance médullaire d'un ganglion lymphatique sus-hyoïdien du chien. Injection interstitielle d'une solution de nitrate d'argent à 1 pour 300. Congélation. Coupe. Action légère du pinceau. Conservation dans la glycérine. — F, travées fibreuses de la grosse charpente du ganglion; L, lignes intercellulaires de l'endothélium dessinées par le nitrate d'argent; f, f, réticulum de la substance caverneuse (chemins de la lymphe) dont les travées montrent des lignes inter-cellulaires imprégnées d'argent; c, cordons de la substance folliculaire coupés transversalement; m, limite des cordons folliculaires. — 400 diam. (d'après Ranvier).

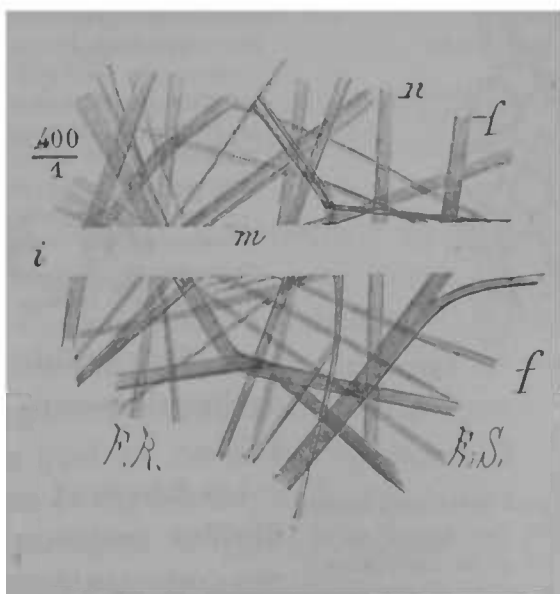


Fig. 325. — Mésentère du Lapin adulte, coloré au carmin, traité au pinceau, tendu par la demi-déssiccation, déshydraté par l'alcool éclairci par l'essence de girofle. On y a pratiqué une incision; i, j, f, faisceaux conjonctifs; m, membrane interfasciculaire. — 300 diam. (d'après Ranvier).

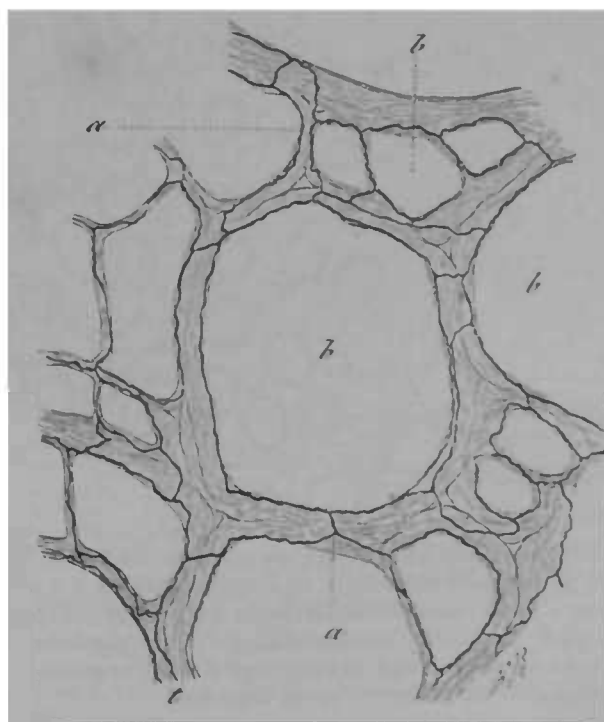


Fig. 326. — Grand épiploon du Chien adulte imprégné d'argent. — a, interlignes cellulaires imprégnés d'argent; b, mailles; t, travées connectives. — 300 diam. (d'après Ranvier).

ou bien se disposer en un réseau dont les mailles sont vides et les trabécules revêtus de cellules pavimenteuses à bords sinueux (*grand épiploon du Chien*, fig. 326).

Dans le premier cas, des cellules conjonctives sont disséminées dans la substance interstitielle et les deux faces de la membrane sont seules recouvertes

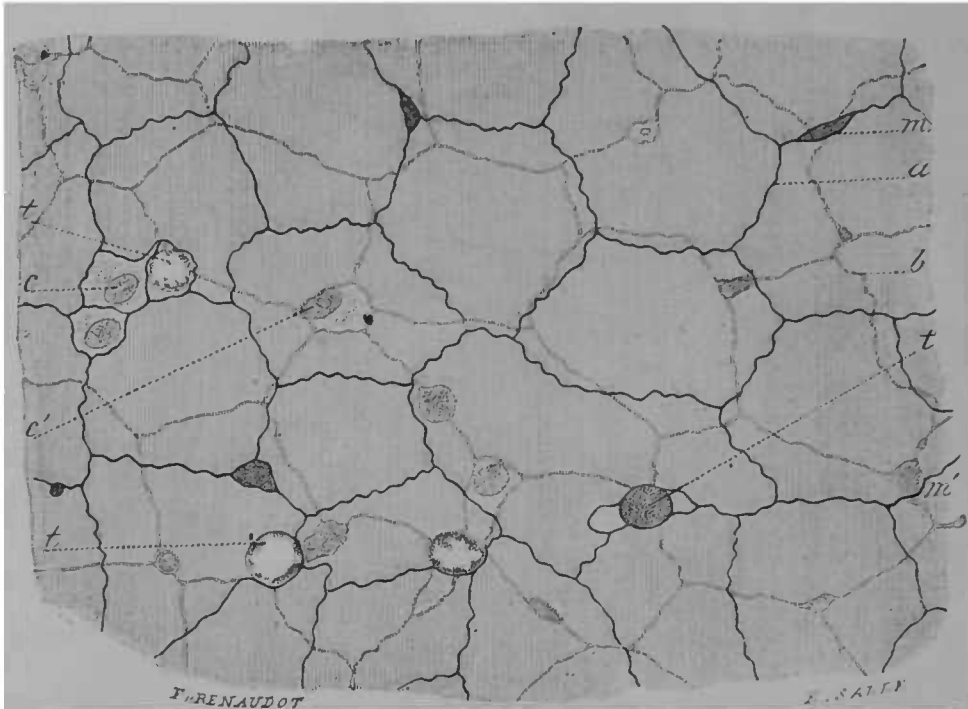


Fig. 327. — Grand épiploon d'un Lapin de trois mois, imprégné sur place chez l'animal qui vient d'être sacrifié. — *t*, trous de la membrane; *a*, interlignes cellulaires de la face supérieure; *b*, interlignes de la face inférieure; *m*, amas d'albuminate d'argent intercellulaires de la face supérieure; *m'*, les mêmes de la face inférieure; *c* et *c'*, petites cellules intercalaires (d'après Ranvier).

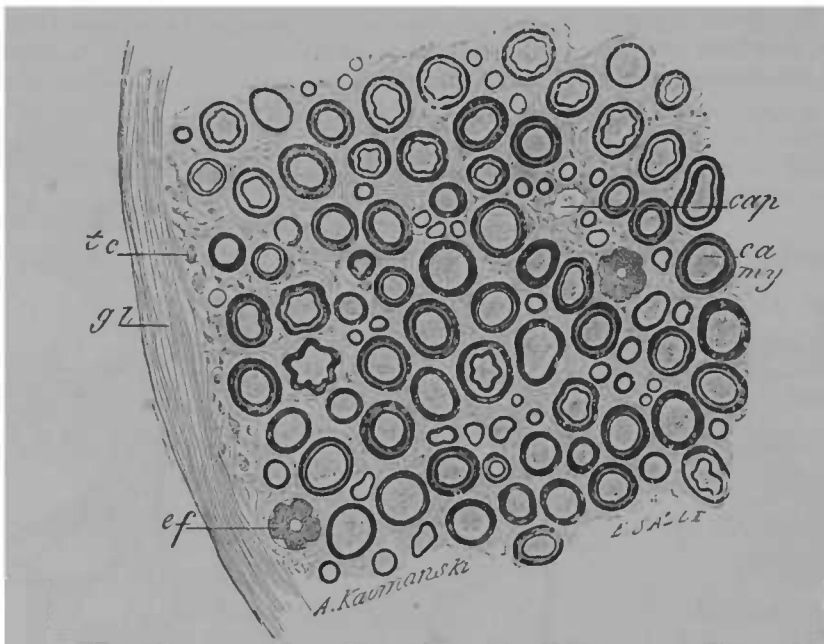


Fig. 329. — Section transversale du sciatique du Chien, faite après durcissement du nerf par l'action successive de l'acide osmique à 1 pour 100, de l'alcool, de la gomme et de l'alcool. Conservation dans la glycérine. — *gl*, gaine lamelleuse; *tc*, tissu conjonctif intrafasciculaire; *ca*, cylindre-axe; *my*, gaine de myéline; *ef*, tube nerveux coupé au voisinage d'un étranglement annulaire; *cap*, capillaire sanguin. — 400 diam. (d'après Ranvier).

axe, d'où une apparence particulière qui a valu au tissu des tendons le nom de *tissu fibrillaire*. Les faisceaux fibrillaires, entremêlés de fibres élastiques, sont ici très serrés et séparés les uns des autres par des files de cellules qui se moulent exactement sur leur surface (fig. 328).

A la surface des nerfs des Vertébrés, le tissu conjonctif se présente sous un aspect

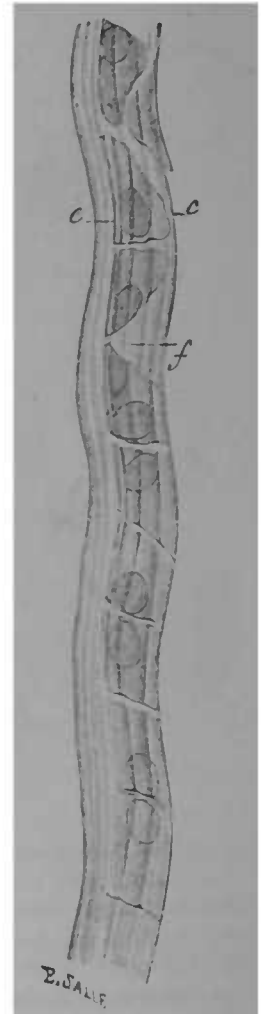


Fig. 328. — Tendon de la queue d'un jeune Rat. Acide osmique. Picrocarminé. Dissociation avec les aiguilles. Conservation dans la glycérine. Faisceau tendineux isolé recouvert d'une rangée de cellules. — *c*, cellule; *f*, faisceau; *e*, crête d'empreinte. — 500 diam. (d'après Ranvier)

par des cellules pavimenteuses (fig. 327).

Les faisceaux de fibrilles conjonctives s'orientent dans les tendons parallèlement à un même

particulier. Il est formé par une série de membranes superposées, séparées les unes des autres par une couche de cellules pavimenteuses (fig. 329). Les membranes sont

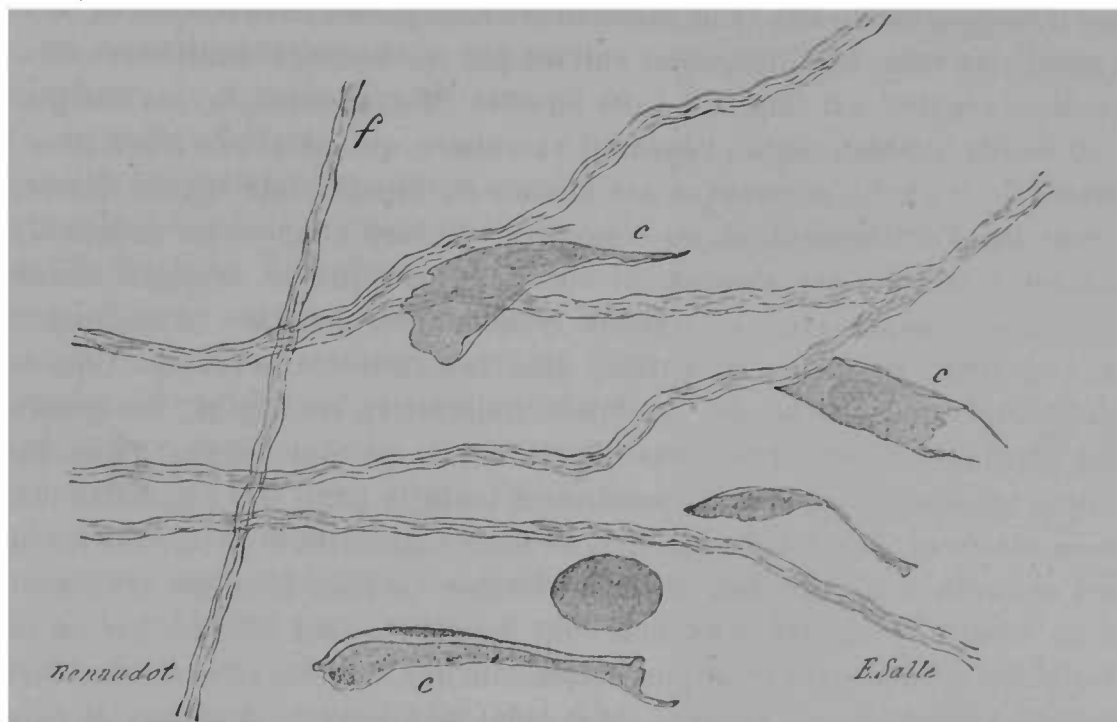


Fig. 330. — Tissu conjonctif intrafasciculaire du nerf sciatique du Chien adulte, dissocié après durcissement du nerf par l'acide chromique à 2 pour 1000. — *f*, faisceaux conjonctifs; *c*, cellules connectives. — 600 diam. (d'après Ranvier).

elles-mêmes formées de faisceaux conjonctifs et de fibres élastiques, plongés dans une substance interstitielle amorphe. C'est là le *tissu conjonctif engainant* (fig. 330).

Enfin le *tissu élastique* n'est autre chose que du tissu conjonctif dans lequel prédominent les fibres élastiques.

Comme le tissu conjonctif remplit de ses trabécules tous les intervalles entre les organes, les humeurs et les éléments qu'elles contiennent sont nécessairement contenus dans ses mailles. Il en est particulièrement ainsi du liquide de la cavité générale dans lequel se déversent les produits de la digestion d'une part, tandis que d'autre part l'oxygène lui arrive du dehors. Lorsque le chyle, la lymphe et le sang se différencieront de ce liquide, ces liquides ne cesseront pas pour cela d'être contenus dans le tissu conjonctif. C'est en effet en grande partie aux dépens de ce tissu que se constitueront les canaux qu'ils remplissent, et qui semblent avoir pour origine

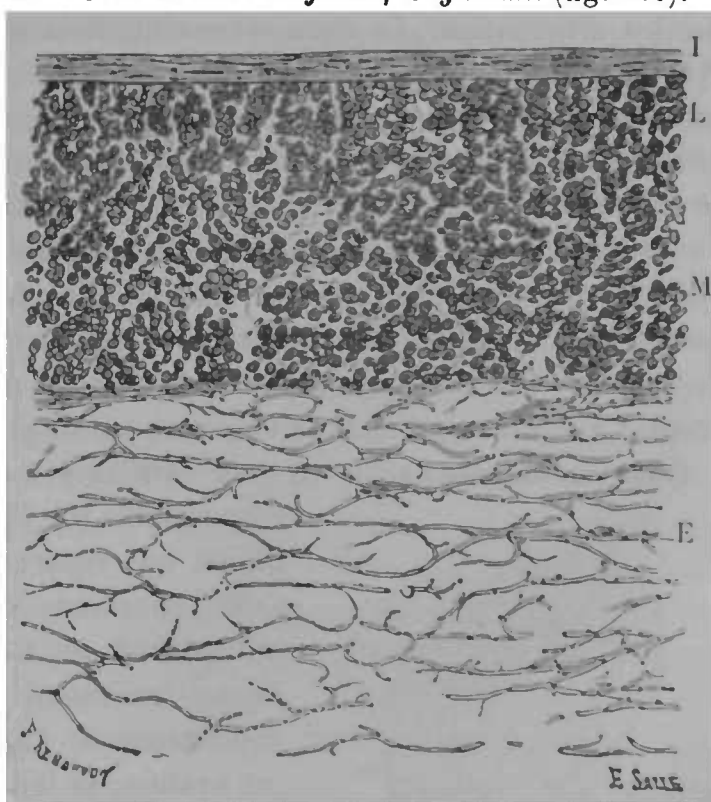


Fig. 331. — Coupe longitudinale de l'artère radiale de l'Homme faite après dessiccation. Coloration au picrocarminate. Conservation dans la glycérine additionnée d'acide formique. — *I*, tunique interne; *L*, lame élastique interne; *M*, tunique moyenne; *E*, tunique externe. — 150 diam. (d'après Ranvier).

première soit une sorte de décollement de la membrane péritonéale résultant de la filtration des produits élaborés par le tube digestif au travers des parois de cet organe (ÉCHINODERMES), soit l'endigement graduel, par du tissu conjonctif de plus en plus serré, des voies habituellement suivies par les liquides nourriciers lorsqu'un mouvement régulier est imprimé à ces liquides (MOLLUSQUES). De cet endiguement plus ou moins complet résulte l'appareil vasculaire, qui ne s'isole à peu près complètement de la cavité générale et des *lacunes* ou espaces interstitiels des organes que chez les Vers annelés et les Vertébrés. Encore, dans ces derniers, cette séparation n'est-elle pas absolument complète, puisque le système circulatoire sanguin communique avec le système lymphatique, dont les ramuscules terminaux s'ouvrent, au moins en partie, dans la cavité des séreuses. Une couche d'endothélium, une couche de substance conjonctive contenant, en général, un réseau élastique et des fibres musculaires lisses, le tout revêtu d'une tunique adventice également conjonctive, constituent toute la paroi des vaisseaux (331).

Tissu calcifère. — On doit rattacher, au tissu conjonctif, le tissu dans les mailles duquel se forme le calcaire chez les Échinodermes. Ce tissu décalcifié est essentiellement un réseau de substance hyaline dont les nœuds sont occupés par un groupe de très petits éléments contenant un corpuscule qui absorbe vivement les matières colorantes. Chacun de ces groupes est le point de départ de faisceaux de filaments opposés, plus réfringents que la substance qui les entoure et allant d'un nœud du réseau hyalin aux nœuds voisins, de manière à former, à leur tour, un réseau de fibrilles qui reproduit exactement la forme du réseau principal.

Le tissu calcifère est en continuité immédiate avec le tissu fibreux qui caractérise les articulations. Ce tissu est essentiellement formé, lui aussi, d'une substance hyaline continue avec celle du réseau calcifère et de fibrilles contenues dans cette substance, elle-même divisée en fibres. Ce tissu fibreux se présente sous deux formes. Les fibrilles qu'il contient sont tantôt fines, délicates, interrompues par des noyaux fusiformes, plus gros qu'elles et colorées faiblement par l'éosine; la substance hyaline est alors parsemée de nombreux noyaux arrondis; ou bien les fibrilles sont épaisses, rigides, réfringentes, fortement colorées par l'éosine et portent fixé sur leur tranche un petit noyau allongé. Les fibres fines sont habituellement considérées comme caractérisant des ligaments, les autres comme propres aux muscles, mais le contraire paraît plus vraisemblable.

Tissu cartilagineux. — Le tissu cartilagineux est une forme de tissu conjonctif

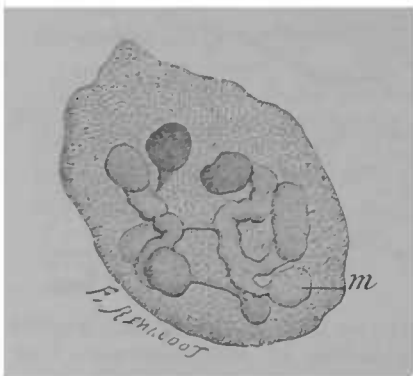


Fig. 332. — Cellules d'un cartilage embryonnaire transitoire du Cochon.

remarquable par l'abondance de la substance interstitielle qui sépare les éléments les uns des autres. Cette substance produite par des cellules qui primitivement se touchaient toutes, est flexible, se laisse facilement couper au rasoir et présente la consistance de l'albumine coagulée. Elle est incolore ou hyaline, se teint faiblement en jaune sous l'action de l'iode et se laisse facilement pénétrer par les matières colorantes dissoutes dans l'eau, qui vont atteindre les cellules sans la colorer fortement elle-même. Par l'ébullition elle se transforme en une substance soluble dans l'eau, la *chondrine*, que précipitent les acides, le sulfure

de fer, les azotates d'argent et de mercure, les sulfates de fer et de cuivre, l'alun, les acétates neutre et basique de plomb. La *glutine* qui résulte de la transformation par l'ébullition de la substance conjonctive, n'est au contraire précipitée que par l'acide tannique, le chlorure de mercure et de platine, le sulfate de fer.

Les cellules des cartilages sont d'abord isolées, arrondies et sans enveloppe (*cartilage embryonnaire*, fig. 332). En raison de leur multiplication, elles ne tardent pas à former des ilots dans lesquels les cellules pressées les unes contre les autres par le développement de la substance fondamentale, prennent une forme polyédrique (*cartilage fœtal*, fig. 333). Enfin les cellules s'entourent respectivement d'une capsule dont la substance ne diffère pas de celle de la substance fondamentale (*cartilage adulte*, fig. 334). Ces cellules jeunes contiennent du glycogène, et, quand elles sont déjà âgées, des globules de graisse (fig. 337). Elles se multiplient par division au sein même de leur capsule. Dans le cartilage céphalique des Mollusques céphalopodes, ces cellules présentent, du côté extérieur à l'ilot dont elles font partie, de nombreux prolongements ramifiés et anastomosés (fig. 336).

La substance fondamentale du cartilage peut subir diverses modifications qui caractérisent autant de sortes de cartilage. Elle est homogène dans le *cartilage hyalin* où

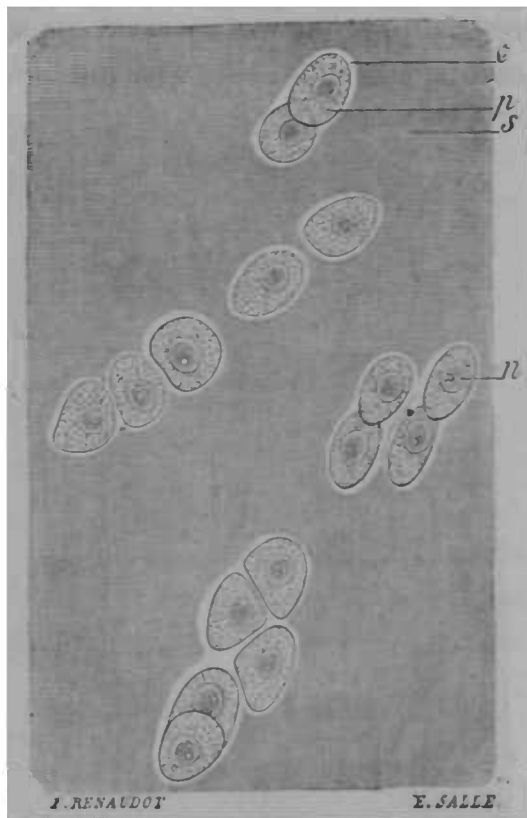


Fig. 333. — Cartilage diarthrodial de l'extrémité inférieure du fémur du Veau. Coupe perpendiculaire à la surface, examinée dans une solution concentrée d'acide picrique. — s, substance fondamentale; c, capsule; p, protoplasma cellulaire; n, noyau. — 500 diam. (d'après Ranvier).

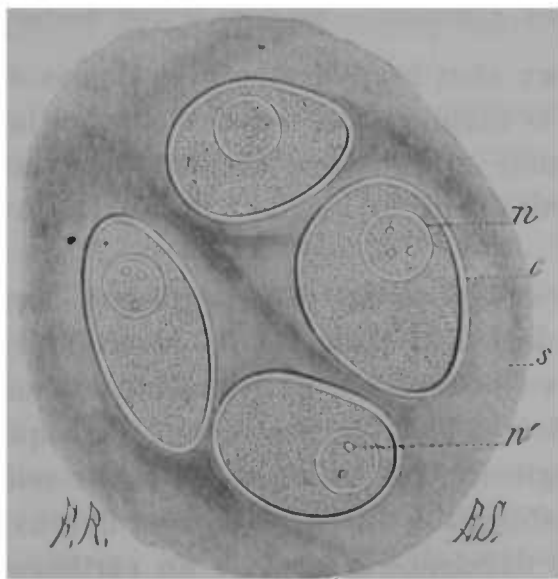


Fig. 334. — Cartilage de la tête du fémur de la Grenouille, examiné sans liquide additionnel. — s, substance fondamentale; c, capsule; n, noyau; n', nucléole. — 600 diam. (d'après Ranvier).

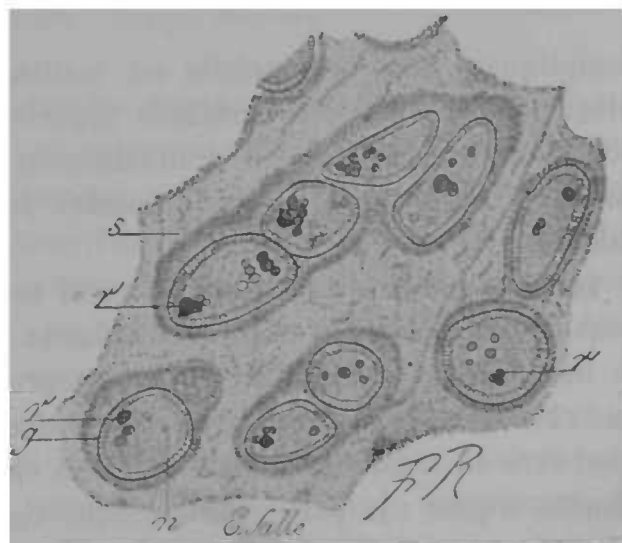


Fig. 335. — Coupe transversale du cartilage arytéouïde du Chien adulte, faite après macération dans une solution d'acide osmique à 1 pour 300. — s, substance fondamentale, avec des grains élastiques; n, noyau; r, granulations grasses du protoplasma colorées en noir par l'osmium. — 300 diam. (d'après Ranvier).

elle peut s'imprégner de calcaire, et fournit ainsi le *cartilage calcifié*; il s'y développe

des faisceaux fibreux, analogues à ceux du tissu conjonctif dans le *cartilage fibreux* ou *fibro-cartilage*. Enfin elle est dans les *cartilages élastiques* parcourue par un réseau plus ou moins serré de substance élastique. Il ne faut pas confondre le cartilage calcifié avec l'os qui présente une structure histologique beaucoup plus

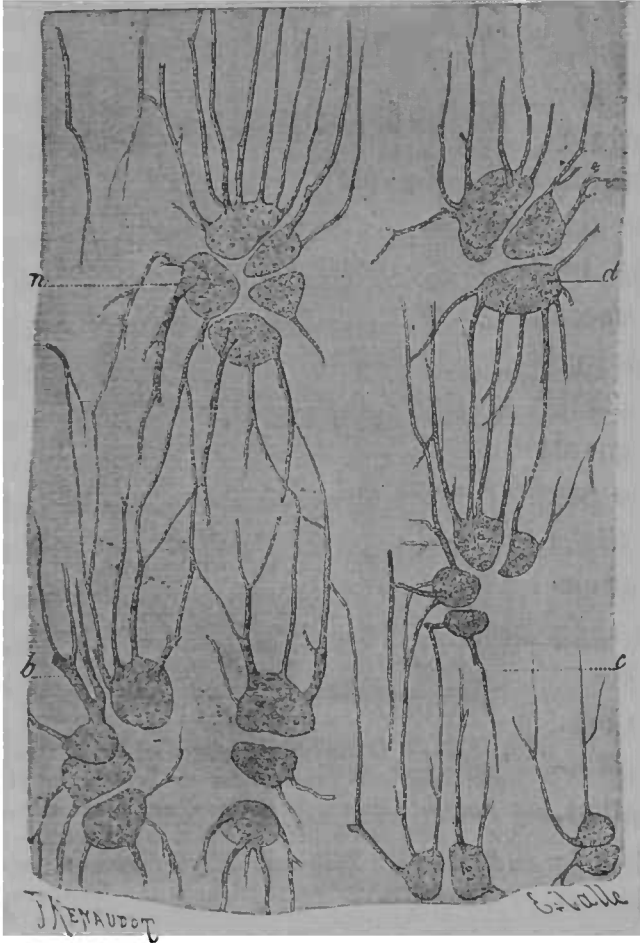


Fig. 336. — Cartilage de la tête du Calmar examiné dans le picrocarminate et la glycérine. — *c*, substance fondamentale; *d*, corps cellulaire; *b*, ramifications anastomotiques de ces cellules. — 400 diam. (d'après Ranvier.)

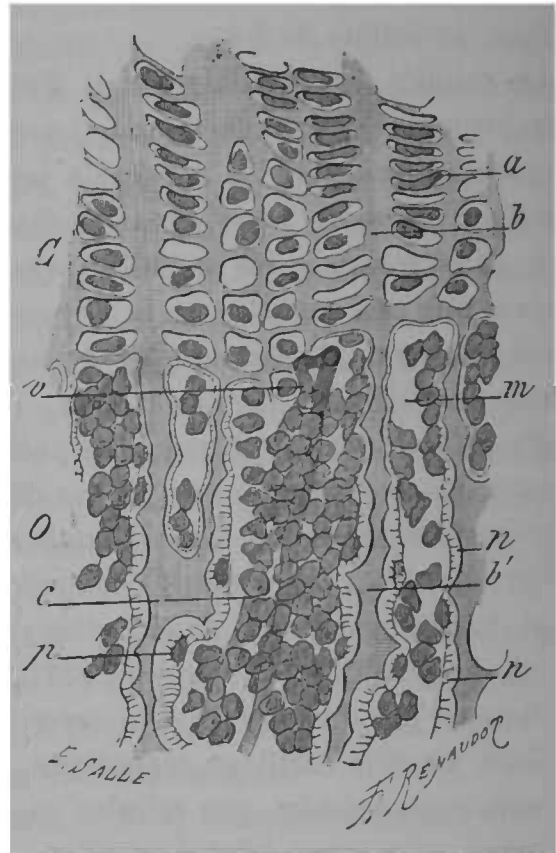


Fig. 337. — Coupe longitudinale de la tête d'un métacarpien d'un Lapin de trois mois. Injection vasculaire. Bichromate d'ammoniaque. Gomme. Alcool. Purpurine. — *C*, cartilage; *O*, os; *a*, cellule cartilagineuse; *b*, travée cartilagineuse; *m*, espace médullaire; *n*, feston osseux; *b'*, travée directrice; *p*, corpuscule osseux; *c*, cellule médullaire; *v*, vaisseau. — 240 diam. (d'après Ranvier.)

compliquée. Tout le squelette est cartilagineux chez les Poissons cyclostomes et plagiostomes. Chez les Vertébrés supérieurs le cartilage qui forme d'abord à lui seul tout le squelette, est graduellement éliminé et remplacé par des os. Il ne subsiste que dans un très petit nombre de parties (narines, oreille externe, articulations, etc.).

Tissu osseux. — Le tissu conjonctif se retrouve sous des formes diverses chez tous les Animaux; le tissu cartilagineux est déjà bien rare chez les Invertébrés; le tissu osseux est exclusivement propre aux Vertébrés, et ne se montre même pas chez tous. Il se constitue toujours aux dépens d'un tissu préexistant, mais qui peut être du tissu fibreux ou du tissu cartilagineux. Les os longs ont même une double origine : la partie périphérique se constitue aux dépens d'un tissu fibreux, le *périoste*, tandis que leur partie centrale se développe à la place du cartilage. On désigne les os exclusivement développés aux dépens du tissu fibreux sous les noms d'*os de membrane* ou d'*os fibreux*, tandis que les autres, malgré leur double origine, sont appelés *os de cartilage*. Les os de la voûte du crâne des Mammifères peuvent être considérés comme des types d'*os de membrane*; mais il arrive aussi fréquemment que les tendons s'ossifient sur une longueur plus ou moins grande.

Dans ce cas, les faisceaux fibreux des tendons et les cellules appliquées à leur surface se transforment simultanément. Les fibrilles constitutives des faisceaux cessent d'être distinctes et ces derniers forment des cordons rigides, homogènes, infiltrés de calcaire. Les cellules conjonctives sont remplacées par des files de cellules arrondies, autour desquelles se produit la substance osseuse. Ces cellules formatrices de la substance de l'os portent le nom d'*ostéoblastes*. Dans l'épaisseur du tendon pénètrent des anses ou des réseaux vasculaires issus du tissu connectif qui l'enveloppe. La direction de ces vaisseaux est, près de la périphérie, perpendiculaire à la surface du tendon, mais les vaisseaux transversaux donnent rapidement naissance à un système de vaisseaux longitudinaux. Tous ces vaisseaux sont contenus dans des canaux irréguliers, creusés dans la substance du tendon, limités par les faisceaux tendineux qui donnent à leur section un contour festonné; ces canaux sont désignés sous le nom de *canaux de Havers* (fig. 339, c).

La substance osseuse est caractérisée dès le début par des stries perpendiculaires à sa surface de dépôt et qui sont destinées à devenir plus tard de fins canalicules (fig. 337), les *canalicules osseux*, qui s'ouvrent dans les cavités occupées par les ostéoblastes et donnent ainsi aux cavités en question une forme étoilée caractéristique. Ces cavités étoilées et leur contenu sont ce qu'on nomme les *corpuscules osseux* (fig. 338).

Dans les os de membrane proprement dits, les canaux de Havers se remplissent d'un tissu conjonctif presque gélatineux, qui manque aux tendons en voie d'ossification. Ce tissu médullaire se transforme sur les parois des canaux de Havers en couches osseuses successives, concentriques, emprisonnant peu à peu les cellules conjonctives ou *ostéoblastes*, de sorte que, dans les os complètement développés, chaque canal de Havers est entouré d'un système de lamelles concentriques, dont les ostéoblastes devenus les *corpuscules osseux*, de forme étoilée, reproduisent la disposition stratifiée. Ces systèmes de lamelles concentriques sont les *systèmes de Havers* (fig. 339). Pendant qu'ils se constituent, du tissu osseux se développe de même autour des faisceaux fibreux, imprégnés de calcaire, de la membrane, de sorte que les systèmes de Havers sont séparés les uns des autres par des *systèmes intermédiaires* de tissu osseux qui n'affecte plus la même disposition en lamelles concentriques, et que traversent des fibres plus ou moins épaisses, les *fibres perforantes* ou *fibres de Sharpey* (fig. 340), résultant de la transformation des faisceaux conjonctifs primitifs.

La portion des os longs qui a une origine périostique se constitue de la même

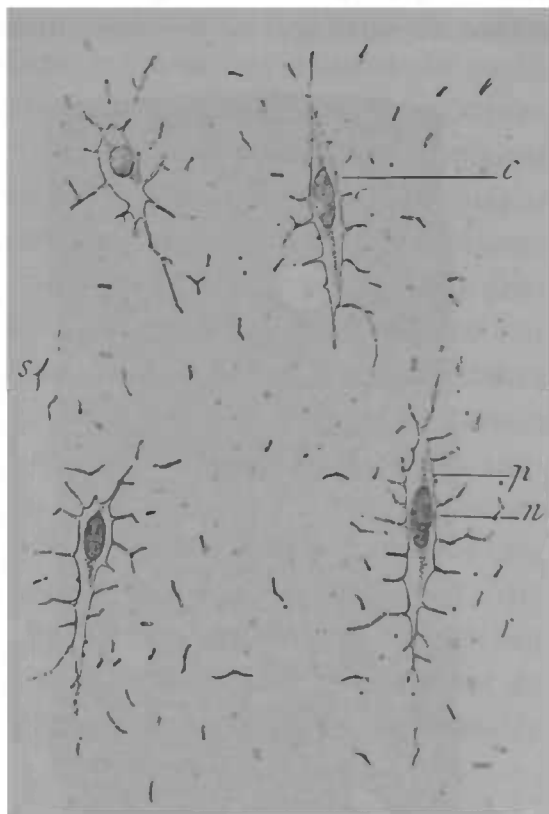


Fig. 338. — Coupe transversale du tissu spongieux de la tête du fémur du Chat adulte, faite après décalcification dans une solution d'acide picrique et colorée avec de la purpurine. — c, corpuscules osseux; n, noyaux des corpuscules; p, coupe optique de la lamelle de protoplasma qui constitue la cellule osseuse; s, substance fondamentale de l'os dans laquelle on aperçoit des canalicules primitifs coupés dans diverses directions. — 1500 diam. (d'après Ranvier).

façon. Le périoste n'est, en effet, qu'une lame de tissu conjonctif, à faisceaux fibreux entremêlés d'un réseau élastique, qui se continue extérieurement avec le périchondre, tandis qu'intérieurement ses faisceaux fibreux plongent dans la substance du cartilage, où ils constituent les *fibres arciformes*, en attendant leur trans-

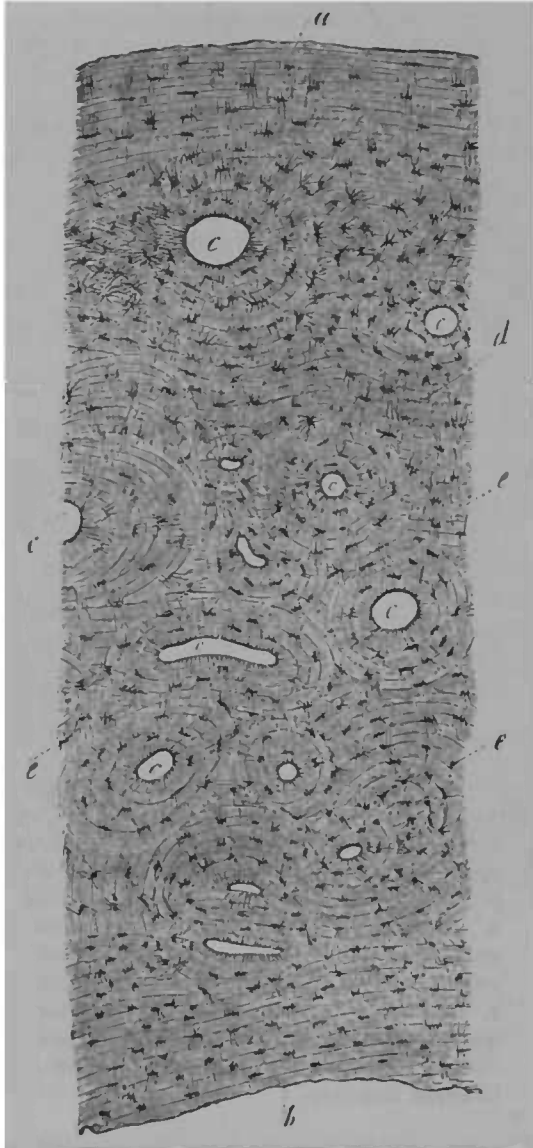


Fig. 339. — Coupe transversale du corps d'un métacarpien de l'Homme. — *a*, système de lamelles périphériques; *b*, système péri-médullaire; *c*, canaux de Havers entourés de leurs systèmes; *d*, systèmes intermédiaires. — Grossissement faible (d'après Ranvier).

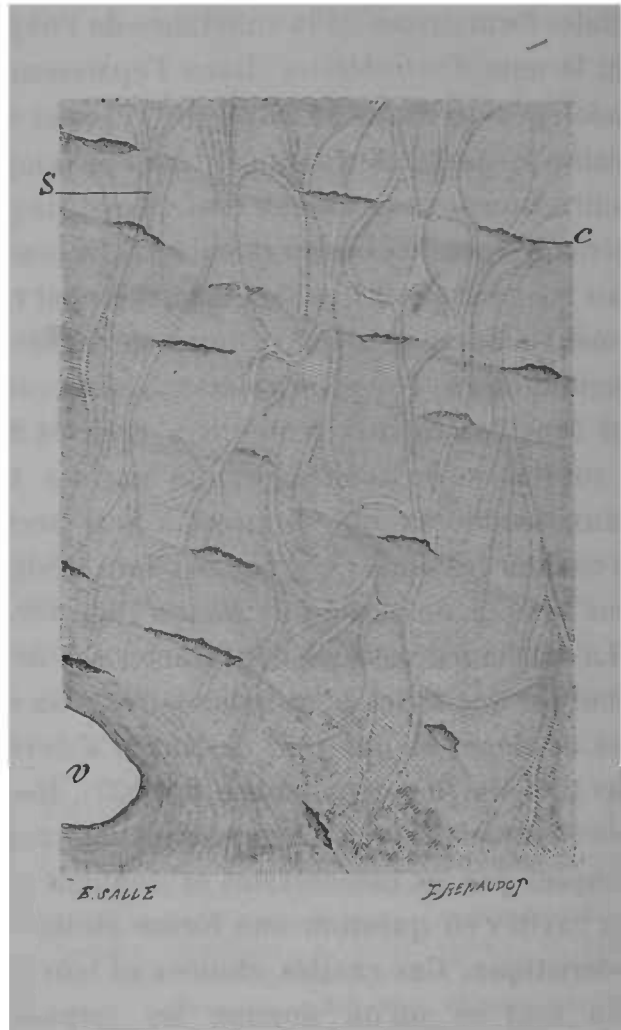


Fig. 340. — Coupe transversale du frontal du Chien adulte, faite sur l'os sec, puis décalcifiée par l'acide chlorhydrique. — *S*, fibres de Sharpey; *c*, corpuscules osseux; *v*, canal vasculaire entouré d'un système de lamelles où les fibres ne pénètrent pas. — 400 diam. (d'après Ranvier).

formation en fibres de Sharpey. Entre ces fibres sont des files de cellules analogues aux cellules de cartilage, aptes à sécréter de la substance osseuse, formant à l'os une enveloppe continue, sauf dans la région d'insertion des tendons. Là, les tendons, formés eux-mêmes de tissu conjonctif, se confondent avec le périoste d'une part, et se continuent d'autre part avec le tissu conjonctif des muscles, de manière que tout cet ensemble ne forme qu'un seul et même système.

La formation des *os de cartilage* n'est pas elle-même extrêmement différente. Les premiers indices de la substitution du tissu osseux au tissu cartilagineux sont l'accroissement des dimensions des cellules de cartilages, dans la région du centre d'ossification, et le dépôt dans la *substance fondamentale* de sels calcaires qui le rendent opaque. Dans la région qui avoisine l'îlot calcifié, les cellules du cartilage se disposent en séries rayonnantes dans lesquelles les cellules sont d'autant plus petites

qu'elles sont plus éloignées de l'ilot (fig. 337, *a*). Cependant, des anses et des réseaux vasculaires issus du périchondre, entraînant avec eux quelques-unes des cellules conjonctives embryonnaires, mêlées à des fibres, pénètrent peu à peu dans le cartilage dont elles dissolvent sur leur passage la substance fondamentale. Il se creuse ainsi autour des vaisseaux des *espaces médullaires* dans lesquels des cellules du cartilage sont mises en liberté, et sont peut-être rejointes par des cellules embryonnaires du périchondre, venues à la suite des vaisseaux. Ces espaces médullaires sont séparés les uns des autres par des *travées cartilagineuses*, restes dépourvus de substance fondamentale, du cartilage primitif (fig. 337, *b*). Quelle que soit leur origine, les cellules libres des espaces médullaires se multiplient sans jamais produire autour d'elles de substance cartilagineuse. En revanche il se dépose sur toutes les parois des espaces médullaires une couche irrégulière d'une substance calcifiée, striée perpendiculairement à sa surface, fortement colorée par le carmin quand elle est débarrassée de sels calcaires, et qui se distingue par là de la substance fondamentale des cartilages. Cette couche n'est autre chose que le premier rudiment de la substance osseuse, et comme elle se dépose le long des travées cartilagineuses, ces dernières deviennent par cela même les *travées directrices* de l'ossification. Peu à peu quelques-unes des cellules de la cavité médullaire sont prises dans cette couche osseuse, enveloppées par elle, et se transforment en autant de corpuscules osseux. Ainsi se forment par stratification successive les systèmes de

Havers, entre lesquels, dans l'os de cartilage, persistent les travées directrices calcifiées. Ces travées tiennent la place des systèmes intermédiaires des os périostiques; elles s'en distinguent parce qu'étant les restes calcifiés de la substance fondamentale d'un cartilage hyalin, elles ne contiennent ni fibres de Sharpey, ni corpuscules osseux. D'ailleurs le carmin les colore à peine, la solution alcoolique de bleu de quinoléine les teint en violet foncé, l'hématoxyline en violet, le bleu d'aniline soluble dans l'alcool en bleu, la purpurine en rose, tandis que la substance osseuse est teinte en rouge par le carmin, en bleu clair par le bleu de quinoléine, et n'est colorée ni par le bleu d'aniline, ni par la purpurine. On doit donc distinguer cette substance de la *chondrine*; elle a reçu le nom d'*osséine*.

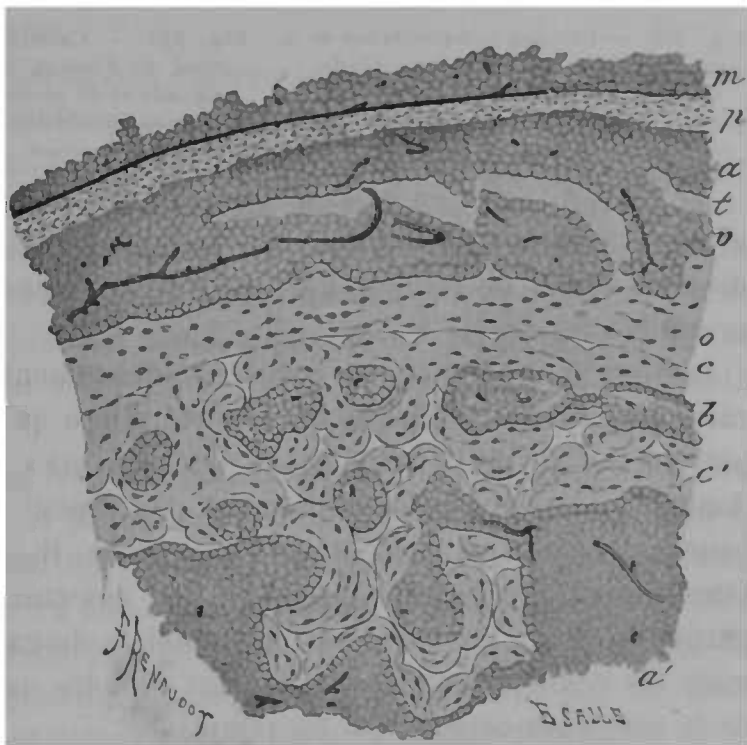


Fig. 341. — Coupe transversale du radius d'un embryon de Chien, faite après décalcification par l'acide picrique en solution concentrée et colorée par le picocarminate. — *m*, faisceaux médullaires coupés en travers; *p*, périoste; *a*, moelle sous-périostique; *t*, travée osseuse en voie de formation; *e*, vaisseau sanguin; *c*, os périostique; *c'*, vestige des travées cartilagineuses qui séparent l'os périostique de l'os cartilagineux; *b*, espace médullaire de l'os cartilagineux; *c*, coupe transversale des travées directrices; *a'*, moelle centrale. — 50 diam. (d'après Ranvier).

Une mince lame cartilagineuse sépare en général, dans les très jeunes os longs,

l'os périostique de l'os cartilagineux (fig. 341). Peu à peu les travées directrices qui, dans l'os cartilagineux jeune, séparaient les cavités médullaires les unes des autres sont résorbées par le même procédé qui a amené la formation des premières cavités. Les cavités médullaires s'anastomosent d'abord entre elles, puis la résorption continuant, il se forme dans les os longs une seule vaste cavité axiale, contenant la *moelle* de l'os. Celle-ci est une substance molle dans laquelle on trouve quatre sortes d'éléments libres : 1° des *cellules adipeuses* analogues à celles du tissu conjonctif ; 2° des *cellules lymphatiques* ou *médulocelles*, à noyau simple ou en bissac (fig. 342) ; 3° de grandes cellules à noyau ramifié (fig. 343) ; 4° des cellules

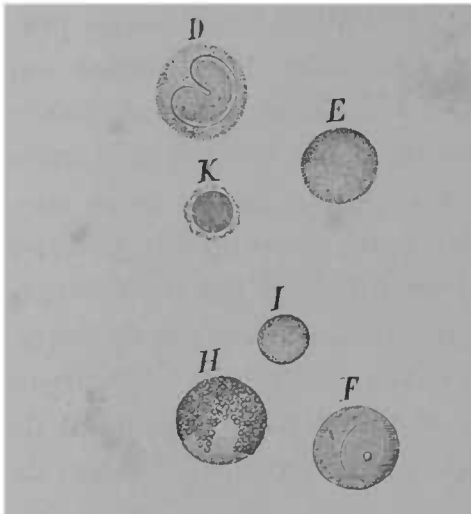


Fig. 342. — Cellules lymphatiques de la moelle du tibia du Cochon d'Inde. — E, H, I, examinées dans du sérum du sang ; D, K, F, examinées après l'action de l'alcool au tiers. — 650 diam. (d'après Ranvier).

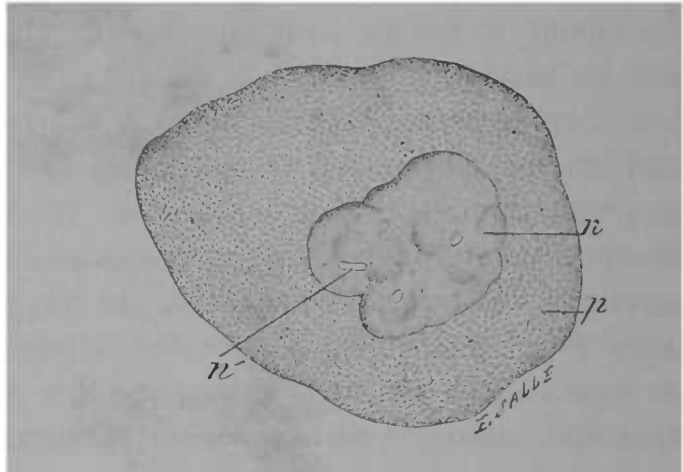


Fig. 343. — Cellule à noyau bourgeonnant de la moelle du tibia du Cochon d'Inde, examinée après l'action de l'alcool au tiers et du picocarminate. — *n*, noyau muni de bourgeons, avec des nucléoles *n'* ; *p*, protoplasma granuleux. — 650 diam. (d'après Ranvier).

géantes à noyaux multiples, les *myéloplaxes* de Robin. Il est probable que ces diverses sortes de cellules ne sont pas sans liens de parenté avec les ostéoblastes primitifs.

Lorsque la résorption est poussée suffisamment loin, toute la substance de l'os cartilagineux a disparu, et ne subsiste guère qu'aux extrémités des os longs. La presque totalité de la partie solide de ces os est ainsi constituée par l'os périostique dont la partie interne est elle-même peu à peu résorbée, tandis que de nouvelles couches osseuses se forment sous le périoste. Bien que la plupart des os des Vertébrés soient, au début, représentés par des cartilages ayant déjà la forme qu'ils garderont, toute la substance fondamentale du cartilage finit donc par disparaître, mais ses cellules semblent cependant prendre une part importante à la formation de la substance osseuse qui les remplace.

Tissu contractile ou tissu musculaire. — La contractilité paraît être plus particulièrement une propriété de la substance réticulée ou *hyaloplasme*, du cytosarque. On peut donc admettre que les différences présentées, à cet égard, par les plastides sont dues à la proportion plus ou moins grande d'hyaloplasme qu'ils contiennent. Les éléments où l'hyaloplasme est le plus abondant et chez qui la contractilité devient la fonction essentielle sont les éléments musculaires. Ces éléments peuvent garder la forme de cellules ; ils prennent souvent alors une forme étoilée (pavillon respiratoire des *Dero*), ou s'allongent en fuseaux ramifiés tout en demeurant homogènes, comme on le voit pour les cellules contractiles du mésoderme des

Éponges. Souvent une portion du cytosarque des cellules musculaires se différencie de manière à constituer un filament fusiforme plus ou moins épais, dirigé perpendiculairement à l'axe de la cellule dans laquelle il s'est produit. Le reste de la cellule peut alors remplir une autre fonction. Une grande partie des cellules exodermiques et entodermiques des Polypes hydriques et des Méduses (fig. 344) présentent ce mode de différenciation, de sorte que l'exoderme et l'entoderme peuvent recevoir justement chez ces animaux la qualification d'épithéliums musculaires. Les cellules de l'entoderme demeurent même munies de cils vibratiles à leur surface libre, et présentent ainsi à leurs extrémités opposées les deux formes sous lesquelles se manifeste la contractilité. Les cellules musculaires des Nématodes possèdent un mode analogue de constitution. Ce sont des cellules mésodermiques qui peuvent atteindre près de 2 millimètres de long. Leur partie fibreuse est accolée longitudinalement contre le tégument, tandis que leur partie non contractile, souvent munie de prolongements variés, fait saillie dans la cavité générale, peut atteindre le tube digestif, et prend ainsi part à la constitution d'une sorte de parenchyme qui oblitère plus ou moins la cavité générale. La partie contractile de ces cellules musculaires présente une striation longitudinale.

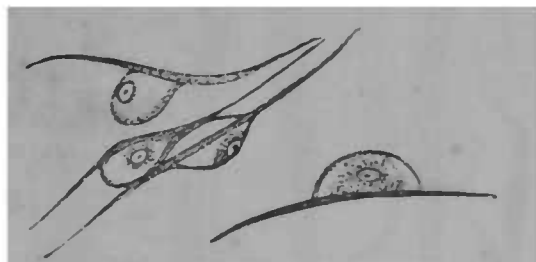


Fig. 344. — Myoblastes d'une Méduse (*Aurelia*)

Par la réduction graduelle de la partie non différenciée du cytosarque, qui contient toujours le noyau, la cellule musculaire passe peu à peu à l'état de *fibre musculaire*, et c'est sous cet état qu'elle se présente le plus ordinairement chez les animaux supérieurs. On distingue d'ailleurs deux sortes de fibres musculaires : les fibres à cytosarque homogène ou *fibres musculaires lisses*, et les fibres à cytosarque strié transversalement ou *fibres musculaires striées*. Les fibres musculaires lisses se contractent lentement et d'une manière durable ; les fibres musculaires striées se contractent au contraire brusquement et leur contraction n'a le plus souvent qu'une faible durée.

Les fibres musculaires lisses sont les éléments contractiles les plus ordinaires des Ctenophores, des Alcyonnaires, des Échinodermes, des Vers et des Mollusques. Celles qui revêtent le tube digestif de certains Échinodermes (*Cucumaria*) paraissent résulter, au moins en partie, d'une transformation directe des corpuscules amiboïdes qui flottent dans la cavité générale de l'embryon et y représentent le mésoderme. Ces éléments viendraient s'appliquer successivement sur le tube digestif, et s'y allongeraient, suivant Selenka, en fibres musculaires. Une partie de la musculature du corps serait obtenue de la même façon. Ce mode de formation des fibres musculaires lisses est exceptionnel ; ces fibres se différencient habituellement dans un mésoderme continu. Les fibres lisses (fig. 345) sont le plus souvent fusiformes, pourvues d'un noyau ovale, et se laissent décomposer par l'alcool faible en fibrilles longitudinales. Chez un grand nombre de Vers annelés et de Mollusques elles contiennent un filament axial, réfringent, que le chlorure d'or colore en violet tandis qu'il laisse presque incolore la substance protoplasmique environnante.

Les fibres musculaires striées ont été observées dans les pédicellaires des Échinodermes, chez divers Rotifères (*Euchlamys*, *Notommata*, *Pterodina*, *Polyarthra*,

Scaridium), dans le pharynx de divers Gastéropodes, les cœurs branchiaux des Céphalopodes, l'appareil génital des Échinorhynques; elles forment à elles seules tout l'appareil musculaire des Arthropodes. Chez les Vertébrés, tous les muscles à contraction

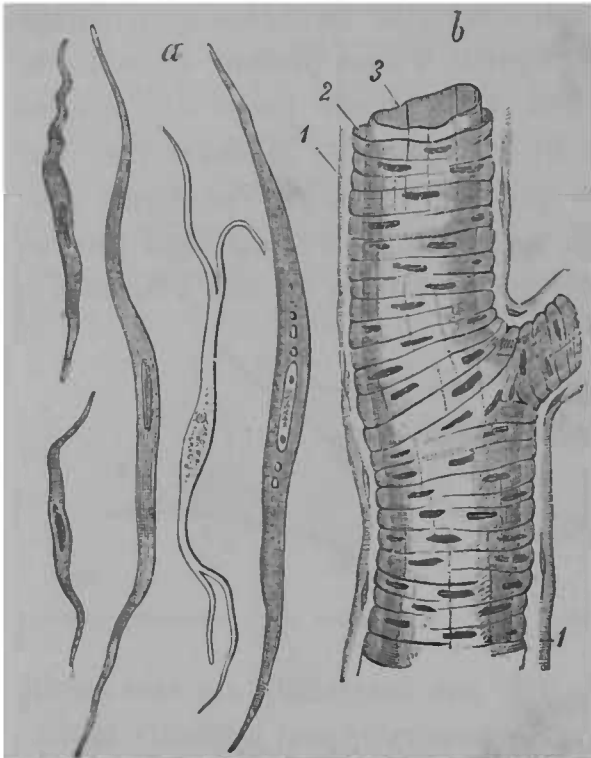


Fig. 345. — *a*, fibres musculaires lisses isolées. *b*, fragment d'une artère; 1, couche externe de tissu conjonctif; 2, couche moyenne formée par des fibres lisses; 3, couche interne dépourvue de noyaux (d'après Ranvier).

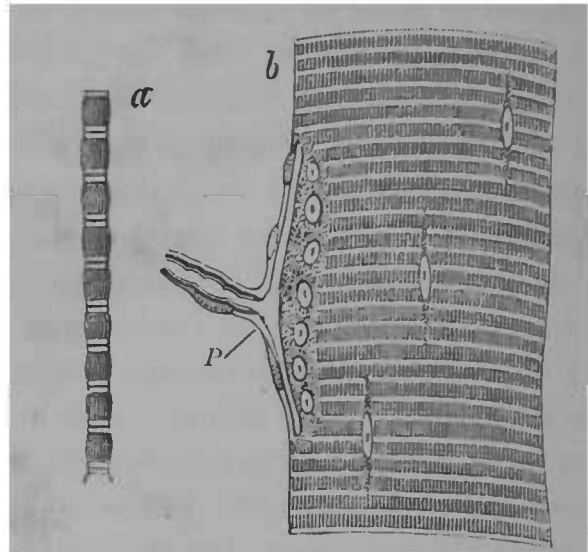


Fig. 346. — *a*, fibrille; *b*, fibre musculaire striée (faisceau primitif) d'un Lézard avec des terminaisons nerveuses (d'après Ranvier).

rapide, notamment les muscles des membres (fig. 346) et ceux du cœur (fig. 347), sont formés de fibres striées, tandis que les muscles des viscères à contractions

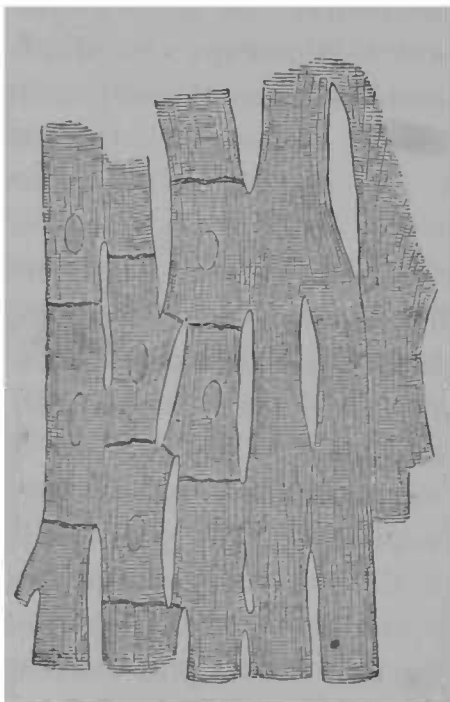


Fig. 347. — Fibres musculaires du cœur. A droite on aperçoit les limites des cellules et des noyaux (d'après Schweigger-Seidel).

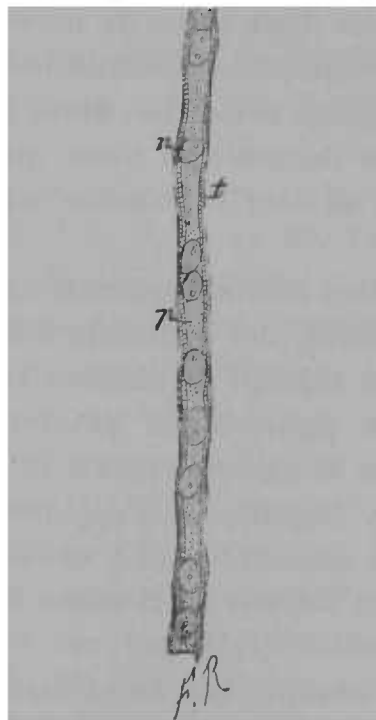


Fig. 348. — Faisceau primitif d'un embryon humain de trois mois et demi à peu près, examiné dans le sérum iodé. *n*, noyau; *t*, écorce musculaire striée; *p*, protoplasma central. 300 diam. (d'après Ranvier).

lentes et continues sont des muscles à fibres lisses : dans les parois du tube digestif, dans celles des vaisseaux, les fibres musculaires lisses abondent.

Lorsqu'elles commencent à se différencier, les fibres musculaires striées ne sont autre chose que des cellules mésodermiques devenues fusiformes; elles ne possèdent qu'un seul noyau. Ces cellules fusiformes s'allongent beaucoup; en même temps, leur noyau se divise et, comme la fibre est extrêmement grêle, elle présente un

renflement au niveau de chacun de ses noyaux. C'est seulement vers le troisième

mois que, chez l'embryon humain, la substance striée commence à apparaître dans ces longues fibres, devenues cylindriques (fig. 348). Elle se différencie à la surface de la fibre et forme ainsi un tube, à l'intérieur duquel se trouve le cytosarque non encore différencié, et les noyaux qui continuent à se diviser. Le tube strié présente par places des fentes dans lesquelles pénètre la substance centrale, très riche en glycogène; par suite de l'épaississement graduel du tube strié, les noyaux sont eux-mêmes refoulés dans ces fentes, et finalement arrivent à la périphérie de la fibre (fig. 349). Ils demeurent le plus souvent dans cette situation périphérique; mais il peut arriver aussi qu'ils reviennent à l'intérieur de la fibre (muscles de la Grenouille).

La transformation du cytosarque des cellules musculaires en fibres striées n'est assez souvent que partielle. Les fibres musculaires des cœurs lymphatiques des Batraciens (fig. 350) portent toujours sur leur côté une abondante masse sarcodique contenant le noyau; les fibres de Purkinje qui doublent l'endocarde de beaucoup de Mammifères, ne sont autre chose que la partie périphérique différenciée de grandes cellules binucléées, dont le cytosarque non différencié l'emporte de beaucoup sur la substance striée. Ces cellules sont disposées comme un épithélium pavimenteux, de sorte que l'aspect général de ce remarquable tissu est celui d'une mosaïque de cellules contenues chacune dans les mailles polygonales d'un réseau musculaire (fig. 351). A ces fibres de Purkinje se rattachent les fibres du cœur qui se soudent les unes aux autres de manière à former un réseau dont chaque trabécule est une cellule musculaire distincte (fig. 347). Cette apparence a fait longtemps admettre que les fibres musculaires du cœur étaient ramifiées.

La substance musculaire striée des fibres, dont nous venons de suivre le développement, ne présente pas seulement des stries transversales, elle présente aussi des stries longitudinales (fig. 349) correspondant à des plans de moindre résistance, suivant lesquels il est facile de déterminer la dissociation de la fibre en *fibrilles*. Ces fibrilles ont été prises d'abord pour l'élément musculaire fondamental. Aussi désigne-t-on habituellement la véritable fibre musculaire sous le nom de *faisceau primitif*. Dans un même faisceau les fibrilles peuvent être elles-mêmes groupées en

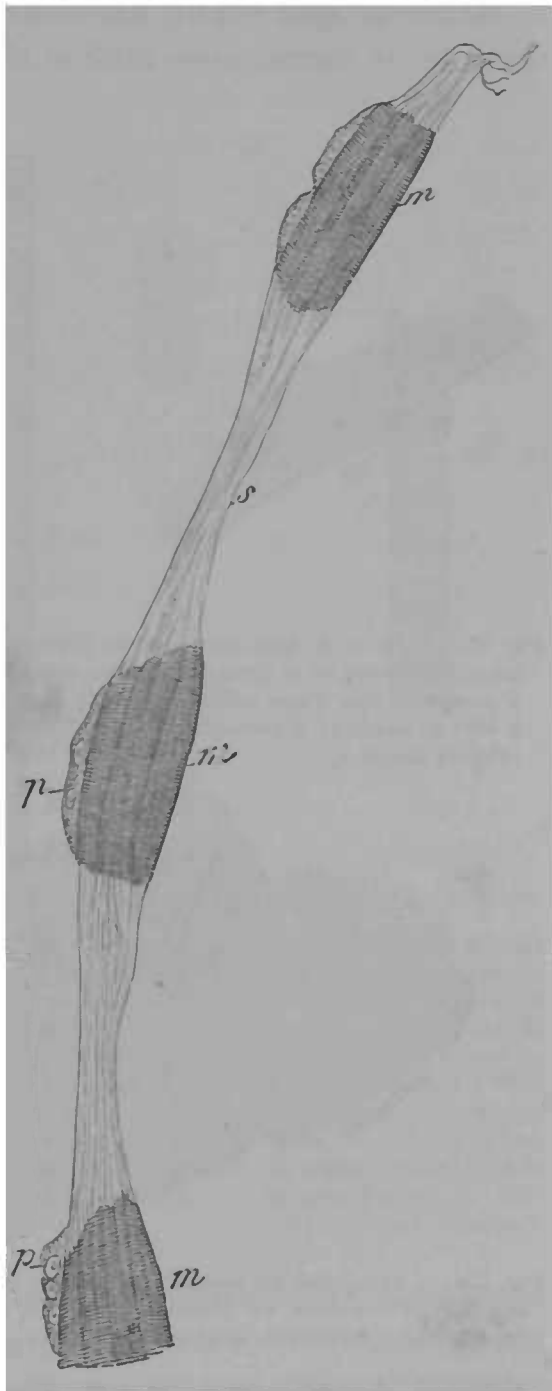


Fig. 319. — Muscle polygastrique de la queue d'un têtard de vingt-cinq jours. Isolation après l'action de l'acide osmique à 1 pour 300 : conservation dans la glycérine. — *m*, faisceaux musculaires; *p*, masse protoplasmique marginale; *S*, tendon. — 140 diam. (d'après Ranvier).

fascicules; c'est entre ces fascicules, nommés par Leydig *cylindres primitifs*, que se placent les noyaux internes du faisceau primitif de la Grenouille (fig. 353).

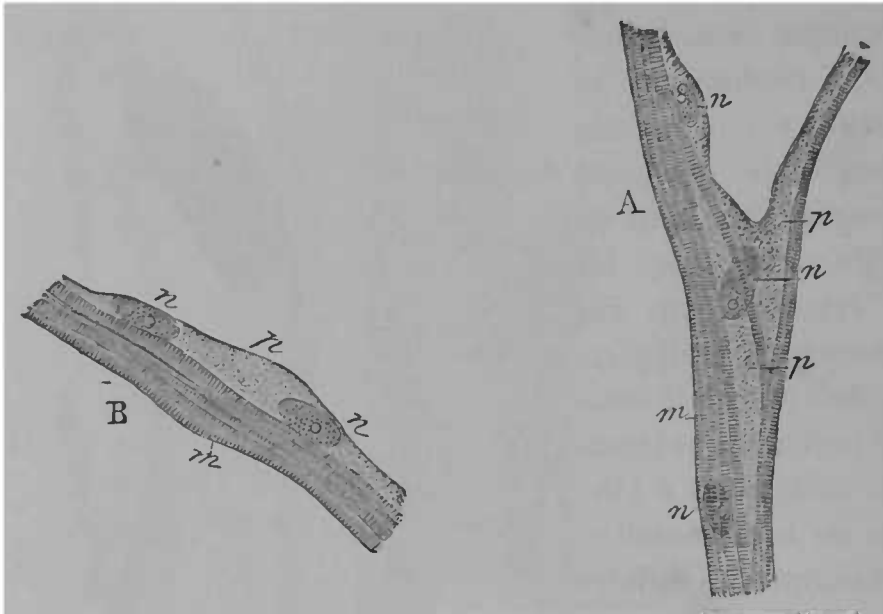


Fig. 350. — A et B, deux tronçons de fibres musculaires du cœur lymphatique postérieur de la Grenouille verte, isolés après injection d'un mélange à parties égales d'une solution d'acide osmique à 1 pour 100 et d'alcool à 36°; n, noyaux; p, protoplasme; m, substance musculaire. — 500 diam. (d'après Ranvier).

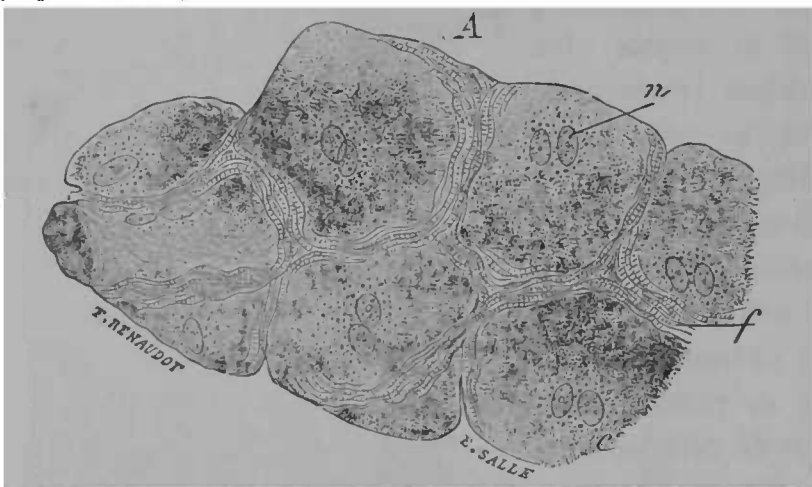


Fig. 351. — Fragment du réseau de Purkinje isolé après l'action de l'alcool au tiers. Coloration au picocarminate; c, cellule; f, substance striée; n, noyau. — 300 diam. (d'après Ranvier).

Chaque faisceau primitif est enfin enveloppé dans une même membrane amorphe, reste du cytosarque primitif, non différencié, et qu'on a nommé le *sarcolemme* (fig. 352, s). Les faisceaux primitifs, unis entre eux par du tissu conjonctif dans lequel cheminent des vaisseaux et des nerfs, forment ensemble des *faisceaux secondaires* qui peuvent eux-mêmes se grouper en *faisceaux tertiaires*. De la répétition de groupements analogues résulte ce qu'on nomme un *muscle*.

La striation transversale des faisceaux primitifs et des fibrilles dans lesquelles ils se décomposent est due à ce que les muscles striés sont formés de deux substances qui dans les fibres et les fibrilles se disposent en disques alternants (fig. 354). L'une de ces substances est colorée en rouge par le picocarminate d'ammoniac, en violet par l'hématoxyline qui laissent l'autre incolore. Les disques de

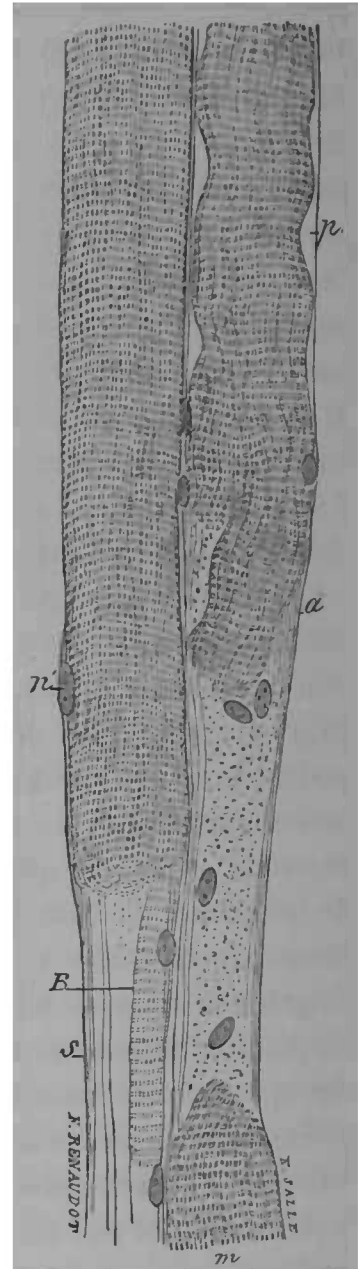


Fig. 352. — Deux faisceaux musculaires du grand adducteur du Chien pris après la rigidité cadavérique, dissociés dans le picocarminate et conservés dans la glycérine; m, substance musculaire; n, noyaux vus de profil; s, sarcolemme; p, espace compris entre le sarcolemme et la substance musculaire, rempli du liquide additionnel; B, couche mince de substance musculaire restée adhérente au sarcolemme. — 270 diam. (d'après Ranvier).

ces substances se succèdent dans l'ordre suivant : 1° un *disque épais* de substance colorable; — 2° un *disque clair*, moins épais, de substance non colorable; — 3° un *disque mince* de substance colorable; — 4° un nouveau *disque clair* semblable au premier de substance non colorable. Après cela la série recommence en se conti-

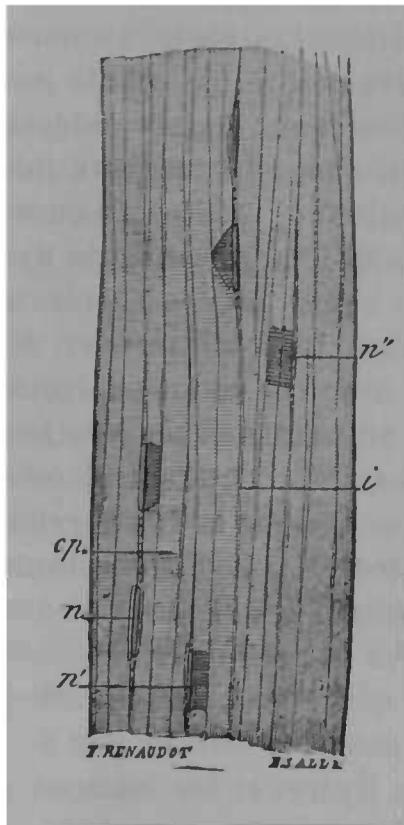


Fig. 353. — Fragment d'un faisceau superficiel du couturier de la Grenouille soumis à l'action successive de l'acide osmique, du picrocarminate et de l'acide acétique; *cp*, cylindre primitif; *i*, interstice; *n*, noyau vu de profil; *n'*, noyau vu de trois quarts; *n''*, noyau vu de face. — 400 diam. (d'après Ranvier).

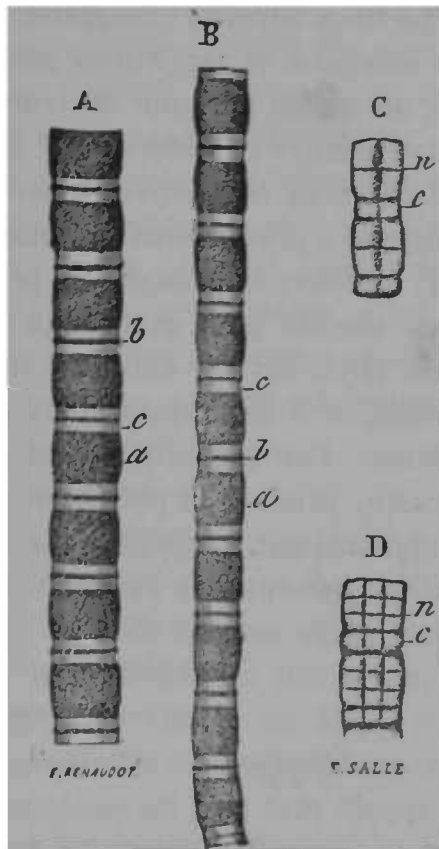


Fig. 354. — Fibrilles des ailes de l'Hydrophile préparées et conservées dans le picrocarminate à 1 pour 100. *A* et *B*, deux de ces fibrilles de différents diamètres à l'état d'extension; *a*, disque épais; *b*, disque mince; *c*, espace intermédiaire; *C* et *D*, portion de ces fibrilles vues en éloignant l'objectif et avec un petit diaphragme; *n*, disque épais; *c*, disque mince. — 2000 diam. (d'après Ranvier).

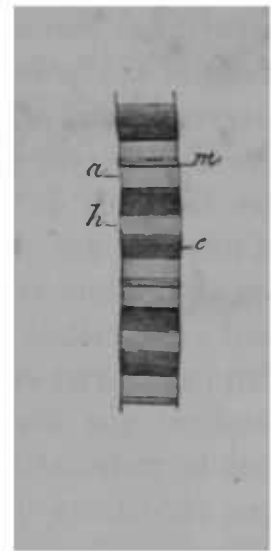


Fig. 355. — Fibrille de l'aile de l'Hydrophile, dissociée par la demi-dessiccation après un séjour de 24 heures dans l'alcool au tiers. Coloration à l'hématoxyline; *c*, disque épais; *m*, disque mince; *a*, espace clair; *h*, strie intermédiaire. — 2000 diam. (d'après Ranvier).

nuant toujours dans le même ordre. Les disques épais peuvent être eux-mêmes subdivisés en deux, trois, ou cinq disques superposés, par une très faible couche de substance claire, apparaissant au microscope comme une *strie intermédiaire* (fig. 355). Ces faits ne sont bien visibles, en général, que sur des fibres en état d'extension.

La substance colorée par le carmin et l'hématoxyline a un indice de réfraction plus fort que l'autre; elle est en outre biréfringente et parait être seule contractile. En outre, la contractilité ségerait exclusivement, d'après Ranvier, dans les *disques épais*; la substance non colorable serait dès lors une substance élastique qui ramènerait, après la contraction, le muscle à son état normal, en prenant son point d'appui sur le *disque mince*. La différenciation subie par la fibre musculaire consisterait essentiellement, d'après cela, dans la distribution du *hyaloplasme* en une série de réseaux serrés, correspondant aux disques épais.

Il est à remarquer d'ailleurs que le cytosarque présente assez souvent des distributions régulières de ses parties analogues à celles qu'on observe dans la fibre

musculaire. Dans les figures karyolytiques les microsomes se placent au même niveau sur les microfils ; ces microfils constituant un même rayon d'aster paraissent ainsi striés transversalement. D'autres dispositions régulières sont souvent présentées par divers Infusoires.

Tissu nerveux. — Le tissu nerveux comprend, nous l'avons vu, deux sortes de formations : les *fibres nerveuses* et les *cellules ganglionnaires*. Les fibres nerveuses étant toujours reliées, au moins par une de leurs extrémités, à une cellule ganglionnaire, on ne peut d'ailleurs considérer ces deux formations comme indépendantes. Effectivement elles sont étroitement associées chez tous les animaux inférieurs. Les éléments nerveux proviennent essentiellement d'une différenciation des cellules exodermiques ; toutefois le mésoderme prend aussi à la formation du tissu nerveux une part qui semble plus grande qu'on ne l'avait pensé d'après les études embryogéniques faites sur les animaux supérieurs. Le tissu nerveux doit les fonctions qu'il accomplit à ses rapports multiples avec les autres catégories d'éléments des organismes. Ces rapports présentent la plus grande simplicité lorsqu'une cellule sensorielle, située à la périphérie du corps, est directement reliée soit à une cellule glandulaire, soit à une fibre musculaire. Lorsque la même cellule fait partie d'un épithélium externe par l'une de ses extrémités, tandis que l'autre contient une fibre musculaire comme chez les Hydres et les Méduses, il n'est pas invraisemblable qu'elle soit capable de transmettre à la fibre qu'elle contient, les excitations qu'elle reçoit du dehors et d'en déterminer ainsi la contraction. S'il en était ainsi, la qualification de *cellules neuro-musculaires* donnée par Kleinenberg à ce qu'on a appelé plus tard les *myoblastes* des Hydres et des Méduses ne serait pas absolument impropre. On peut lui reprocher cependant de n'être pas suffisamment explicite, car un circuit nerveux complet suppose en général : 1° un élément épithélial exodermique, récepteur des excitations, — 2° un filament conducteur, la *fibre nerveuse*, — 3° un *élément irritable*, cellule glandulaire ou fibre musculaire, capable de réagir sous l'action de la fibre nerveuse. Ces trois éléments, et non pas deux seulement, sont concentrés, en quelque sorte, dans les myoblastes.

Le circuit ne présente même pas d'ordinaire cette simplicité. En général la fibre nerveuse n'aboutit pas seulement à l'élément irritable ; elle aboutit à une cellule ganglionnaire, qui réfléchit l'excitation vers l'élément irritable, ou la transmet à une série d'autres cellules ganglionnaires, dont la dernière réfléchit enfin l'excitation. Au cours de cette transmission l'excitation a mis en activité toutes les cellules ganglionnaires qu'elle a traversées, et a déterminé par leur intermédiaire toute une série de phénomènes que nous nommons les *phénomènes psychiques* : phénomènes de *sensibilité*, de *mémoire*, d'*appréciation*, de *comparaison*, de *volonté*, d'*attention* ; ces phénomènes, à l'état *conscient*, constituent l'*intelligence*, et à l'état *inconscient* ou *semi-conscient*, l'*instinct*.

La complication des phénomènes psychiques dépend naturellement du nombre et du degré de différenciation des cellules ganglionnaires, qui demeurent quelquefois isolées, mais se groupent le plus souvent de manière à constituer les *centres nerveux*.

A proprement parler ces centres n'existent pas chez les Phytozoaires, où le tissu nerveux est, essentiellement représenté par des faisceaux de cellules fusiformes unipolaires ou multipolaires, d'où partent de longs et grêles filaments qui consti-

tuent les fibres nerveuses. Ces fibres très délicates, ou tout au moins un grand nombre d'entre elles sont en continuité avec certaines cellules épithéliales; on peut d'autre part les suivre dans les faisceaux des fibres musculaires des Echinodermes, où elles portent de place en place des renflements pourvus d'un noyau (Comatules); mais on ignore jusqu'ici comment elles se mettent en rapport, chez ces animaux, soit avec les fibres musculaires, soit avec les cellules des glandes.

La différenciation des parties du système nerveux, sans doute par suite d'une rétrogradation, est à peine plus avancée chez les Nématodes, les Trématodes et les Cestoïdes, tous parasites. Ce n'est guère que théoriquement qu'on peut distinguer chez ces animaux des ganglions. Cette distinction s'accroît au contraire chez les Vers annelés et les Mollusques, à mesure que l'on s'élève dans ces classes d'animaux; elle est toujours très nette chez les Arthropodes et les Vertébrés.

Il convient d'étudier séparément les fibres nerveuses et les cellules.

Les fibres nerveuses sont de deux sortes, qui ont été désignées depuis longtemps sous les noms de *fibres pâles* (fig. 360) et de *fibres à double contour* (fig. 356). Les premières ont l'aspect de filaments homogènes qui, après avoir été soumis à l'action d'un acide faible (acide citrique étendu ou acide formique), prennent une coloration violette lorsqu'on les laisse quelques heures en contact avec une solution de chlorure d'or; l'acide osmique n'a sur ces fibres qu'une faible action colorante.

Les fibres à double contour sont ainsi nommées parce que, examinées à un grossissement suffisant, elles se montrent constituées par un filament comparable à une fibre pâle, le *cylindre-axe*, entouré d'une gaine d'une substance particulière, la *myéline*, que l'acide osmique colore fortement en noir, comme il colore les graisses. La myéline est elle-même comprise entre deux membranes délicates, la *membrane de Schwann*, comparable au sarcolemme des faisceaux primitifs des muscles striés, et la *gaine de Mauthner* qui sépare la myéline du cylindre-axe.

Les fibres à myéline paraissent jusqu'ici propres aux Vertébrés; mais ces animaux sont aussi abondamment pourvus de fibres pâles, dites *fibres de Remak*, qui sont fréquentes surtout dans les nerfs dépendant du grand sympathique et dans les nerfs mixtes. Ces fibres se ramifient et s'anastomosent entre elles; elles présentent une structure fibrillaire très caractéristique et sont enveloppées d'une mince couche protoplasmique pénétrant entre les fibrilles et contenant des noyaux allongés, étroitement appliqués contre la surface de la fibre (fig. 358, n). Cette couche protoplasmique et les noyaux qu'elle contient représentent peut-être dans les fibres de Remak la gaine à myéline des fibres à double contour.

Le cylindre-axe des fibres à double contour se prolonge d'une part jusqu'à une

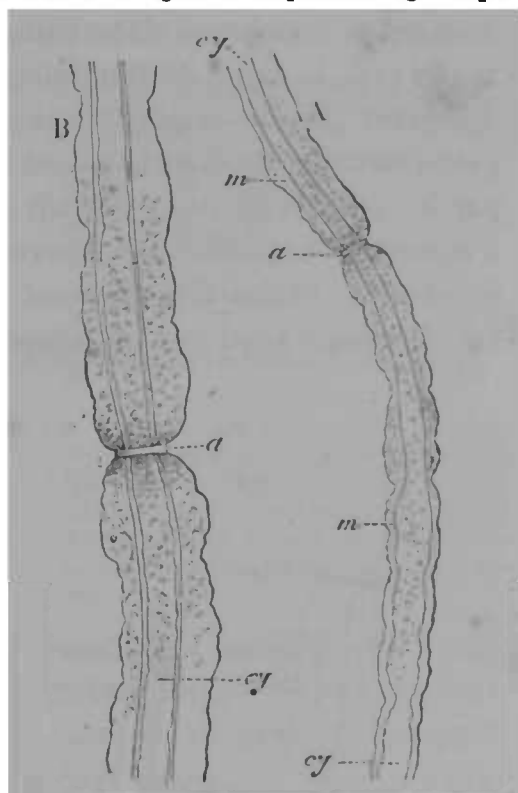


Fig. 356. — Tube nerveux à myéline du nerf sciatique du Lapin adulte, dissocié dans une solution de picrocarminate à 1 pour 100. Le dessin a été fait une heure après le début de l'action du réactif, A, à un grossissement de 300 diamètres; B, à 600 diamètres. — a, étranglement annulaire; m, gaine de myéline; cy, cylindre-axe (d'après Ranvier).

cellule ganglionnaire, d'autre part jusqu'à une cellule épithéliale, une cellule glandulaire, ou une fibre musculaire. Il est toujours dépourvu de myéline dans son trajet à travers les centres nerveux et perd aussi sa gaine au moment où il est sur le point de se ramifier sur les cellules musculaires. La gaine de myéline des fibres à double contour est divisée en segments par des *renflements biconiques* (fig. 359, C, Dr) du cylindre-axe, régulièrement espacés et auxquels correspondent des épaisissements annulaires de la membrane de Schwann (Ranvier). Chaque segment est rétréci au niveau des renflements biconiques, et porte vers son milieu un noyau allongé longitudinalement et fixé à la membrane de Schwann par une petite masse protoplasmique, qui s'étend d'ailleurs au delà du noyau, paraît doubler la membrane dans toute son étendue et se continuer avec la gaine de Mauthner (fig. 358). On peut donc comparer chaque segment à myéline à une cellule adipeuse en forme de manchon dont l'axe creux serait occupé par le cylindre-axe. Les réactifs que la myéline empêche d'atteindre le cylindre-axe peuvent arriver jusqu'à lui au niveau de chaque étranglement où la myéline manque. On reconnaît ainsi que le picrocarminate d'ammoniaque

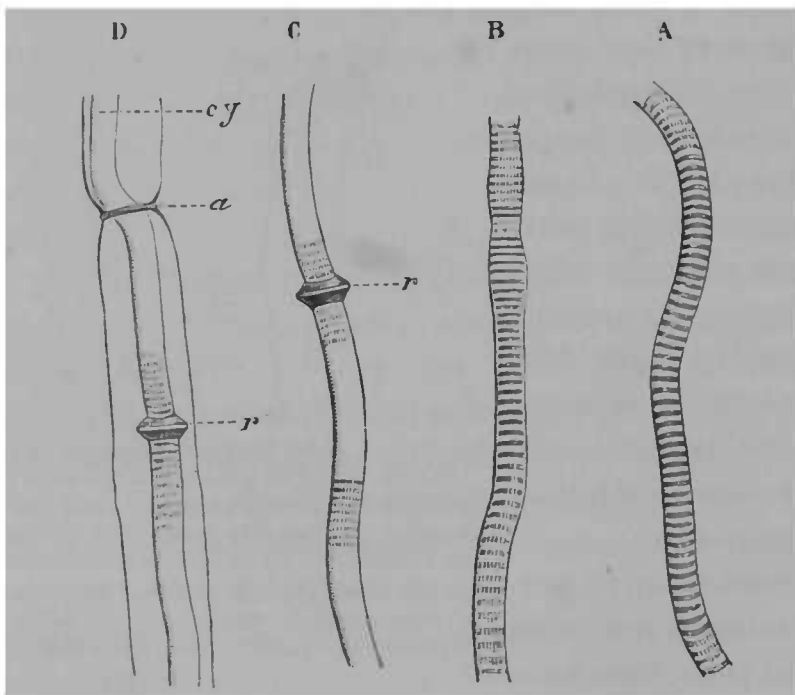


Fig. 357. — Tubes nerveux et cylindres axes du nerf sciatique du Lapin adulte, dissociés dans une solution de nitrate d'argent à 1 pour 300. A et B. Deux cylindres-axes isolés qui montrent les stries de Frommann. C. Cylindre-axe qui montre en *r*, un renflement biconique. D. Tube nerveux dont le cylindre-axe et l'anneau *r* sont imprégnés d'argent, *cy*, cylindre-axe qui, au niveau de l'étranglement annulaire *a*, a subi une déviation sous l'influence de la dissociation; *r*, renflement biconique. — 600 diam. (d'après Ranvier).

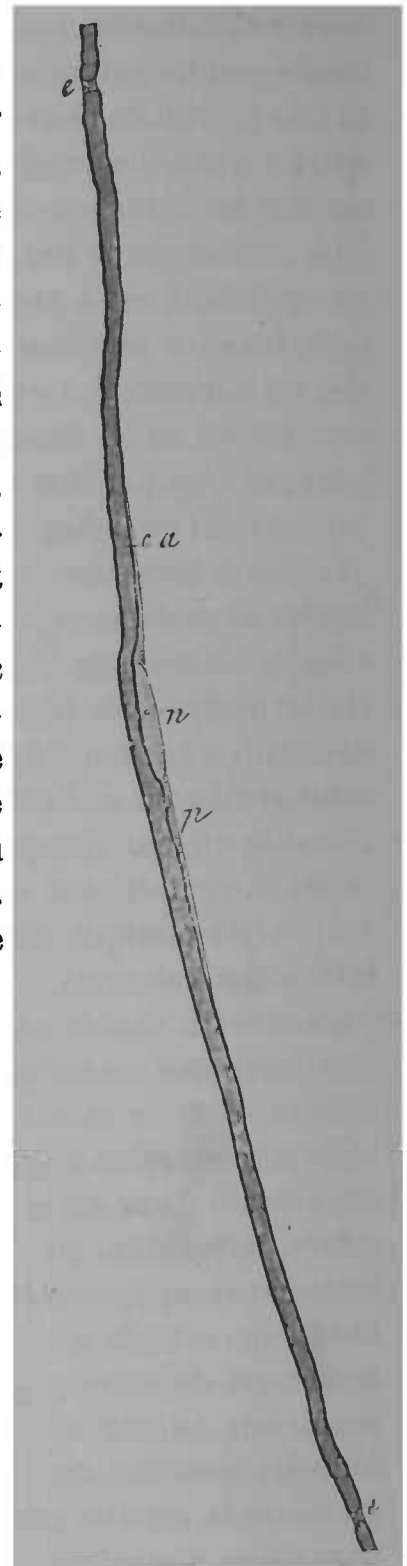


Fig. 358. — Tube nerveux du sciatique du Lapin nouveau-né, isolé après une macération de 24 h. dans une solution d'acide osmique à 1 pour 100. — *ec*, étranglements annulaires; *n*, noyau du segment interannulaire; *p*, protoplasma qui l'entoure; *ca*, portion centrale claire du tube nerveux correspondant au cylindre-axe. — 400 diam. (d'après Ranvier).

le colore en rose, tandis que le nitrate d'argent y fait apparaître une striation transversale régulière (fig. 357, A, B) qui rappelle un peu celle des fibres musculaires (Frommann).

Entre les fibres à double contour ou *tubes nerveux* d'un même nerf, il existe du tissu conjonctif qui unit ces tubes les uns aux autres, les groupe en faisceaux et se condense à la surface des faisceaux, de manière à leur former une enveloppe dite *gaine lamelleuse*. Ces faisceaux sont eux-mêmes unis entre eux par un *tissu périfasciculaire* dont la couche la plus interne forme l'enveloppe générale du nerf ou *névrilemme* (fig. 329, p. 216). Lorsque le nerf se divise, son enveloppe se divise avec lui et les dernières ramifications qui arrivent à n'être plus formées que d'un seul tube nerveux, sont encore entourées par leur gaine conjonctive, la *gaine de Henle*.

Cette gaine est intérieurement tapissée par un endothélium dont les noyaux sont colorés en bleu par l'hématoxyline. Dans le tissu conjonctif des nerfs se ramifient de délicats réseaux vasculaires sanguins et lymphatiques (fig. 359, *a, a'*).

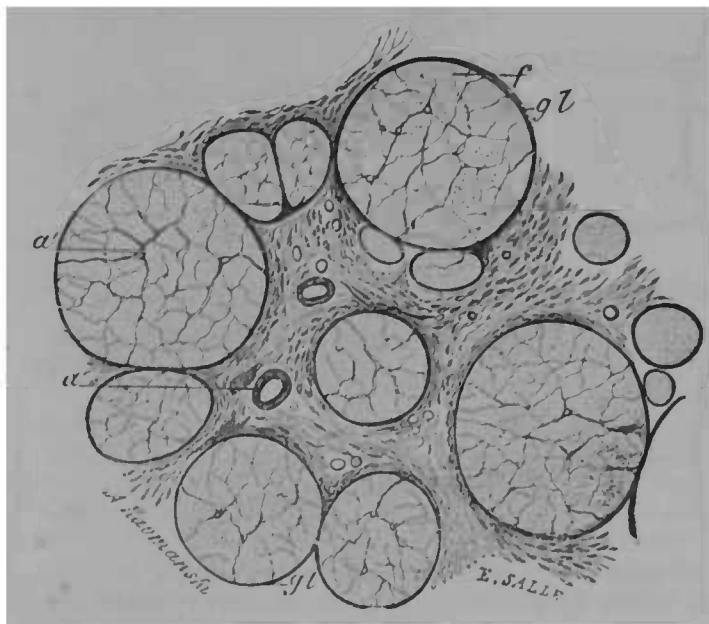


Fig. 359. — Nerf sciatique de l'homme adulte. — Coupe transversale après durcissement du nerf par une solution d'acide chromique à 2 p. 100. — Coloration au carmin. — *f*, faisceaux nerveux; *gl*, leur gaine lamelleuse; *a*, artère dans le tissu conjonctif périfasciculaire; *a'*, artériole dans le tissu conjonctif interfasciculaire. — 20 diam. (d'après Ranvier).

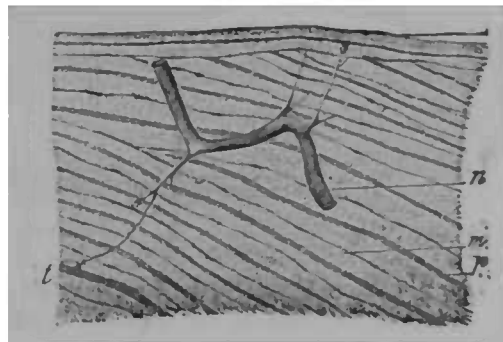


Fig. 360. — Coupe longitudinale du muscle rétracteur du corps de l'Escargot, faite après l'action du chlorure d'or. *m*, cellules musculaires; *p*, cordons protoplasmiques qui en occupent le centre; *n*, nerf; *t*, tache motrice (d'après Ranvier).

Terminaison des nerfs dans les muscles non soumis à la volonté. — On connaît les terminaisons musculaires des nerfs chez un certain nombre de Phytozoaires, de Vers et de Mollusques, notamment chez les Nématodes, la Sangsue et l'Escargot. Les fibres nerveuses, toujours sans myéline, se ramifient beaucoup. Si elles aboutissent à des muscles dépendant de la paroi du corps ou de l'appareil locomoteur, leurs ramuscules ne s'anastomosent pas et leurs dernières fibrilles se terminent à la surface des cellules musculaires par un léger élargissement, la *tache motrice* (fig. 360). Avant de fournir les fibrilles qui se terminent par des taches motrices, les fibres nerveuses des muscles de l'appareil digestif s'anastomosent de manière à former un réseau plus ou moins serré; elles portent souvent sur leur trajet un certain nombre de cellules ganglionnaires isolées (fig. 361).

Les terminaisons de nerfs dans les muscles lisses des Vertébrés s'effectuent à peu près comme dans les muscles viscéraux des Vers et des Mollusques. Les fibres nerveuses forment d'abord un *plexus fondamental*, dont les mailles présentent en leurs nœuds des cellules ganglionnaires (*plexus myentérique*, *plexus d'Auerbach* de l'intestin grêle, *plexus* de la tunique adventice des vaisseaux). Du plexus fondamental naît un *plexus intermédiaire*, sans cellules ganglionnaires, qui fournit à son tour de très fines ramifications anastomosées entre les cellules musculaires et formant le

plexus terminal. De courtes branches de ce plexus viennent, en effet, se terminer

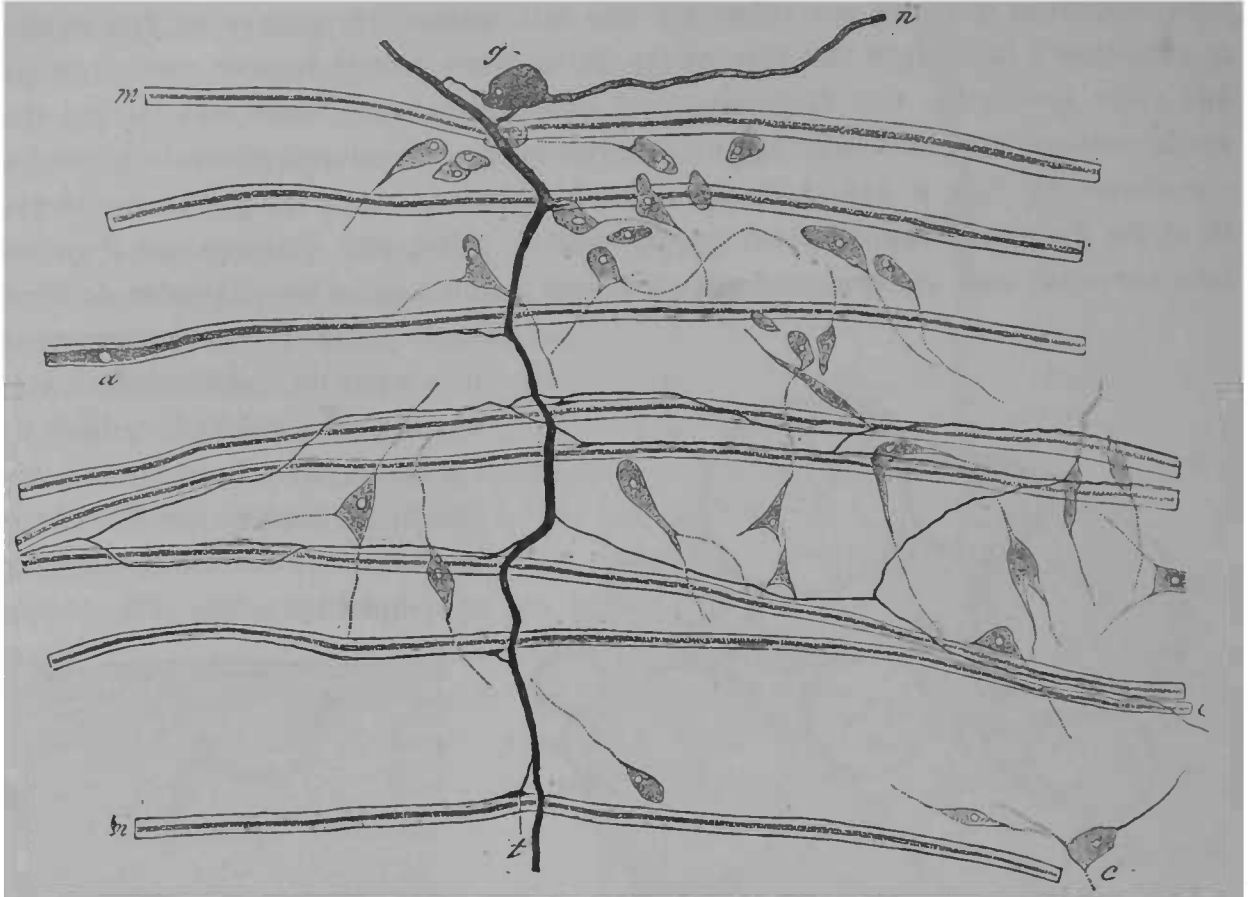


Fig. 361. — Cul-de-sac gastrique de la Sangsue traité par la méthode de l'or. — *m*, cellules musculaires; *a*, noyau de l'une de ces cellules; *n*, nerf; *g*, cellule ganglionnaire; *t*, tache motrice; *c*, cellule connective (d'après Ranvier).

chacune par une tache motrice sur une fibre musculaire correspondante (fig. 362).

La terminaison des nerfs dans les muscles de l'œsophage et dans les muscles du cœur des Vertébrés présente un intérêt particulier parce que ces muscles sont striés et ne sont cependant pas, comme les muscles striés de l'appareil locomoteur, soumis à l'action de la volonté.

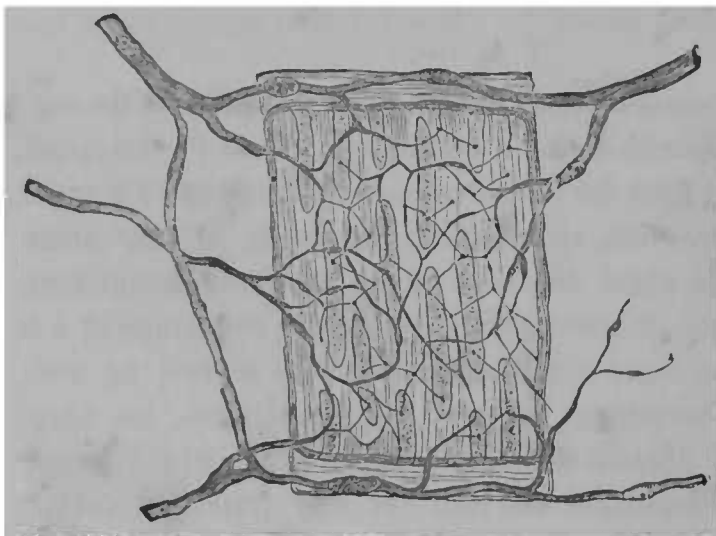


Fig. 302. — Ramification et terminaison nerveuse dans la tunique musculaire d'une petite artère de Grenouille.

Comme les nerfs des muscles lisses, les nerfs des muscles striés non volontaires se résolvent en un plexus immédiatement avant d'atteindre les muscles, de sorte qu'on peut voir là une disposition générale des nerfs moteurs de la vie organique (Ranvier).

Sauf dans les cœurs lymphatiques des Batraciens, les fibres nerveuses, avant de constituer le réseau terminal, sont en rapport soit avec des ganglions, soit avec des cellules ganglionnaires isolées (fig. 363 et 364). Les fibres du réseau terminal traversent dans leur longueur les cellules musculaires du cœur chez la Grenouille; chez la plupart des autres Vertébrés, elles se terminent par des plaques motrices analogues aux *plaques de Rouget*, que nous allons rencontrer dans les muscles striés ordinaires.

Terminaisons des fibres nerveuses dans les muscles volontaires. — Dans les muscles striés soumis à la volonté, les fibres nerveuses présentent trois sortes de terminaison, que l'on peut observer respectivement chez les Arthropodes, chez les Batraciens et chez les Vertébrés allantoidiens.

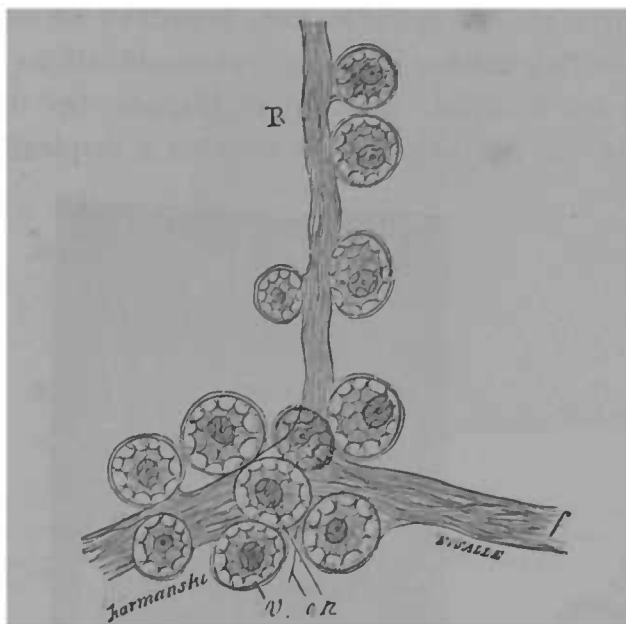


Fig. 363. — Cellules ganglionnaires appendues à des ramifications sans myéline du nerf cardiaque antérieur, R, f, chez la Grenouille verte. Le protoplasma de ces cellules s'est rétracté sous l'influence des réactifs, de manière à laisser au-dessous de leur capsule une série d'espaces v, remplis du liquide additionnel; n, noyau des cellules ganglionnaires (d'après Ranvier).

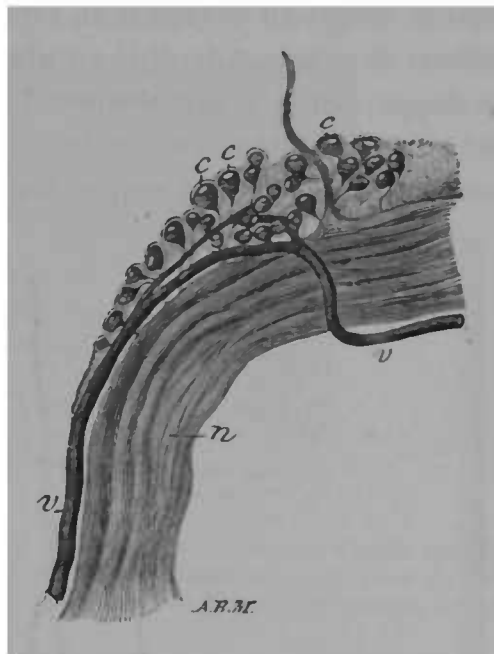


Fig. 364. — Un des nerfs cardiaques ou niveau du sinus veineux du cœur de la Grenouille verte, imprégné par l'or. — n, nerf; v, vaisseau sanguin; c, cellules ganglionnaires (d'après Ranvier).

Chez les Arthropodes, on constate deux modes de terminaison nerveuse, suivant que les faisceaux musculaires sont réduits à une seule colonnette ou qu'ils se composent, comme chez les Vertébrés, d'un grand nombre de colonnettes¹. Dans le premier cas, lorsque la fibre nerveuse arrive sur un faisceau musculaire dans lequel elle doit se terminer, sa gaine de Henle se confond avec le sarcolemme du faisceau, et la fibre elle-même s'élargit en cône par suite de la dissociation des fibres qui la constituent. Ces fibrilles sont enveloppées dans une substance granuleuse où il est très difficile de les suivre; elles atteindraient, suivant Fattinger, les disques minces du faisceau. La masse granuleuse qui les enveloppe, la région où le sarcolemme et la gaine de Henle se confondent, ainsi qu'un certain nombre de noyaux, forment l'*éminence de Doyère*, observée pour la première fois par ce naturaliste chez les Tardigrades.

Dans les muscles à faisceaux complexes, chaque fibre musculaire ne reçoit qu'un nerf qui forme à sa surface un cône de Doyère limité par une paroi nucléée; dans ce cône le cylindre-axe se divise en deux branches principales qui s'appliquent à la surface de la substance musculaire et atteignent chacune une des extrémités de la fibre. De ces branches naissent à angle droit des branches secondaires qui enlacent toute la fibre et émettent à leur tour des ramuscules plusieurs fois ramifiés, dont les dernières ramifications se terminent en pointe libre.

¹ VIALANNES, Recherches sur l'histologie des Insectes et sur les phénomènes qui accompagnent le développement post-embryonnaire de ces animaux. — *Annales des sciences naturelles*, t. XVI, 1^{er} art. n° 1. Août 1882.

Chez les Vertébrés le mode de terminaison n'est pas aussi simple. Le tube nerveux, d'abord indivis, se ramifie dans la presque totalité de son parcours, à la surface du faisceau musculaire, en fournissant une ou plusieurs branches qui naissent toutes au niveau d'un étranglement annulaire. Les segments de ces ramifications deviennent de plus en plus courts, puis le cylindre-axe, dépourvu de toute enveloppe, perce le sarcolemme. Chez les Batraciens, les dernières ramifications du nerf sur la substance musculaire sont des filaments presque rectilignes, les *tiges terminales*, qui finissent en pointes libres (fig. 365). Chez les Vertébrés à respiration

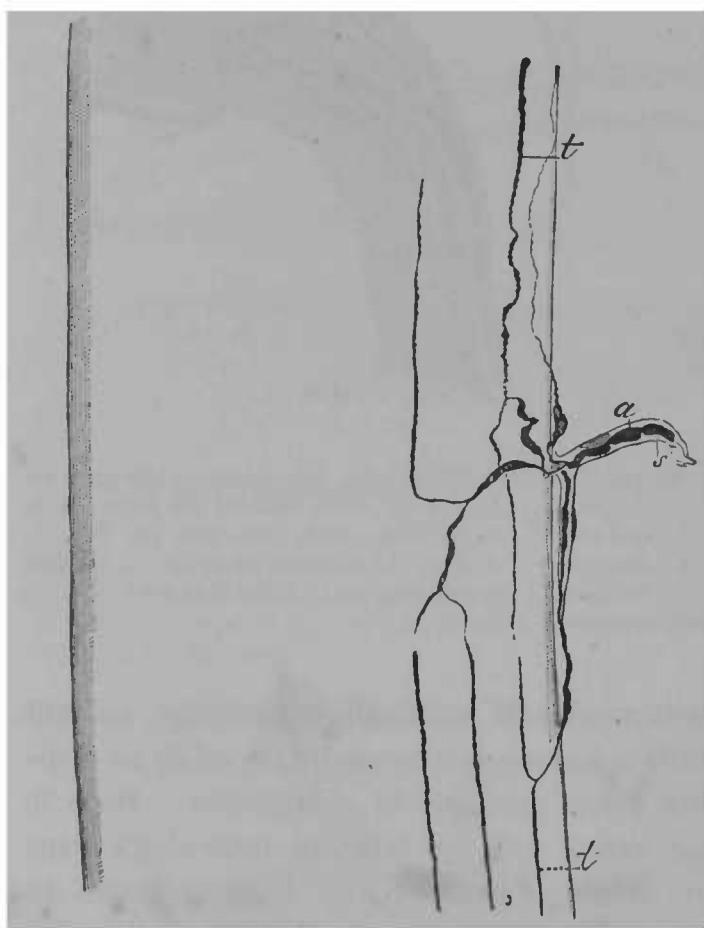


Fig. 365. — Buisson terminal d'un faisceau musculaire du gastrocnémien de la Grenouille verte, traité par le procédé de Lowit. — *a*, branche mère du buisson; *s*, sa gaine de Henle; *t*, tiges terminales (d'après Ranvier).

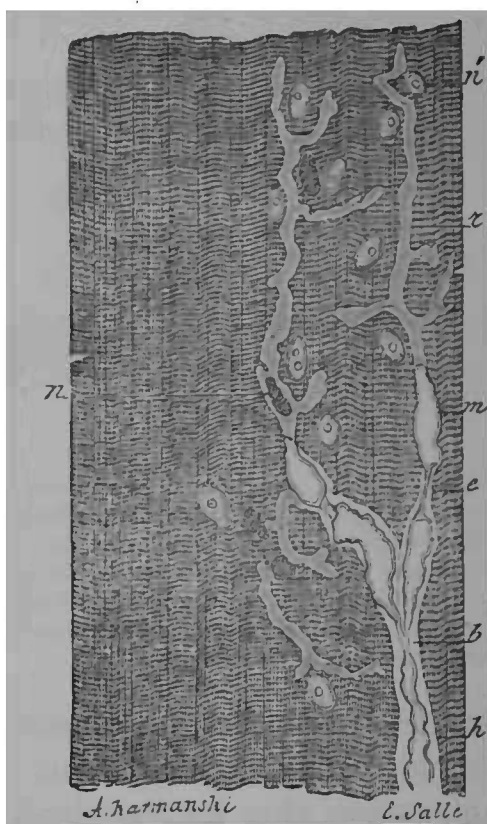


Fig. 366. — Plaque motrice et arborisation terminale des muscles spinaux du Lézard vert, observées après l'action de l'alcool au tiers. — *h*, gaine de Henle du tube nerveux; *b*, bifurcation de ce tube; *e*, étranglement annulaire; *m*, dernier segment interannulaire très court, possédant de la myéline; *r*, ramifications terminales de l'arborisation; *n*, noyau de l'arborisation; *n'*, noyaux fondamentaux (d'après Ranvier).

aérienne, chaque ramification à myéline, externe au sarcolemme, produit en se divisant sous le sarcolemme une *arborisation terminale* dont les rameaux ont un aspect moniliforme plus ou moins régulier (fig. 366). Au domaine de cette arborisation correspond une région granuleuse qui la masque quand on n'a pas fait agir les réactifs appropriés. Des noyaux plus ou moins nombreux appartenant à la gaine conjonctive sont disséminés dans cette région qui constitue la *plaque motrice de Rouget* (fig. 367).

Terminaisons sensibles des nerfs. — Les terminaisons sensibles ne sont guère au fond que de deux sortes, ou bien les extrémités des fibrilles nerveuses sont libres ou bien elles s'unissent à des cellules épithéliales.

Les nerfs du toucher se terminent, chez les Vertébrés, soit dans l'épiderme, soit dans le derme, par des extrémités libres, renflées en bouton ou en disque. Dans les terminaisons épidermiques, les extrémités nerveuses ne conservent que des

rappports de contiguïté avec les cellules voisines. Toutefois dans tous les organes où le sens du toucher est quelque peu délicat, des cellules spéciales dites *cellules de soutè-*

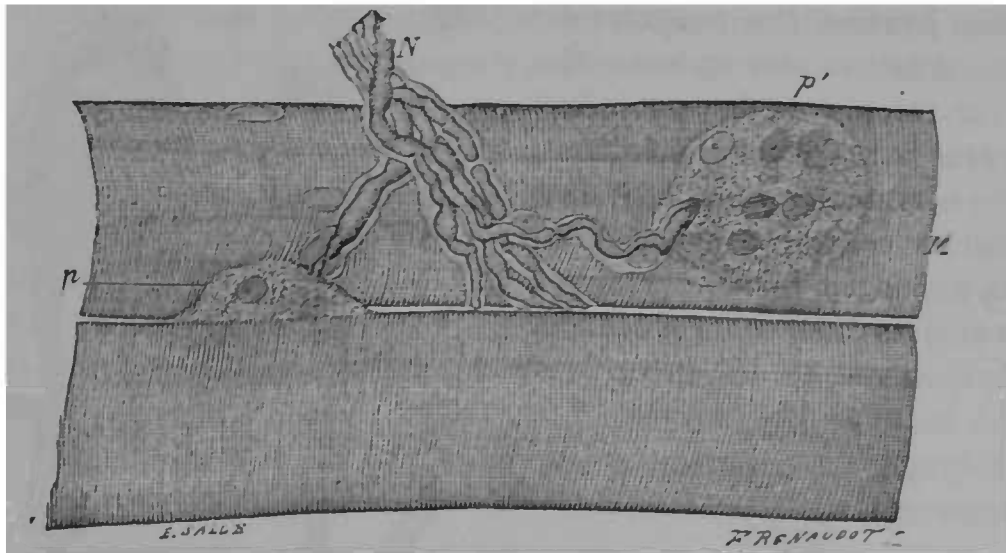


Fig. 367. — Deux faisceaux des muscles intercostaux du Lapin, dissociés après injection d'acide osmique, et colorés au moyen du picrocarminate. Ils montrent deux éminences terminales vues, l'une de face, l'autre de profil. — *n*, nerf; *m*, faisceau musculaire; *p*, plaque motrice vue de profil; *p'* plaque motrice vue de face (d'après Ranvier).

nement, se différencie au voisinage des extrémités nerveuses, d'ordinaire en forme de disque (fig. 368), qui se mettent en contact avec elles, sans qu'il y ait cependant fusion. A cette catégorie de terminaisons nerveuses on peut rattacher les terminai-

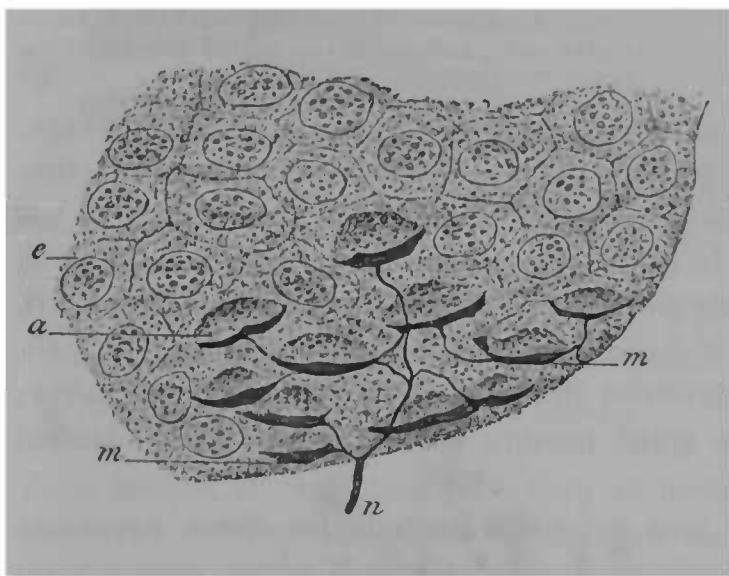


Fig. 368. — Extrémité profonde d'un bouchon épidermique du groin du Cochon, observé sur une coupe faite après l'action du chlorure d'or. — *n*, fibre nerveuse afférente; *m*, ménisques tactiles; *a*, cellules tactiles; *e*, cellules épithéliales (d'après Ranvier).

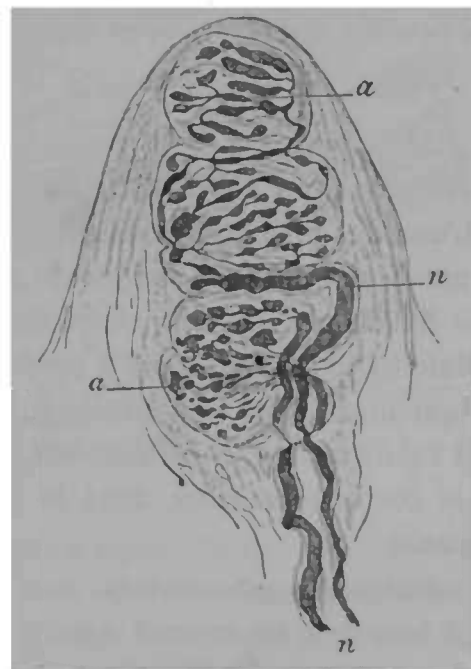


Fig. 369. — Corpuscule du tact de la peau de la face palmaire de l'indicateur de l'Homme adulte, traité par le chlorure d'or. Coupe longitudinale. — *n*, *n*, tubes nerveux afférents; *a*, *a*, bouquets glomérulés (d'après Ranvier).

sons si fréquentes dans les poils des Mammifères. Les terminaisons dermiques se trouvent dans les papilles; elles sont entourées de petites masses de tissu conjonctif, diversement différencié, qui constituent les corpuscules du tact (fig. 369 et 370).

Chez beaucoup d'animaux inférieurs les extrémités libres et pointues des nerfs de l'appareil sensitif sont fournies par un réseau ganglionnaire sous-épithélial très développé.

Les fibres nerveuses des organes du goût, de l'odorat, de l'ouïe et de la vue se terminent en général dans des cellules épithéliales surmontées par des bâtonnets, et auxquelles peuvent être annexées des cellules accessoires plus ou moins modifiées (fig. 191, p. 125). Souvent même comme dans la rétine des Mammifères, les fibres nerveuses se terminent dans de véritables cellules ganglionnaires, dont les prolongements sont seuls en rapport avec les cellules de l'épithélium sensitif. Il en résulte des dispositions

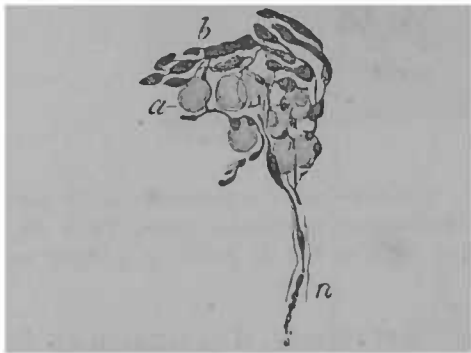


Fig. 370. — Corpuscule du tact d'un enfant de 50 jours, traité par le chlorure d'or. — *n*, nerf afférent; *b*, bouquet nerveux terminal, entre les branches duquel s'insinuent les cellules, *a*, du nodule sous-jacent (d'après Ranvier).

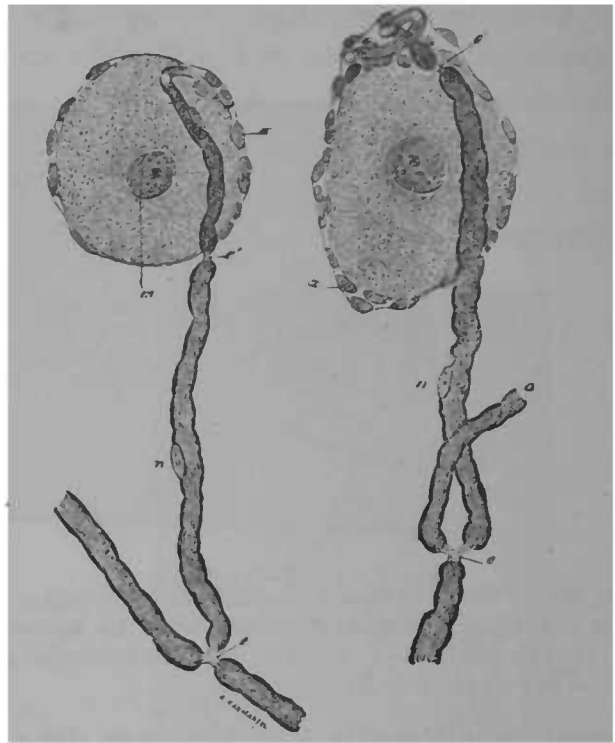


Fig. 371. — Deux cellules nerveuses des ganglions spinaux du Lapin, isolées par dissociation après injection interstitielle d'une solution d'acide osmique à 2 p.100; coloration par le picrocarminate; conservation dans la glycérine. — *e*, étranglement du tube en T; *n*, noyau du premier segment de la branche cellulaire du T; *e'* premier étranglement de la branche cellulaire; *m*, noyau ganglionnaire; *x*, noyau de l'épithélium sous-capsulaire (d'après Ranvier).

variées dont la description sera donnée dans la partie spéciale de cet ouvrage.

L'une des plus curieuses est celle que Vialannes a signalée dans les poils tactiles si nombreux chez les Insectes. La fibre nerveuse qui se rend au poil se termine par une cellule nerveuse bipolaire dont le prolongement périphérique pénètre dans la cellule hypodermique qui a produit le poil et se fusionne avec son cytosarque. On a également décrit ce prolongement comme pénétrant directement dans le poil.

Il existe aussi des terminaisons nerveuses libres dans les cellules glandulaires; mais ces terminaisons, dans le plus grand nombre des cas, sont incomplètement connues.

Cellules ganglionnaires. — Par leur extrémité centrale les fibres nerveuses sont toujours en rapport avec des cellules ganglionnaires. Il arrive encore assez souvent chez les Artiozoaires qu'un certain nombre de ces cellules sont isolément distribuées sur le trajet des nerfs. En dehors des Trématodes, des Cestoides et des Nématodes, chez les Némertiens, les Oscabrions, les Gastéropodes diotocardes, les cordons nerveux en rapport immédiat avec les centres cérébroïdes sont riches en cellules ganglionnaires. Mais de nombreuses cellules accompagnent aussi les fibres terminales des nerfs du tube digestif chez la Sangsue, ou les fibres du pneumogastrique chez la Grenouille. Habituellement, chez les Vertébrés, les cellules nerveuses sont cependant réunies par groupes qui constituent, comme nous l'avons dit page 131, les ganglions et les centres nerveux.

Les cellules nerveuses des Artiozoaires sont ordinairement d'assez grand volume;

toutefois leurs dimensions, à l'intérieur d'un même ganglion, peuvent être très variables; elles contiennent un ou deux noyaux (cellules des ganglions sympathiques de divers Mammifères), dont les dimensions varient proportionnellement à celles de la cellule elle-même. Les noyaux sont toujours d'ailleurs relativement grands; ils possèdent un ou deux nucléoles. Le cytosarque des cellules ganglionnaires est toujours fortement granuleux, présente un réseau hyaloplasmique très distinct, et l'action de l'acide chromique fait souvent apparaître dans sa substance de fines stries qui semblent indiquer, au moins à sa surface, une disposition par couches concentriques.

Les cellules nerveuses émettent toujours des prolongements filamenteux périphériques, dont le nombre variable les a fait désigner sous les noms de *cellules unipolaires*, *bipolaires* ou *multipolaires*, suivant qu'il existe un, deux ou plusieurs prolongements. Comme exemples de cellules unipolaires on peut citer celles des ganglions des racines sensibles des nerfs rachidiens chez les Mammifères (fig. 371). L'unique prolongement de ces cellules vient se fixer sur une fibre nerveuse, issue

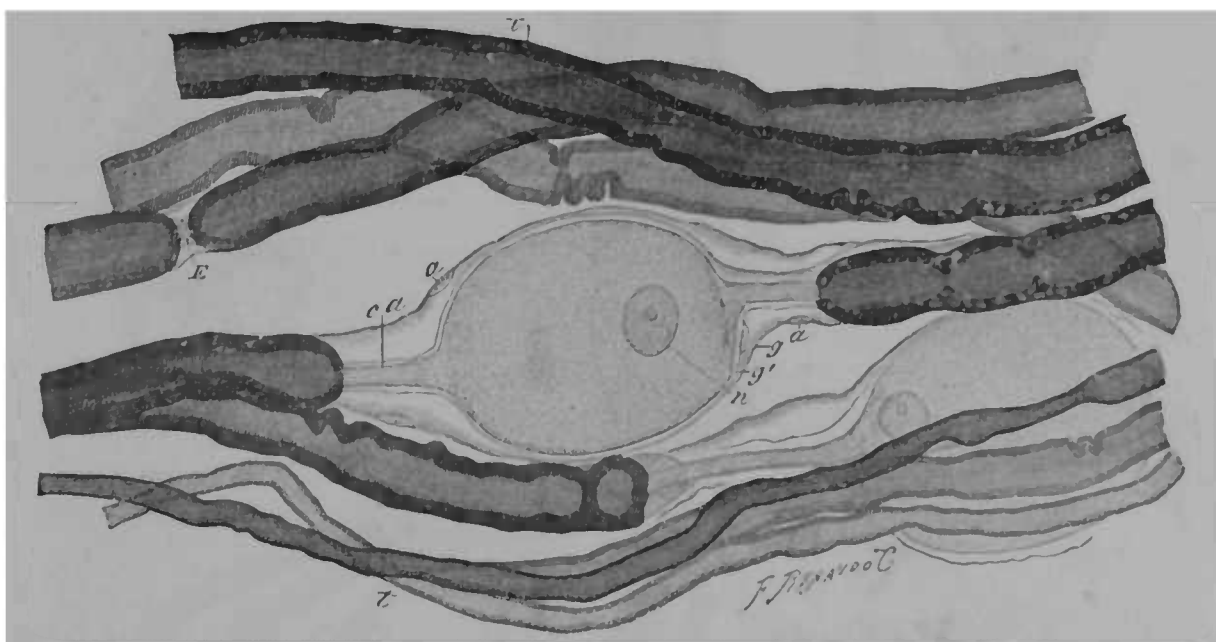


Fig. 372. — Ganglion spinal de la Raie (*Raja Batis*) dissocié dans le sérum iodé après avoir été fixé au moyen d'une injection interstitielle d'acide osmique à 2 pour 100. — *t*, tube nerveux; *E*, étranglement annulaire; *ca*, cylindre-axe dégagé de la gaine de myéline et s'épanouissant pour former la cellule ganglionnaire; *n*, noyau de cette cellule; *g*, gaine secondaire; *g*, gaine de Schwann épanouie sur la cellule; *a*, noyau de la gaine secondaire (d'après Ranvier).

de la moelle, et s'attache à cette fibre au niveau d'un étranglement annulaire. Les ganglions des racines sensibles des nerfs rachidiens des Poissons plagiostomes contiennent, au contraire, des cellules bipolaires dont les deux prolongements exactement opposés partent des deux pôles du grand axe de la cellule (fig. 372). Mais il n'en est pas ainsi de toutes les cellules bipolaires: celles qui accompagnent les ramifications du pneumo-gastrique de la Grenouille présentent une disposition toute différente; leurs deux prolongements sont de diamètre inégal, naissent au voisinage l'un de l'autre, et le plus petit s'enroule en hélice serrée autour du plus grand, avant de devenir tout à fait indépendant (fig. 373).

Quelquefois les prolongements nombreux de cellules multipolaires se groupent en deux faisceaux opposés, de manière à simuler une cellule bipolaire. Cette disposition est fréquente dans les cellules à deux noyaux des ganglions sympathiques du Lapin (fig. 374). Mais le plus souvent les prolongements sont répartis sur

toute la surface des cellules. Les prolongements des cellules des ganglions sympathiques sont tous semblables entre eux; ils se continuent avec des fibres de Remak

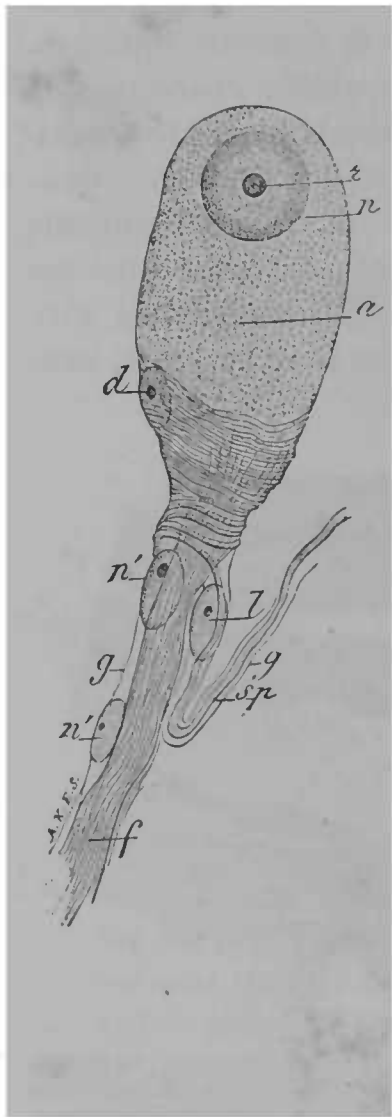


Fig. 373. — Cellule ganglionnaire du pneumogastrique de la Grenouille (acide osmique, picocarminate, glycérine). — *a*, globe ganglionnaire; *n*, noyau; *r*, nucléole; *d*, noyau de la capsule; *f*, fibre droite; *g*, sa gaine; *n'* noyau de sa gaine; *sp*, fibre spirale; *g'* sa gaine; *l*, noyau de cette gaine (d'après Ranvier).

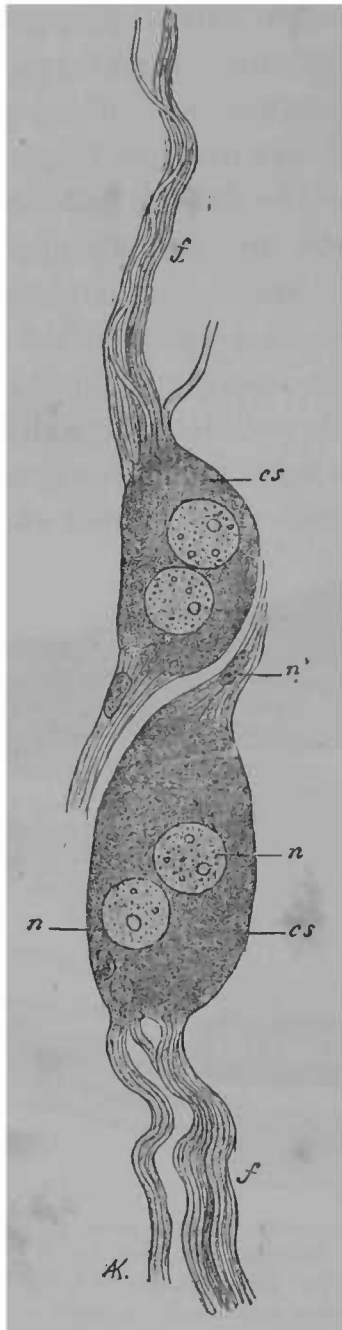


Fig. 374. — Deux cellules ganglionnaires du sympathique du Lapin, prises immédiatement au-dessous du ganglion cervical supérieur. Après un séjour de 3 heures dans une solution d'acide osmique à 1 pour 100, le sympathique a été dissocié, et les cellules dégagées par la dissociation ont été colorées par le picocarminate; la préparation a été conservée dans la glycérine. — *ff*, fibres nerveuses sans myéline ou fibres de Remak; *cs*, cellule ganglionnaire; *n*, noyau ganglionnaire; *n'*, noyau des fibres de Remak (d'après Ranvier).

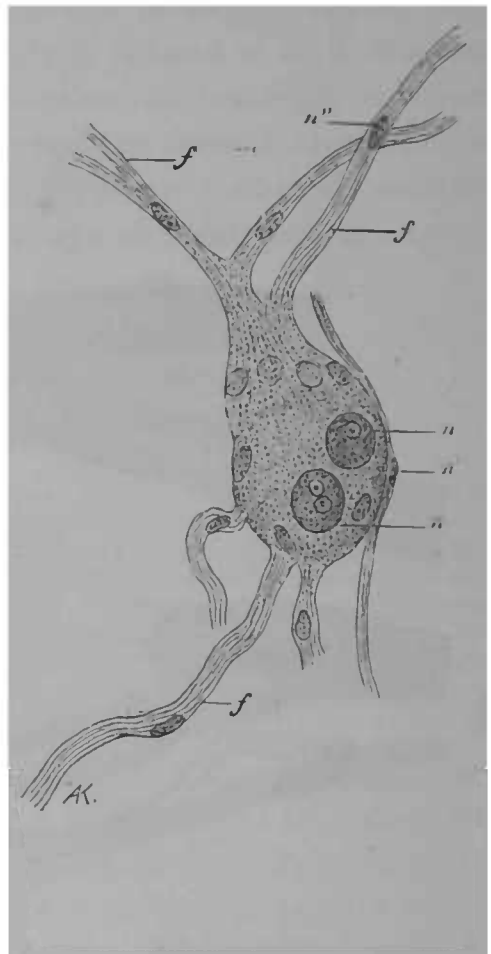


Fig. 375. — Cellule ganglionnaire et fibres nerveuses qui sont en rapport avec elle dans le ganglion cervical supérieur du Lapin. Le ganglion a séjourné 24 heures dans le liquide de Müller, transporté de là dans l'alcool, où il est resté 24 heures; on a fait ensuite dans le ganglion des coupes parallèles à son axe; les coupes ont été colorées par le picocarminate et traitées par un mélange de glycérine, d'acide formique et d'acide picrique. La dissociation a été obtenue par des pressions répétées, faites sur la lamelle de verre avec l'aiguille; *ff*, fibres de Remak; *n'* *n''*, noyaux de ces fibres; *n*, *n*, noyaux ganglionnaires (d'après Ranvier).

qui se ramifient et s'anastomosent de diverses façons avant de pénétrer dans les nerfs (fig. 375). Parmi les prolongements des cellules de la moelle épinière et du

cerveau des Vertébrés, il y en a toujours un, au contraire, qui ne se ramifie pas. Le prolongement non ramifié est désigné sous le nom de *prolongement de Deiters* (fig. 376); il se continue avec le cylindre-axe d'une fibre nerveuse à myéline.

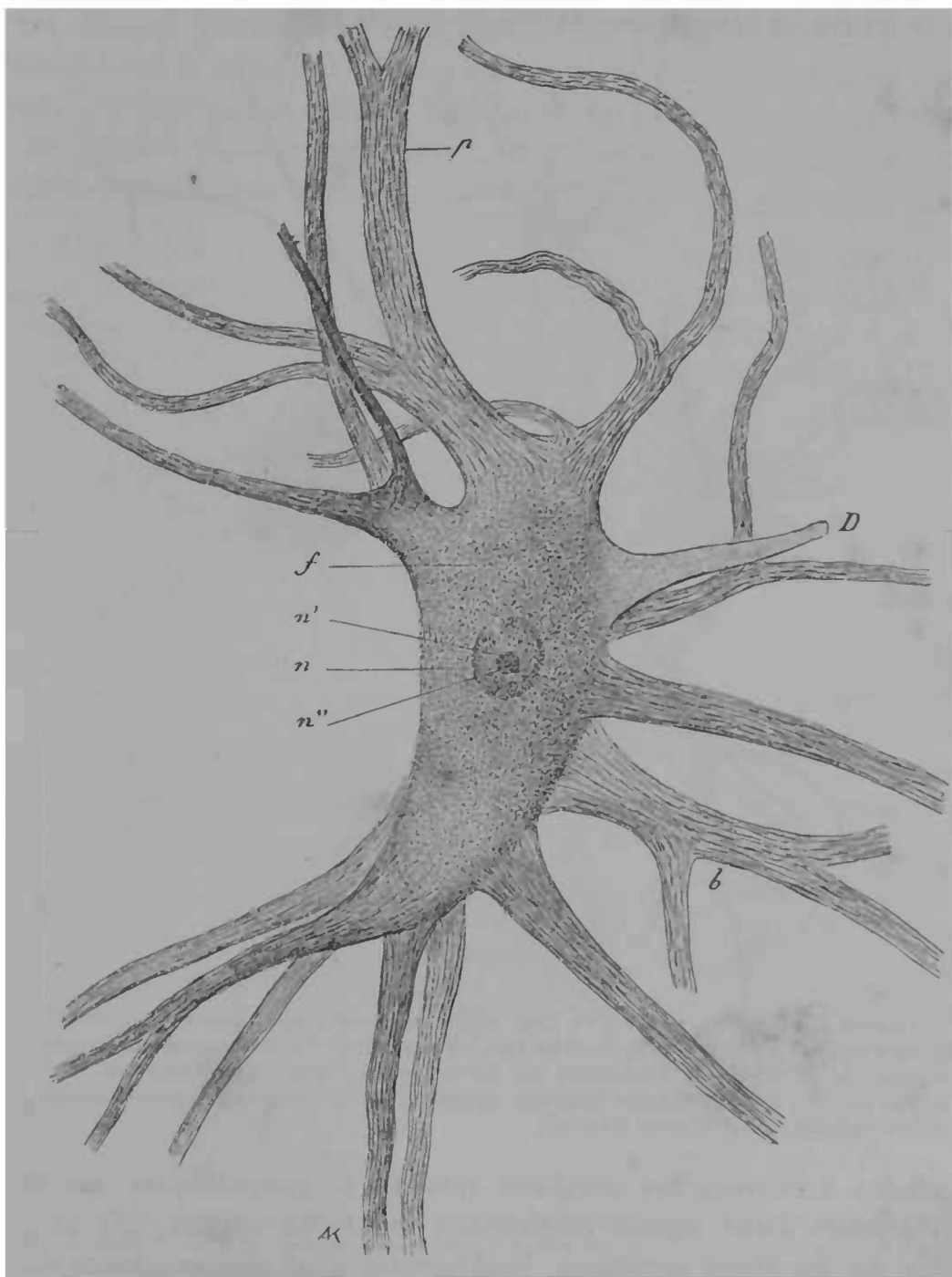


Fig. 376. — Une cellule nerveuse des cornes antérieures de la moelle épinière du Bœuf, isolée par agitation dans l'eau après l'action de l'alcool au tiers, colorée par le picocarminate et fixée par l'acide osmique. — D, prolongement de Deiters, rompu au point rétréci; p, prolongement protoplasmique; b, bifurcation d'un prolongement protoplasmique; f, substance fibrillaire de la cellule; n, noyau ganglionnaire; n', nucléole de ce noyau; n'', son nucléolule (d'après Ranvier).

Les autres prolongements sont les *prolongements protoplasmiques*. Ils paraissent mettre les cellules nerveuses en rapport les unes avec les autres. On rencontre fréquemment dans la substance corticale du cerveau des Vertébrés des cellules de forme conique; un grand nombre de prolongements protoplasmiques et le prolongement de Deiters partent de la base du cône; un prolongement protoplasmique unique part du sommet (fig. 377). On n'a jusqu'ici découvert aucun caractère permettant de distinguer nettement les cellules en rapport avec des fibres

motrices, des cellules qui sont en rapport avec les fibres sensibles. Entre ces deux ordres de fibres, il n'existe d'ailleurs aucune différence de structure; les fibres nerveuses sont de simples conducteurs dont la fonction dépend des éléments avec lesquels se trouve en rapport leur extrémité périphérique.



Fig. 377. — Couche corticale du cerveau du Chat adulte, dissocié après l'action de l'alcool au tiers. — *a, b, c, d*, trois cellules de la névroglie dont on voit les noyaux *n'*, les prolongements fibrillaires plus ou moins dégagés de la substance granuleuse qui les encombre; entre ces éléments se voit une grande cellule pyramidale de l'écorce cérébrale avec son noyau *n*, des prolongements protoplasmiques *p* et son prolongement cylindraxile *D* (d'après Ranvier).

Les cellules nerveuses des ganglions spinaux et sympathiques des Vertébrés sont enveloppées d'une *capsule* conjonctive, munie de noyaux, qui se prolonge d'ordinaire sur les fibres nerveuses, leur formant ainsi une enveloppe secondaire plus ou moins distincte. Les cellules de l'axe cérébro-spinal sont dépourvues de toute capsule; mais elles sont en revanche plongées dans une abondante substance conjonctive, la *névroglie* (fig. 377, *a, b, c, d*, et fig. 378), formée de longues fibrilles entre-croisées et cimentées, en quelque sorte, à leurs points d'entre-croisement, par des éléments nucléés qui se prolongent sur elles plus ou moins loin. La névroglie forme à la surface des centres nerveux une couche superficielle dans laquelle vient se perdre la membrane de Schwann des fibres nerveuses, au moment où elles pénètrent dans la moelle. La couche protoplasmique sous-jacente, la couche de myéline et la gaine de Mauthner persistent encore quelque temps, mais le cylindre-axe arrive seul jusqu'aux cellules ganglionnaires.

Il paraît clairement résulter de toutes les données de la physiologie que les fonc-

tions des cellules nerveuses sont différentes d'une cellule à l'autre. Les cellules multipolaires du cerveau et de la moelle épinière sont les unes des centres de réception des excitations périphériques, les autres les centres d'émission des courants qui doivent déterminer la contraction des fibres musculaires. Entre elles s'échelonne toute la série des cellules élaboratrices, dont les fonctions sont essentiellement psychiques. Les cellules unipolaires des ganglions spinaux des Mammifères, les cellules bipolaires annexées au pneumo-gastrique des Batraciens qui n'ont aucun rapport avec les centres nerveux, ne peuvent guère être interprétées

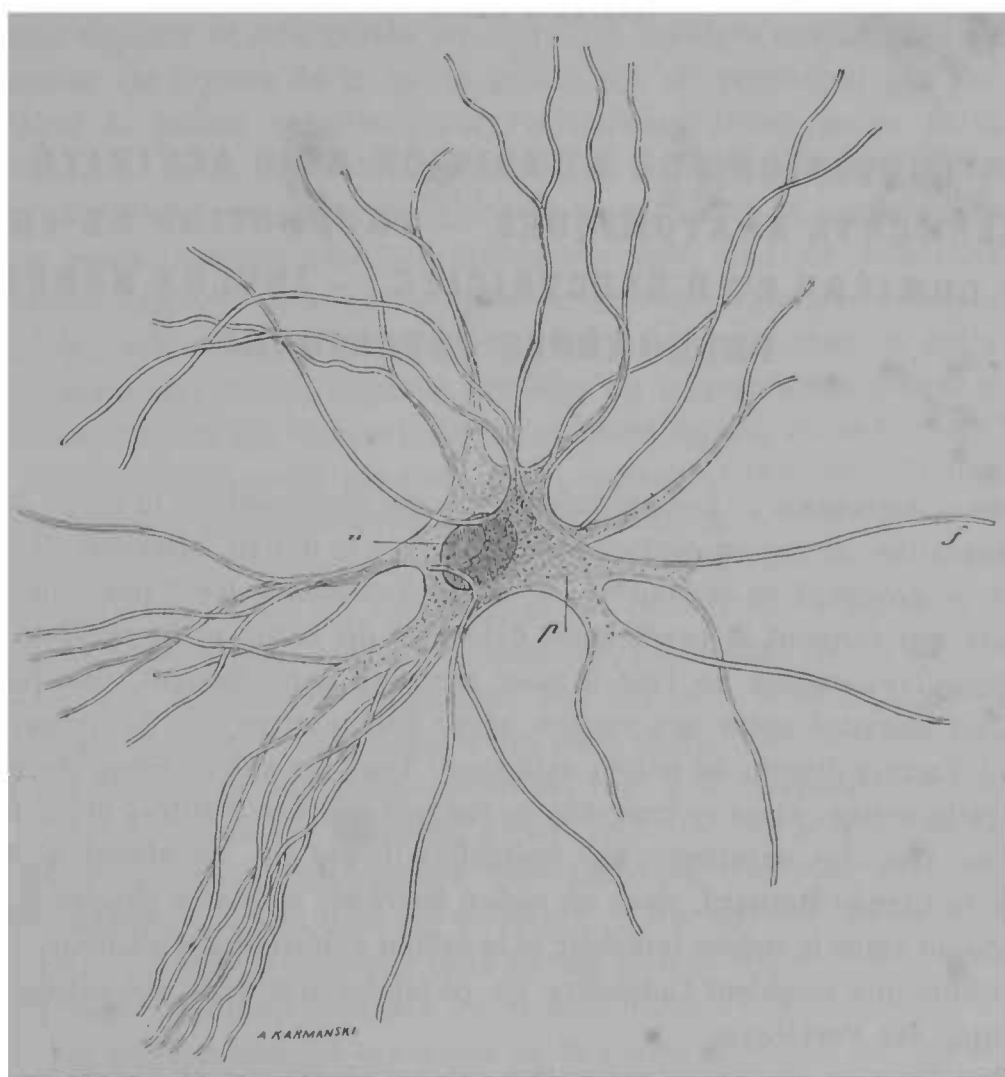


Fig. 378. — Cellule de la névroglie des cordons latéraux de la moelle épinière du Bœuf, isolée après l'action du liquide de Müller. — *p*, cytosarque de la cellule; *n*, son noyau; *f*, fibres de la névroglie qui semblent partir de la cellule (d'après Ranvier).

que comme des cellules dérivatrices, destinées à modérer les excitations ou même à les arrêter tout à fait, et l'on pourrait également interpréter ainsi les cellules ganglionnaires annexées aux terminaisons nerveuses dans un certain nombre d'organes des sens (Ranvier). On ne connaît encore aucun caractère histologique certain qui corresponde à cette diversité des fonctions des cellules nerveuses.

De l'activité propre des divers éléments anatomiques que nous venons de passer en revue, résulte l'activité vitale de l'organisme dont ils font partie. En dehors des phénomènes ontologiques, cette activité se traduit par des phénomènes chimiques, physiques et psychiques dont nous devons chercher maintenant à préciser les rapports.

CHAPITRE VI

CONDITIONS DE NUTRITION ET D'ACTIVITÉ DES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES. — PRODUCTION DE CHALEUR DE LUMIÈRE ET D'ÉLECTRICITÉ. — INFLUX NERVEUX PHÉNOMÈNES PSYCHIQUES

Le milieu intérieur. — Les plastides isolés qui représentent le corps tout entier des Protozoaires, vivent en contact immédiat avec le milieu extérieur. Dès que les plastides se groupent en organisme, ce mode d'existence n'est plus conservé que pour ceux qui forment le revêtement extérieur du corps et le revêtement de la cavité digestive; encore ne l'est-il pour eux que partiellement, puisque chaque plastide est encastré entre ses voisins, et ne présente qu'une petite partie de sa surface à l'action directe du milieu extérieur. Tous les autres éléments sont soustraits à cette action, et ne se trouvent en rapport qu'avec d'autres éléments anatomiques ou avec des substances sur lesquelles ils ont agi. Ils vivent, suivant l'expression de Claude Bernard, dans un *milieu intérieur*, spécial à chaque être vivant. La séparation entre le milieu intérieur et le milieu extérieur est d'ailleurs loin d'être aussi absolue que semblent l'admettre les physiologistes plus spécialement versés dans l'étude des Vertébrés.

Chez les Éponges, le corps tout entier est percé de canaux incessamment parcourus par un courant d'eau, déterminé par l'action des cils des corbeilles vibratiles; ce courant apporte avec lui les matières alimentaires et l'oxygène nécessaire aux éléments anatomiques; il entraîne à l'extérieur tous les produits excrétés. Le milieu extérieur pénètre donc de toutes parts dans l'Eponge; les éléments entodermiques puisent directement dans ce milieu leurs aliments. Les éléments mésodermiques sont les seuls intermédiaires entre eux et les éléments exodermiques. Il en est presque de même chez les Polypes; mais il se fait ici, au point de vue digestif, une différenciation dans le système des canaux qui parcourent le corps ramifié de ces animaux. Chaque rameau pourvu d'une bouche, chaque gastroméride, peut être considéré comme un estomac qui digère les proies capturées; le produit de la digestion est ensuite charrié dans les différentes parties de l'organisme par les canaux qui mettent en communication toutes les cavités digestives les unes avec les autres. L'eau extérieure entre d'ailleurs librement par la bouche

de chaque polype dans le système des canaux; elle est mise en mouvement par les cils dont ces derniers sont revêtus, elle parcourt le corps tout entier, et sert de véhicule aux substances digérées et à l'oxygène, comme chez les Eponges. Seulement les éléments entodermiques ne semblent plus digérer chacun pour son compte; ils s'alimentent à l'aide des substances qui ont été rendues solubles dans la cavité de chaque polype. et leur sont portées à l'état de dissolution.

Un pas nouveau est fait chez les Echinodermes. Là une vaste cavité générale sépare les parois de la cavité digestive de celles du corps; elle contient un liquide dans lequel flottent de nombreux éléments vivants, et par l'intermédiaire duquel arrivent aux organes et aux parois du corps les matières assimilables préalablement dissoutes. Ce liquide de la cavité générale n'est cependant pas pur de tout mélange avec le milieu extérieur. Par l'intermédiaire des pores de la plaque madréporique, la cavité générale aussi bien que celle de l'appareil ambulacraire sont mises en communication avec le dehors chez un certain nombre d'Etoiles de mer *tout au moins* (*Asterias spirabilis*, *Cribrella oculata*, etc.); de nombreux entonnoirs vibratiles assurent cette communication chez les Crinoïdes et, s'il n'est pas certain qu'elle existe chez les Oursins, on trouve au moins chez ces animaux des dispositions grâce auxquelles l'eau est conduite au travers de la plaque madréporique jusqu'au contact des éléments du corps plastidogène, où se forment les corpuscules flottants de la cavité générale. C'est seulement chez les Holothuries que la séparation entre la cavité générale et le milieu extérieur arrive à être complète. On peut donc dire que cette séparation est exceptionnelle chez les Phytozoaires.

On a longtemps admis qu'il y avait également chez divers Artiozoaires des communications entre l'extérieur et la cavité générale, permettant l'accès direct de l'eau dans celle-ci. Les Mollusques notamment ont fourni la matière de nombreuses discussions sur ce sujet; il est aujourd'hui bien établi que l'aptitude à expulser une partie du liquide de leur cavité générale, sauf à la remplacer ensuite par de l'eau, qu'on avait attribuée à beaucoup d'entre eux, n'existe pas, et que l'eau n'arrive jusqu'aux éléments anatomiques que par voie d'endosmose, après s'être chargée de matières solubles dans les éléments qu'elle traverse. La cavité générale est donc fermée au milieu extérieur chez la très grande majorité des Artiozoaires, et il y a là une opposition évidente entre leur mode d'organisation et celui que présentent les Phytozoaires. L'occlusion de la cavité générale est complète chez les Arthropodes. Dans la longue série des Néphridiés, les néphridies établissent souvent une communication entre la cavité générale et l'extérieur, mais cette communication sert à l'expulsion de produits de sécrétion, de sorte que les dispositions organiques qu'elle détermine, paraissent, jusqu'à plus ample informé, inverses de celles qu'on observe chez les Echinodermes. Il y a donc bien réellement chez tous les Artiozoaires un milieu intérieur, dans lequel le plus grand nombre des éléments anatomiques accomplissent tous les actes de leur existence.

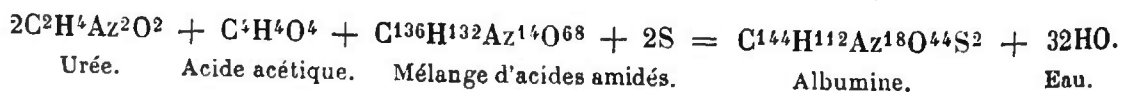
Quelque varié que puisse, au premier abord, paraître ce milieu, il se réduit, en définitive, à une solution dans l'eau de substances albuminoïdes, de substances amyloïdes et de substances minérales, auxquelles s'ajoutent des substances grasses saponifiées ou émulsionnées, ainsi que des produits de désassimilation excrétés par les éléments anatomiques. Entre ces deux sortes de produits viennent s'échelonner ceux qui entrent immédiatement dans la constitution même des éléments anatomo-

miques, ainsi que ceux qui sont mis en réserve pour servir ultérieurement à la nutrition et faire, après avoir subi de plus ou moins importantes modifications, partie intégrante du cytosarque des éléments anatomiques. Ce dernier est lui-même essentiellement constitué par des substances albuminoïdes (Voir p. 2). C'est donc de ces substances que dérivent tous les produits de désassimilation de l'organisme.

Produits dérivés des substances albuminoïdes. — Si l'on ignore comment les diverses substances assimilables peuvent se transformer en substance vivante, ou même simplement en substances albuminoïdes, on peut, tout au moins, en soumettant ces dernières à des actions à la vérité fort différentes de celles qui peuvent s'exercer sur elles dans les êtres vivants, les transformer expérimentalement en produits analogues à ceux qui existent dans l'organisme, et se faire une idée de la manière dont ces produits en dérivent. Les recherches de M. Schützenberger ont ouvert, à cet égard, une voie féconde.

Chauffées dans un tube scellé à la lampe jusqu'à une température de 150 à 200°, l'albumine, la fibrine et la caséine coagulées se transforment en un certain nombre de substances solubles parmi lesquelles la *tyrosine* : $C^{18}H^{11}AzO^6$, et la *leucine* : $C^{12}H^{13}AzO^4$. L'action de l'acide sulfurique faible, à la température de l'ébullition, détermine la formation de nombreux produits parmi lesquels la tyrosine, la leucine et la *glycine* ou *glycocolle* : $C^4H^5AzO^4$. Sous cette même action l'albumine se dédouble en *hémialbumine* : $C^{24}H^{20}Az^3O^{10}$ et en *hémiprotéine* insoluble, mais que l'ébullition transforme elle-même en *hémiprotéidine* soluble : $C^{24}H^{12}Az^3O^{12}$. Ce corps paraît être de l'hémialbumine oxydée et hydratée, de sorte que l'hémialbumine peut être considérée comme le corps fondamental. D'ailleurs, dans le liquide qui a opéré le dédoublement de l'albumine on trouve encore un acide qui a pour formule $C^{24}H^{20}Az^3O^{15}$, de la *sarcine* ou *hypoxanthine* : $C^{10}H^8Az^4O^6$, et un sucre, probablement du glucose (Schützenberger). Lorsque l'ébullition se prolonge, apparaissent enfin l'*acide aspartique* : $C^8H^7AzO^8$, et l'*acide glutamique* : $C^{10}H^9AzO^8$, dérivés amidés des *acides malique* : $C^8H^6O^{10}$, et *glutannique* : $C^{10}H^8O^{10}$.

Sous l'action de la potasse concentrée et de l'ébullition, les matières albuminoïdes dégagent de l'ammoniaque, et il se produit de la leucine. Chauffées en vase clos avec de la baryte jusque vers 200°, elles donnent de même de l'ammoniaque; mais en outre elles cèdent à la baryte les éléments de l'*acide carbonique* et de l'*acide oxalique*, dérivés, à leur tour, de l'*urée* : $C^2H^4Az^2O^2$ et de l'*oxamide* : $C^4H^4Az^2O^2$; dans ces conditions elles produisent aussi de l'*acide acétique* : $C^4H^4O^4$, des acides amidés ayant pour formule $C^{2n}H^{2n+1}AzO^4$, parmi lesquels la leucine, des acides de la série aspartique $C^{2n}H^{2n-1}AzO^8$, notamment l'*acide aspartique* : $C^8H^4(AzH^3)O^8$, amine acide de l'*acide malique*, et l'*acide glutamique* : $C^{10}H^6(AzH^3)O^8$; de la *tyrosine*, des *leucéines*, anhydrides des *acides hydroprotéiques*, acides dont la formule est $C^{2n}H^{2n}Az^2O^{10}$, n variant de 8 à 10; deux *glycoprotéines* qui produisent en se dédoublant, après absorptions d'eau, des *acides protéiques*, de formule $C^{2n}H^{2n-3}Az^2O^{10}$; de la *tyroleucine* : $C^{14}H^{11}AzO^4$, enfin des corps analogues à la dextrine. Il semble résulter de là qu'on peut considérer l'albumine comme une combinaison de deux équivalents d'urée, avec de l'acide acétique, un mélange d'acides amidés des séries acétique et aspartique et du soufre, suivant la formule :



Mais cette équation n'exprime ses réactions multiples que d'une manière approchée et, pour obtenir une représentation à peu près exacte des phénomènes, M. Schützenberger propose pour l'albumine la formule $C^{480}H^{392}Az^{65}O^{150}S^6$.

Sous l'influence d'oxydants énergiques les produits changent encore et l'on obtient :

1° La série des acides gras :

Acide formique.....	$C^2H^2O^4$
— acétique.....	$C^4H^4O^4$
— propionique.....	$C^6H^6O^4$
— butyrique.....	$C^8H^8O^4$
— valérique.....	$C^{10}H^{10}O^4$
— caproïque.....	$C^{12}H^{12}O^4$
— caprylique.....	$C^{16}H^{16}O^4$
— caprinique.....	$C^{20}H^{20}O^4$

2° Les aldéhydes correspondants :

Aldéhyde acétique.....	$C^4H^4O^2$
— propionique.....	$C^6H^6O^2$
— butyrique.....	$C^8H^8O^2$

3° L'acide benzoïque $C^{14}H^6O^4$ et l'aldéhyde benzoïque ou essence d'amandes amères $C^{14}H^6O^2$.

La plupart des corps si nombreux que nous venons d'énumérer se retrouvent dans l'organisme. On est, en conséquence, autorisé dans une certaine mesure à les considérer comme résultant d'une décomposition ou d'une oxydation de substances albuminoïdes; on peut même, en étudiant leur distribution dans les êtres vivants, arriver à reconnaître aux dépens de quelle catégorie de tissus ils prennent naissance.

La *leucine* (fig. 379) et la *tyrosine* (fig. 380) sont les produits d'altération les plus

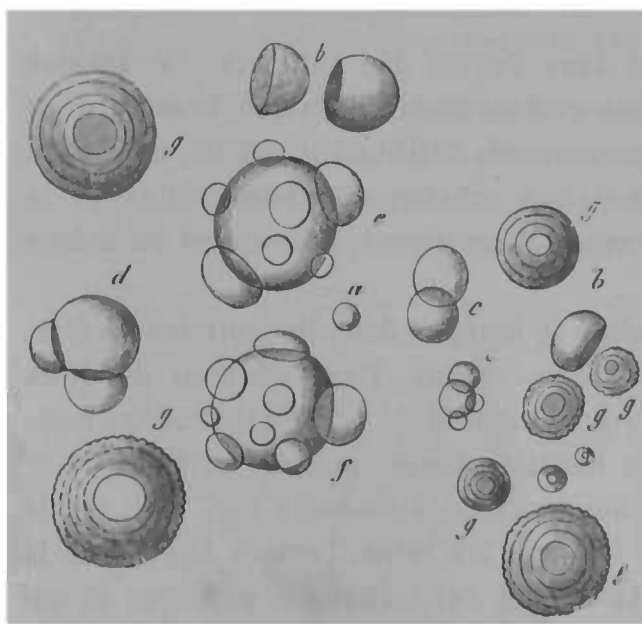


Fig. 379. — Masses cristallines sphériques de leucine. — *a*, petits sphères; *b b*, demi-sphères; *c c*, petites sphères agglomérées; *d*, sphère plus grande recouverte par deux demi-sphères tapissées de segments de sphères; *g g g g*, sphères de leucine à couches concentriques et à surface unie ou bosselée (d'après Frey).

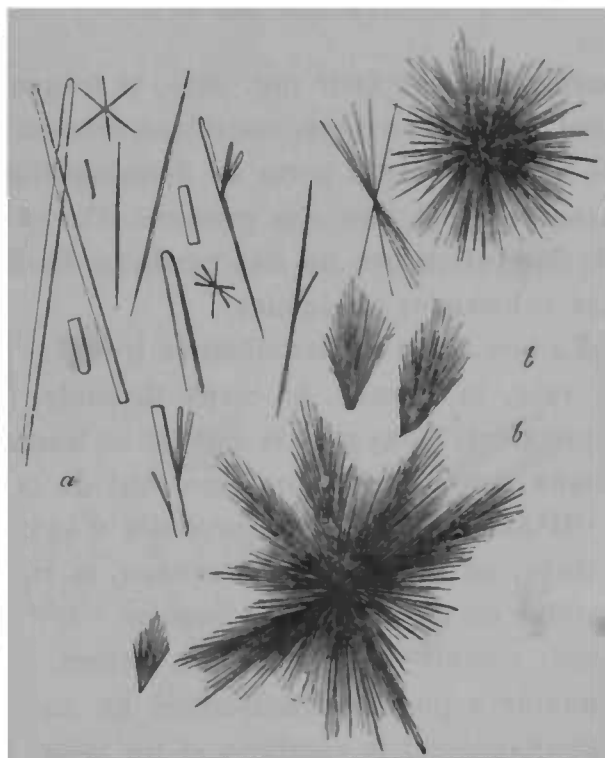
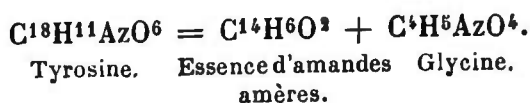


Fig. 380. — Tyrosine cristallisée en aiguilles. — *a*, aiguilles séparées; *b*, aiguilles groupées ensemble (d'après Frey).

répandus du tissu des glandes, ainsi que des substances collagène et élastique; la leucine peut être considérée comme une amine de l'acide caproïque $C^{12}H^{10}(AzH^3)O^4$;

la tyrosine se rattache de même à un acide de la série benzoïque, et sa formule peut s'écrire $C^{18}H^9(AzH^3)O^6$; elle contient exactement les éléments de la glycine et de l'essence d'amandes amères :



La *glycine* (fig. 381) est à l'acide acétique ce que la leucine est à l'acide caproïque et sa formule chimique peut s'écrire $C^4H^2(AzH^3)O^4$. Il suffit, d'autre part, d'oxyder la tyrosine en lui enlevant deux équivalents d'hydrogène pour obtenir l'acide hip-

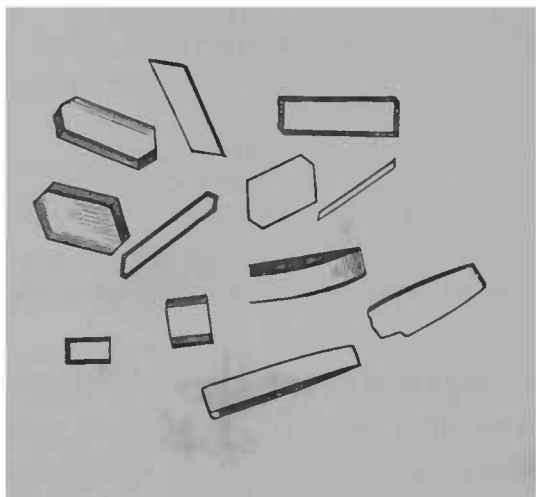


Fig. 381. — Différentes formes cristallines de glycine (d'après Frey).

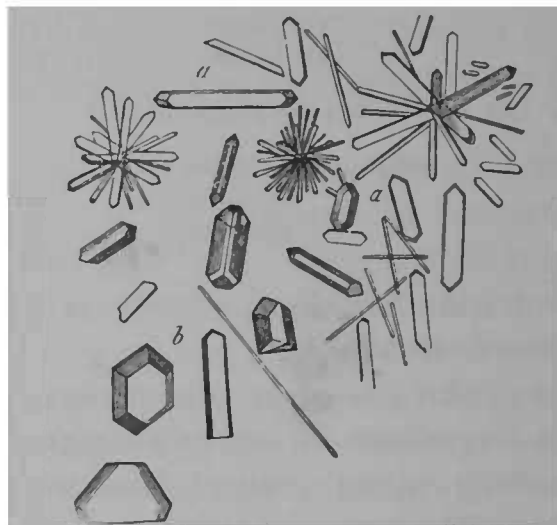
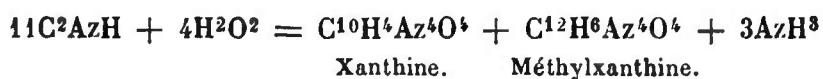


Fig. 382. — Cristaux d'acide hippurique. — *aa*, prismes; *b*, cristaux obtenus par évaporation lente, et rappelant ceux du phosphate ammoniaco-magnésien (d'après Frey).

purique : $C^{18}H^9AzO^6$ (fig. 382), si fréquent dans l'urine des animaux. Ce dernier peut être, à son tour, considéré comme une combinaison de l'acide benzoïque et de la glycine avec perte de deux équivalents d'eau : $C^4H^5AzO^4.C^{14}H^6O^4$. Or l'acide benzoïque est l'un des produits d'oxydation des substances albuminoïdes, et la glycine est encore un des produits de décomposition de ces substances ou même des substances collagènes.

La *sarcine* ou *hypoxanthine* se trouve, comme la leucine, dans les muscles, le foie, la rate, le thymus, le corps thyroïde, les reins, l'urine. Par l'addition de deux équivalents d'oxygène la sarcine se transforme en *xanthine* : $C^{10}H^4Az^4O^4$; deux nouveaux équivalents d'oxygène font de cette dernière l'*acide urique* : $C^{10}H^4Az^4O^6 = C^{10}H^2Az^4O^2HO$, l'un des produits d'oxydation les plus abondants (fig. 383). On le trouve, en effet, dans le cerveau, la rate, le sang, les reins, l'urine. Auprès de la sarcine on doit ranger la *guanine* : $C^{10}H^5Az^5O^2$, qui existe dans le pancréas et qui peut, comme l'acide urique, former de l'urée dans quelques circonstances. La guanine a pu être transformée en xanthine par Strecker. M. Gauthier a obtenu simultanément la xanthine et un autre composé homologue, la *méthylxanthine*, en chauffant ensemble de l'acide cyanhydrique et de l'eau, en présence de l'acide acétique, afin de saturer l'ammoniaque qui se produit :



La sarcine est associée dans les muscles avec un sucre, l'*inosite* : $C^{12}H^{12}O^{12} + 4HO$, avec du glycogène et autres matières sucrées (fig. 384). De ces derniers sucres dérivent sans doute les *acides lactique* et *paralactique* $C^6H^5O^5.HO$, qu'on trouve également dans le liquide qui baigne les muscles. L'*inosite* doit être considérée, au contraire, comme le point de départ des corps de la série aromatique (Maquenne).

Parmi les acides gras, l'*acide formique* se trouve dans les muscles, la rate, le thymus, la sueur, le sang des animaux nourris de sucre. Il existe aussi dans le venin des Hyménoptères. L'*acide acétique* existe dans le liquide musculaire, la rate, le thymus, la sueur, le sang des alcooliques. L'*acide butyrique* a été de même constaté dans les muscles, la rate, le lait, la sueur, les glandes sébacées et

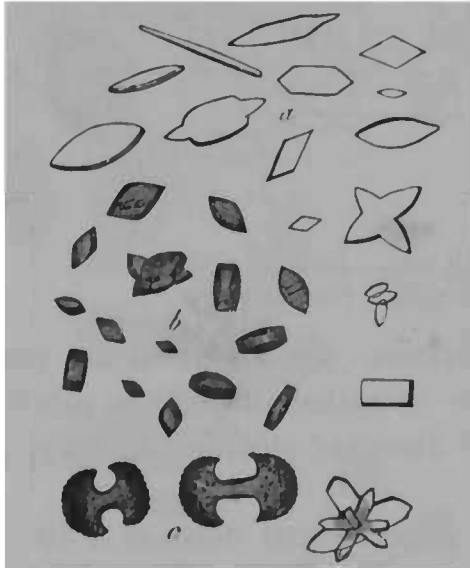


Fig. 383. — Variétés cristallines de l'acide urique. — *aaa*, cristaux obtenus par la décomposition d'urates; *b*, cristaux d'acide urique formés dans l'urine de l'Homme; *c*, cristaux connus sous le nom de dumbbell's (d'après Frey).

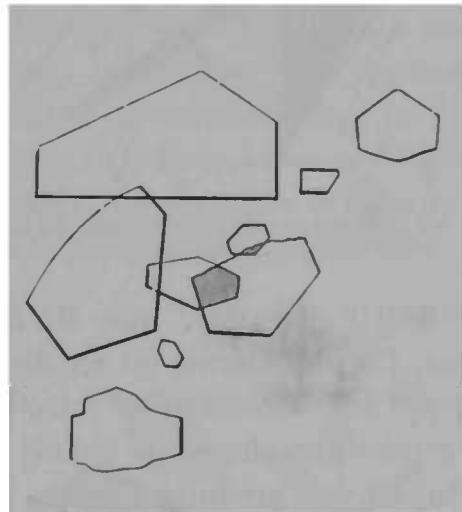


Fig. 384. — Cristaux de glycose provenant du miel (d'après Frey).

notamment celles qui avoisinent les organes génitaux. Il forme, au moins en partie, la substance odorante des Carabes et des Punaises.

Il est bien évident que tous ces produits sont réalisés dans l'économie par des procédés tout autres que ceux dont les chimistes ont fait usage pour les tirer des

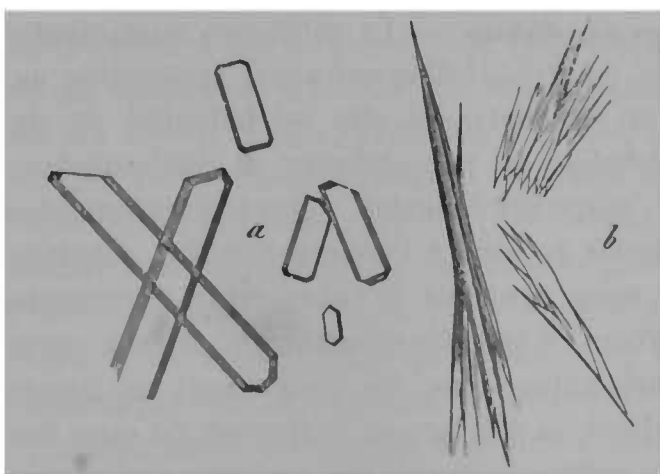


Fig. 385. — Cristaux de taurine. — *a*, prismes à six pans; *b*, masses indéterminées en forme de gerbes, provenant d'une solution impure.

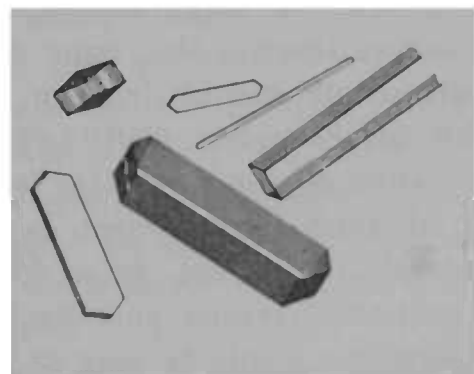


Fig. 386. — Cristaux d'acide cholique.

substances albuminoïdes; aussi, ne trouve-t-on pas dans l'organisme tous les produits de laboratoire extraits des substances albuminoïdes. En revanche, on en trouve d'autres : tels sont la *taurine* : $C^4H^7AzS^2O^6$ (fig. 385) et l'*acide cholique* ou *chotalique* :

$C^{48}H^{39}O^9.HO$ (fig. 386). La taurine a été obtenue artificiellement par Kolbe en chauffant de l'ammoniaque avec l'acide chloréthylique sulfureux $C^4H^4.S^2O^6.HCl$, de sorte que sa formule peut s'écrire $C^4H^4.AzH^3.S^2O^6$. L'acide cholalique forme, en se combinant avec la glycine, l'acide *glycocholique* : $C^4H^5AzO^4.C^{48}H^{39}O^9.HO$; et, avec la taurine, l'acide *taurocholique* $C^4H^5AzS^2O^4.C^{48}H^{39}O^9.HO$. Ces deux acides sont éliminés par le foie, à l'état de glycocholate (fig. 387) et de taurocholate de soude, et se retrouvent dans la bile, associés à une substance ternaire, la *cholestérine*

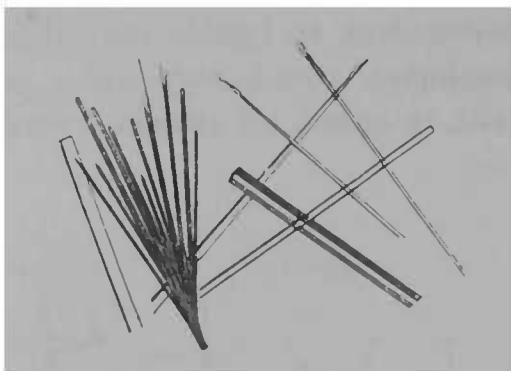


Fig. 387. — Cristaux de glycocholate de soude (d'après Frey).

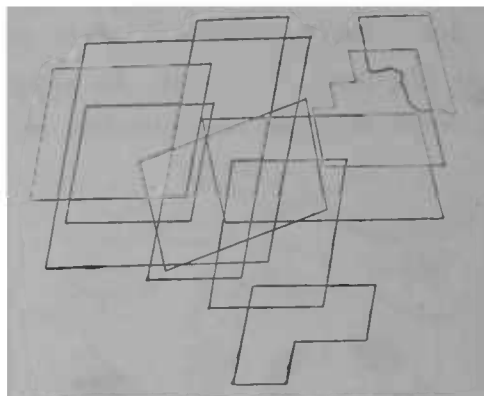


Fig. 388. — Cristaux de cholestérine (d'après Frey).

$C^{52}H^{44}O^2.2HO$ (fig. 388), que M. Berthelot considère comme un alcool monoatomique. La cholestérine est un des produits de désassimilation de la substance nerveuse. Cette substance se retrouve d'ailleurs dans les globules du sang, unie à une graisse phosphorée, la *lécithine*.

La plupart des produits que nous venons d'énumérer sont destinés à être éliminés. Il faut y ajouter ceux qui, sans être vivants par eux-mêmes, prennent une part plus ou moins importante à la constitution de l'organisme : la *substance collagène* et l'*osséine* : $C^{48}H^{40}Az^8O^{16}$, qui se transforment par l'ébullition en *gélatine* ou *glutine*, c'est-à-dire en colle forte (p. 219) ; la *chondrine* ou substance fondamentale des cartilages (p. 223), qui se distingue de la gélatine parce que l'alun ne la précipite pas de ses dissolutions ; l'*élastine*, qu'il est impossible de transformer en colle par l'ébullition la plus prolongée et qui caractérise le tissu élastique. La décomposition de la glutine et celle de la chondrine donnent de la glycine.

Hémoglobine et matières colorantes oxydables. — La substance fondamentale des globules du sang, l'*ématoglobuline* ou *hémoglobine* est aussi apparentée aux substances albuminoïdes. Dans diverses circonstances elle se dédouble en une substance albuminoïde incolore, la *globuline* ou *paraglobuline*, et une substance dichroïque, l'*ématine* : $C^{96}H^{51}Az^6Fe^3O^{18}$, rouge par réflexion, verte par transmission. L'ématine est combinée dans les globules du sang à l'*ématocristalline*, substance qui cristallise spontanément dans le sang conservé à l'abri de la putréfaction (Pasteur). On obtient aussi des cristaux d'ématocristalline en faisant passer un courant d'oxygène, puis d'acide carbonique dans du sang dilué ; en laissant évaporer une goutte de sang mêlé d'alcool ou d'éther ; en évaporant du sang dans le vide ; en y ajoutant du chloroforme, du sulfate de soude, etc. La forme des cristaux d'ématocristalline varie beaucoup suivant l'espèce des animaux (fig. 389).

Les cristaux que l'on observe dans le sang extravasé dans l'organisme sont des cristaux d'*ématoidine*, substance analogue à l'ématine, mais dépourvue de fer (fig. 390).

L'hémoglobine n'existe pas seulement dans le sang; on la trouve diffusée dans les muscles volontaires des Mammifères et probablement des Oiseaux, dans certains muscles striés à contraction involontaire, comme les muscles du cœur et du rectum de l'Homme. Dans les muscles des Vertébrés, elle présente souvent de remarquables localisations; chez les Requins du genre *Carcharias*, elle ne se trouve que dans une

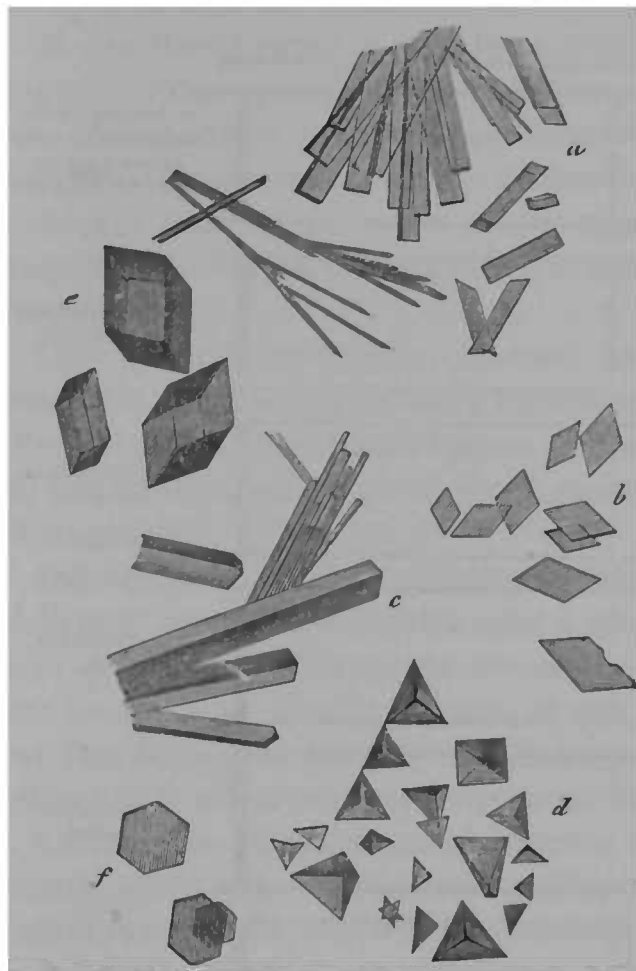


Fig. 389. — Cristaux du sang de l'Homme et des Mammifères. — *a*, cristaux du sang veineux de l'Homme; *b*, de la veine splénique; *c*, cristaux du sang du cœur d'un Chat; *d*, d'une veine céphalique d'un Cochon d'Inde; *e*, du Castor; *f*, de la jugulaire d'un Écureuil (d'après Frey).

mince couche de muscles rouges adhérents à la peau; chez l'Hippocampe dans la nageoire dorsale. On observe une localisation analogue dans certains Invertébrés: les muscles du pharynx et les ganglions de la chaîne nerveuse ventrale de l'*Aphrodite aculeata*, qui n'en a pas dans le sang; les muscles pharyngiens et de la région odontophore des Oscabrions, Patelles, Paludines, Littorines, Planorbis, Lymnées, Aplysies; elle se retrouve aussi dans le gésier de ces derniers Mollusques.

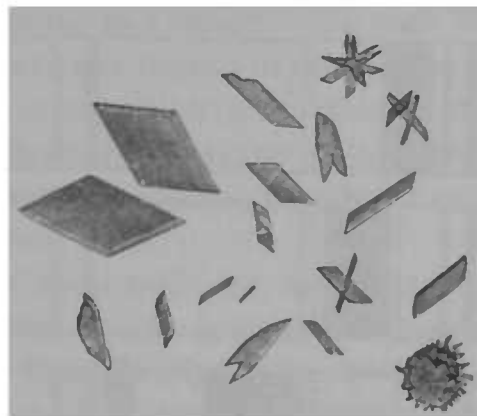


Fig. 390. — Cristaux d'hématoidine (d'après Frey).

Elle colore en rouge les globules du sang des *Glycera*, *Capitella*, *Phoronis*, *Solen legumen*, comme ceux des Vertébrés; elle est au contraire dissoute dans le liquide sanguin chez les *Nereis*, *Eunice*, *Terebella*, *Nephelis*, *Hirudo*, ainsi que chez les Némertiens, sauf les *Polia*; on la retrouve enfin dans le liquide cavitaire de divers Crustacés (*Daphnia*, *Chirocephalus*), Insectes (*Chironomus*) et Mollusques (*Planorbis*). Chez les Chlorémiens et diverses espèces de Sabelles elle est remplacée par une substance verte, la *chlorochlorine*, qui paraît jouer un rôle analogue¹. La chlorochlorine est bien différente de la *Bonelléine* qui donne aux Bonelles la teinte vert foncé qu'elles communiquent à l'alcool dans lequel on les conserve.

L'hémoglobine est capable d'absorber directement l'oxygène; elle prend alors une teinte rouge vif. Avant son oxydation, son spectre d'absorption présentait deux bandes obscures, l'une commençant un peu au delà de la raie D et comprenant la ligne α , l'autre présentant son maximum d'intensité à la ligne β et se terminant à

¹ RAY LANKESTER, *Proceedings of the Royal Society*. N° 140, 1873.

la raie E; après l'oxydation, ces deux bandes séparées par une bande brillante sont remplacées par une bande d'absorption continue, commençant en deçà de la raie D, se terminant à peu près vers la β , et dont le maximum d'obscurité correspond à la bande brillante, intercalée entre les bandes obscures de l'hémoglobine non oxydée (fig. 391). L'hémoglobine se combine aussi avec le bioxyde d'azote, l'acide

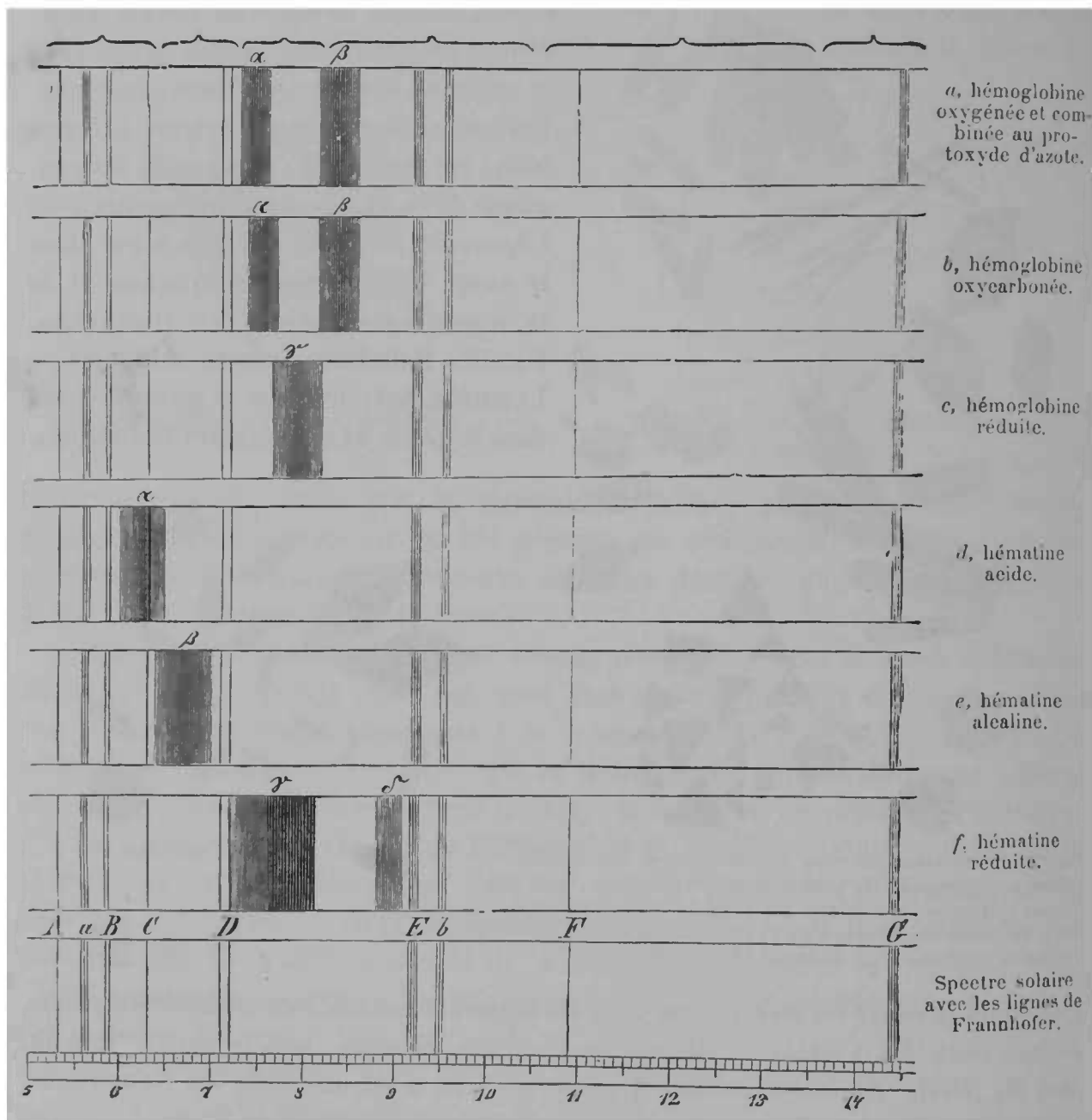


Fig. 391. — Analyse spectrale des solutions d'hémoglobine et d'hématine (d'après Frey).

carbonique, l'oxyde de carbone. L'oxygène peut déplacer le second de ces gaz; il ne peut se substituer ni au premier, ni au dernier; d'où la gravité des asphyxies produites par l'oxyde de carbone. En perdant 6 équivalents de carbone et en échangeant son fer contre de l'hydrogène, l'hématine devient de l'hématidine (fig. 390) toujours colorée en rouge. La bilirubine, l'une des matières colorantes de la bile, n'est que de l'hématine dont tout le fer a été remplacé par de l'hydrogène; par addition de deux équivalents d'eau, la bilirubine se transforme en bilifuscine; ce corps, en fixant 2 équivalents d'oxygène, devient de la biliverdine. A son tour, la biliverdine unie à 2 équivalents d'eau devient la biliprasine. Toutes les substances colorantes, naturelles ou dérivées, signalées dans la bile, peuvent donc être consi-

dérées comme résultant de la transformation des matières colorantes du sang. Il en est de même de la matière colorante de l'urine. L'hématine joue aussi probablement un rôle dans la formation du pigment noir ou *mélanine* de la choroïde. Tout au moins doit-on considérer l'hématine et la mélanine comme deux substances se formant dans des conditions analogues.

M. de Merejkowski a signalé la grande extension, chez les Invertébrés, d'un pigment rouge spécial, avide d'oxygène, la *tétronérythrine*. De ce que ce pigment est surtout développé chez les Invertébrés sédentaires et manque chez ceux qui sont abondamment pourvus d'Algues parasites ou Zooxanthelles, dégageant de l'oxygène dans les tissus, ce savant conclut que la tétronérythrine joue un rôle analogue à celui de l'hémoglobine et sert à l'absorption de l'oxygène au travers des téguments.

Chez d'autres Invertébrés (*Limulus*, *Astacus*, *Cancer*, *Octopus*, *Arion*, *Helix*) on rencontre à la place de ces deux substances une troisième substance, l'*hémocyanine* (Frédéricq), qui bleuit sous l'action de l'oxygène et qui contient du cuivre au lieu de fer. Cette substance paraît jouer, comme l'hémoglobine, un rôle important dans la respiration.

Chlorophylle. — L'hémoglobine, la chlorocruorine et l'hémocyanine sont essentiellement des corps oxydables aptes à abandonner aux tissus l'oxygène dont ils se sont chargés. La chlorophylle décompose au contraire l'acide carbonique produit par les tissus ou absorbé par eux, et met en liberté de l'oxygène. Cette substance est l'un des agents les plus importants de la nutrition des végétaux, et l'on s'est efforcé de la retrouver chez les animaux de couleur verte.

La liste des animaux dans lesquelles on l'a découverte, est assez longue. On trouve parmi eux des Rhizopodes (*Rhaphidiophrys viridis*, *Heterophrys apoda*), des Infusoires (*Stentor Mülleri*, *Paramœcium*), des Éponges (*Spongilla fluviatilis*), des Polypes (*Hydra viridis*, *Anthea cereus*, var. *smaragdina*), des Turbellariés (*Convoluta Schultzii*, *Vortex Graffii*, *Hypostomum viride*, *Typhloplana viridata*, *Mesostomum viride*) et même des Annélides (*Chætopterus Valenciennii*). Il paraît aujourd'hui probable que la chlorophylle de beaucoup de ces animaux, sinon de tous, est due à la présence d'Algues parasites; il n'est même pas certain que dans le *consortium* qui en résulte l'animal trouve un réel profit, au point de vue de l'alimentation, car les animaux à chlorophylle ne sont pas moins voraces que les autres.

Substances colorantes diverses. — A côté de ces substances colorées qui jouent un rôle si important dans la respiration ou la nutrition d'un assez grand nombre d'animaux, il en est d'autres qui absorbent comme elles des catégories spéciales de rayons lumineux, qu'on peut, en conséquence, distinguer les unes des autres de la manière la plus nette par leur spectre d'absorption, mais dont la constitution chimique et le rôle physiologique sont encore fort obscurs; on doit surtout à Ray Lankester et à Moseley d'avoir distingué un assez grand nombre de ces substances ¹.

La *polypérythrine* est rouge et présente trois bandes d'absorption, une dans le vert, les deux autres dans la partie moins réfrangible du spectre. Elle est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, la glycérine, les solutions concentrées de potasse et

¹ MOSELEY, *On the colouring matters of various animals and specially of Deep-Sea forms* dradged by H. M. S. Challenger. — *Journal of Microscopical Science*, vol. XVII

d'ammoniaque; elle se dissout dans les acides azotique, sulfurique et chlorhydrique étendus, et la solution prend par l'addition d'eau ou d'alcool une couleur rouge qui se teinte de vert sous certaines incidences. La polypérythrine a été observée chez divers Coralliaires des genres *Ceratotrochus*, *Flabellum*, *Fungia*, *Stephanophyllia*, *Actinia*, *Discosoma*. Mais d'autres Coralliaires peuvent être colorés en jaune ou en rouge par des matières qui ont un tout autre spectre d'absorption.

Diverses Comatules et Holothuries contiennent une matière colorante rouge, l'*Antédonine*, soluble dans l'eau douce et l'alcool, insoluble dans la glycérine, et dont le spectre d'absorption présente trois bandes noires dans sa région moyenne; dans les solutions concentrées ces bandes s'étendent beaucoup, et il ne passe plus finalement que du rouge et du jaune. L'acide chlorhydrique fait virer au jaune la solution alcoolique, tandis que l'ammoniaque la fait virer au violet, et détermine un abondant précipité de cette couleur. La matière colorante de l'*Antedon rosaceu* paraît différente et ne laisse passer que les rayons rouges.

Au sortir de la mer la plupart des *Pentacrinus* sont d'un beau vert foncé; quelques espèces seulement sont rouges. La substance colorante verte ou *pentacrinine* est soluble dans l'alcool légèrement acide. La solution modérément concentrée absorbe dans le spectre une bande de rayons couvrant la ligne D et s'étendant davantage vers le rouge que vers la région moins réfrangible; une seconde bande d'absorption est située entre les lignes D et E; une troisième va de *b* à F. Les acides rougissent la solution de pentacrinine, les bases la ramènent au vert. Il existe certainement d'autres matières colorantes chez les Échinodermes. C'est ainsi que les *Linckia* contiennent une matière colorante bleue, que rougissent les acides.

La *crustacéorubrine* paraît très répandue dans la classe des Crustacés (*Gnathophausia*, *Petalophthalmos*, PENEIDÆ et CARIDIDÆ des grandes profondeurs, nombreux Entomostracés de surface, *Pandarus*). C'est une substance rouge dont les bandes d'absorption sont dans le vert et le bleu. L'acide chlorhydrique et l'ammoniaque ne modifient pas sa teinte. Quelques Crustacés alpestres sont colorés en rouge par de la *carotène* (R. Blanchard).

Les Aplysies émettent en abondance une matière purpurine ou violacée. Une espèce très abondante à Saint-Vincent (Iles du cap Vert) fournit une substance colorante qui absorbe une partie des rayons verts et des rayons bleus, présente une teinte pourpre, qui passe au violet par l'addition d'un acide et peut virer jusqu'au bleu. Ce liquide paraît contenir une matière voisine des couleurs d'aniline. L'*Aplysine* existe aussi chez certaines Doris.

Les Janthines, Gastéropodes pélagiques à coquille bleue violacée, émettent une matière purpurine qui sature assez rapidement l'alcool ordinaire et se dissout aussi dans l'éther; elle colore la glycérine en violet. La solution est dichroïque, bleu-violacé à la lumière transmise, avec fluorescence d'un beau rouge, rappelant celle de l'Esculine, quand on la regarde obliquement. Le spectre d'absorption présente trois bandes obscures; l'une s'étend du bord le moins réfrangible de la ligne D au tiers de la distance qui sépare cette ligne de la ligne E; la bande suivante est un peu en dedans du bord le moins réfrangible de la ligne E. Une troisième bande apparaît graduellement et atteint son maximum d'obscurité au voisinage de la ligne F. Les acides font virer au bleu les solutions éthérées. La *Janthinine* en solution se décolore en une semaine ou deux.

Le nombre des matières colorées produites par les animaux est évidemment destiné à s'accroître beaucoup. A celles que nous venons de décrire il faut ajouter la *stentorine* qui est bleue, la *touracine* et l'*aphidine* qui sont vertes, l'*hoplakanthine* qui est garance, la *carmine* qui est rouge et bien d'autres qui ont été plus ou moins sommairement étudiées et n'ont pas encore reçu de nom.

Composés minéraux. — L'urée, homologue par sa composition du cyanate d'ammoniaque, $C^2AzO. AzH^4O$, se rapproche déjà des composés minéraux. Mais on rencontre aussi dans l'organisme de véritables sels ammoniacaux, des sels alcalins ou terreux parmi lesquels il faut citer le sesquicarbonate et le bicarbonate d'ammoniaque qui existent dans le sang, les ganglions lymphatiques, les glandes vasculaires sanguines, l'urine décomposée, l'air expiré. A ces sels s'ajoutent les sulfate, phosphate et carbonate de potasse (liquide musculaire); le chlorure de potassium; les sulfate, phosphate et carbonate de soude; le chlorure de sodium, répandu dans tout l'organisme; le phosphate et le carbonate de magnésium; le chlorure de magnésium: les phosphates et carbonates de chaux; le chlorure et le fluorure de calcium (émail des dents); enfin un oxyde, la silice. Le carbonate et le phosphate de chaux, ainsi que le silice, prennent part à la formation des parties solides de l'organisme, soit en s'isolant sous forme de spicules, de dentelle calcaire, de coquilles, de tubes; soit en pénétrant la chitine des Arthropodes et la substance osseuse des Vertébrés.

Ferments solubles; leucomaines et ptomaines. — D'autres dérivés des substances albuminoïdes sont utilisés par l'organisme: tels sont les divers *ferments solubles* qui dérivent de la fonte des cellules glandulaires: la *ptyaline* de la salive, la *pepsine* du suc gastrique, la *pancréatine* du pancréas, la *diastase hépatique* du foie, l'*invertine* du suc intestinal qui sont utilisés pour convertir les matières amylicées en sucre, les matières albuminoïdes en *peptones* solubles et assimilables, pour émulsionner les graisses, transformer le glycogène en glucose, ou intervertir le sucre de canne non assimilable sous sa forme normale.

Il paraît probable, d'ailleurs, qu'il existe dans l'organisme bien d'autres ferments solubles qui agissent, soit pendant la vie, soit après la mort, sur les matières albuminoïdes pour les transformer en alcaloïdes dont les uns, désignés sous le nom de *leucomaines* par M. Gautier, sont des produits nécessaires de la vie des tissus, tandis que d'autres, les *ptomaines*, apparaissent en grande quantité, surtout après la mort. Ces alcaloïdes sont pour la plupart des amines de la série grasse, telles que:

La diméthylamine.....	$(C^2H^2)^2AzH^3$
La triméthylamine.....	$(C^2H^2)^3AzH^3$
La triéthylamine.....	$(C^3H^4)^3AzH^3$
L'éthylène diamine....	$C^4H^2(AzH^3)^2$
La névrine.....	$C^4H^2(H^2O^2)(C^2H^2)^3AzH^4O.HO$ ¹

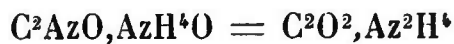
Quelques-uns de ces alcaloïdes sont à peu près inoffensifs; telles sont la *névrine*, la *neuridine*, la *cadavérine*, la *putrescine*, la *saprine*, la *triméthylamine*, la *mydaléine*, extraits par Brieger des cadavres humains. D'autres comme la *peptoxine*, extraite par ce chimiste de l'albumine peptonisée, la *choline*, la *muscarine*, qui se trouve aussi dans les Champignons (*Agaricus muscarinus*) sont des poisons violents. C'est à une ptomaine qu'il faut attribuer les propriétés dangereuses qu'acquièrent, peu de

¹ C'est l'hydrate de triméthyléthylammonium.

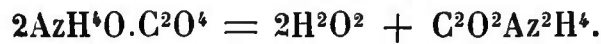
temps après la mort, les sucs de l'organisme humain; ce sont aussi des ptomaines produites sous l'influence des bactéries pathogènes qui produisent les violentes intoxications caractéristiques de tant de maladies infectieuses.

A l'état de santé, les leucomaines toxiques sont évacuées par les sécrétions; elles ne sont pas les mêmes durant la veille et durant le sommeil. C'est ainsi que l'urine de nuit contient une leucomaine convulsivante et l'urine de jour une leucomaine narcotique, dont l'accumulation lente pendant la veille contribue peut-être à la production du sommeil.

Urée et ses dérivés. — L'urée est un des produits les plus simples de la décomposition des substances albuminoïdes; elle est exactement isomère du cyanate d'ammoniaque :



mais représente, en réalité, le diamide du carbonate d'ammoniaque :



C'est une substance blanche, soluble dans l'eau, sans odeur ni couleur, cristallisant en prismes orthorhombiques. Elle se forme dans les muscles, le cerveau et aussi dans

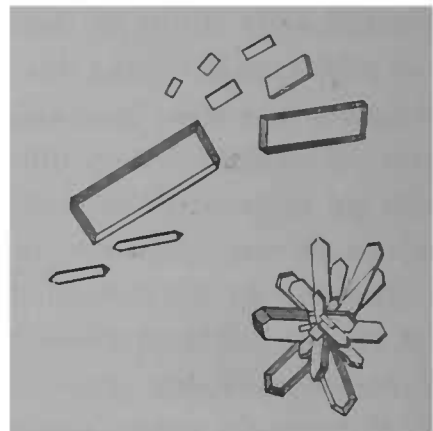
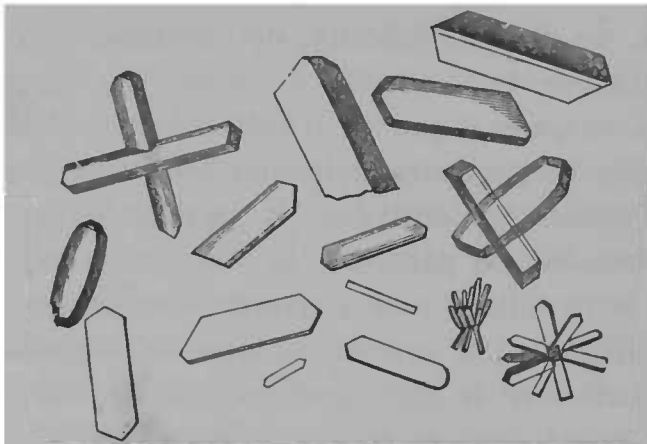


Fig. 392. — Cristaux d'allantoïne (d'après Frey). Fig. 393. — Cristaux de créatine (d'après Frey).

le foie, mais seulement pendant la digestion; elle s'accumule ensuite dans le sang d'où l'extraient les glandes sudoripares et les reins; la salive, la bile, l'humeur

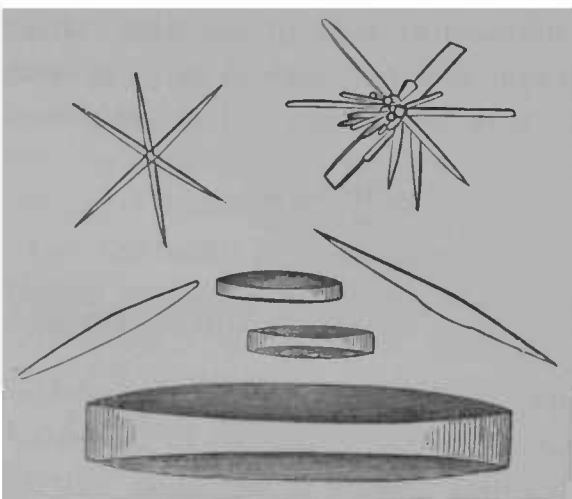
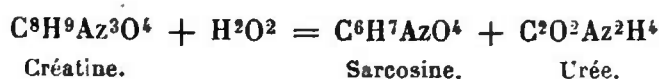


Fig. 394. — Cristaux de créatinine.

vitreuse contiennent également un peu d'urée. Sous l'action d'un ferment soluble sécrété par le *Micrococcus ureæ*, l'urée s'hydrate et se transforme en carbonate d'ammoniaque (Van Tieghem); le même ferment dédouble l'acide hippurique en acide benzoïque et glycolamine. En chauffant deux parties d'urée avec une partie d'acide oxyglycolique: $C^4H^2O^6$, on obtient un diurétique, l'allantoïne: $C^8H^6Az^4O^6$, qui existe dans le liquide amniotique des Ruminants (fig. 392). La créatine: $C^8H^9Az^3O^4$ est aussi une diurétique qui existe dans le liquide musculaire (fig. 393). Par une longue

ébullition la créatine perd deux équivalents d'eau et se change en créatinine: $C^8H^7Az^3O^2$ (fig. 394); chauffée avec l'eau de baryte, elle fixe au contraire deux équivalents d'eau et se dédouble en urée et en sarcosine: $C^6H^7AzO^4$:



La créatine et la créatinine sont éliminées par le rein et se retrouvent dans l'urine.

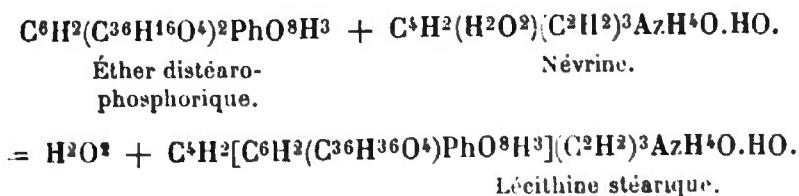
La sarcosine : $\text{C}^{10}\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}^2$ est à l'acide pyruvique : $\text{C}^6\text{H}^4(\text{O}^2)(\text{O}^4)$ ce que l'allantoïne est à l'acide oxyglycolique : $\text{C}^4\text{H}^2(\text{O}^2)(\text{O}^4)$; c'est un diuréide pyruvique, comme l'allantoïne est un diuréide oxyglycolique.

Les graisses. — Parmi les produits dérivés des substances albuminoïdes se trouvent la glycérine et toute la série des acides gras, jusques et y compris l'acide caprylique. Rien n'indique que la série ne puisse être continuée et ne fournisse des acides plus élevés, tels que les acides myristique $\text{C}^{28}\text{H}^{28}\text{O}^4$, palmitique $\text{C}^{32}\text{H}^{32}\text{O}^4$, margarique $\text{C}^{34}\text{H}^{34}\text{O}^4$, stéarique $\text{C}^{36}\text{H}^{36}\text{O}^4$, ou même des acides de la série $\text{C}^{2n}\text{H}^{2n-2}\text{O}^4$, tels que l'acide oléique $\text{C}^{36}\text{H}^{34}\text{O}^4$. Ces acides combinés avec la glycérine $\text{C}^6\text{H}^8\text{O}^6$, après élimination de 6 équivalents d'eau, forment toutes les graisses de l'organisme, dont les principales sont : la *tributyryne* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^8\text{H}^8\text{O}^4)^3$, la *trimyristine* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^{28}\text{H}^{28}\text{O}^4)^3$, la *tripalmitine* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^{32}\text{H}^{32}\text{O}^4)^3$, la *trimargarine* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^{34}\text{H}^{34}\text{O}^4)^3$, la *tristéarine* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^{36}\text{H}^{36}\text{O}^4)^3$, la *trioléine* $\text{C}^6\text{H}^2.(\text{C}^{36}\text{H}^{34}\text{O}^4)^3$. Diversement mélangées, ces graisses de consistance variable peuvent être mises en réserve sous forme de gouttelettes, ou envahir totalement le cytosarque des éléments anatomiques. C'est en grande partie sur elles que se fixe l'oxygène abandonné par les globules du sang; ce gaz finit par les brûler entièrement en dégageant simplement de l'acide carbonique et de l'eau éliminés par l'appareil respiratoire.

Mais la plus grande partie des graisses de l'organisme ne résulte pas d'une modification des substances albuminoïdes; elles sont introduites avec les aliments et ont par conséquent pour origine directe ou indirecte des graisses végétales.

On doit rapprocher des graisses la cire des abeilles qui est un mélange fusible à 63° d'un acide gras, l'*acide cérotique* : $\text{C}^{54}\text{H}^{54}\text{O}^4$, avec la *myricine* ou *éther myricil-palmitique* $\text{C}^{60}\text{H}^{66}(\text{C}^{32}\text{H}^{32}\text{O}^4)$.

Les Lécithines. — La *lécithine*, qui prend une part des plus importantes à la constitution du tissu nerveux, est le type d'une catégorie de substances ayant avec les graisses une grande analogie de composition, mais d'une constitution plus complexe. Elle résulte de la combinaison avec la *névrine* : $\text{C}^{12}\text{H}^{15}\text{AzO}^4 = \text{C}^4\text{H}^2(\text{H}^2\text{O}^2)(\text{C}^2\text{H}^2)^3\text{AzH}^4\text{O}.\text{HO}$, d'un *éther distéarophosphorique* de la glycérine, c'est-à-dire d'une graisse phosphorée : $\text{C}^6\text{H}^2(\text{C}^{36}\text{H}^{36}\text{O}^4)^2\text{PhO}^8\text{H}^3$. On peut, en effet, la décomposer, par l'action des alcalis, en névrine, acide stéarique et acide glycérophosphorique. La réaction de l'éther distéarophosphorique sur la névrine entraîne la perte de deux équivalents d'eau :



On a obtenu diverses lécithines à l'aide de divers acides gras; la synthèse de la névrine a été réalisée par M. Wurtz, et les résultats de l'étude des substances albuminoïdes tendent à faire penser que la production artificielle de ces substances

qui ne sont pas beaucoup plus complexes que les lécithines n'est pas en dehors des moyens d'action de la chimie.

La lécithine stéarique est associée aux lécithines margarique et oléique dans la substance nerveuse, le jaune d'œuf, le sang, le lait, le sperme des Mammifères, la laitance des Poissons, etc. Le *protagon* qui a été considéré un moment comme la substance fondamentale des centres nerveux, n'est au fond qu'un mélange ou une combinaison de ces lécithines avec d'autres substances encore incomplètement connues.

On désigne enfin sous le nom de *nucléine* un groupe de substances assez mal définies qui existent surtout dans les noyaux des cellules et dont les unes sont riches en soufre et en phosphore, tandis que d'autres ne contiennent que du phosphore; la nucléine de la laitance du Saumon a pour formule, d'après Miescher, $C^{58}H^{49}Az^9Ph^6O^{44}$.

Matières amylacées. — Chitine. — Comme les graisses, les matières amylacées sont, en partie, fournies à l'organisme animal par celui des végétaux, en partie directement élaborées par lui aux dépens des substances albuminoïdes. Chez les animaux, ces substances sont fort répandues à l'état de glycogène, colorable en brun acajou par l'iode, d'inosite ou de glucose dissous dans les liquides cellulaires ou les humeurs, mais elles se concrètent rarement en granules ou en parois solides, comme l'amidon ou la cellulose des végétaux. Les corpuscules souvent décrits comme des grains d'amidon dans diverses parties du corps des animaux ont été déterminés comme tels parce que, examinés à la lumière polarisée, ils présentent une croix noire, mais ce caractère appartient à diverses autres substances et notamment aux lécithines. C'est par suite d'une illusion d'optique que quelques autres granules paraissent se colorer en bleu par l'iode. La tunique des Tuniciers est cependant presque exclusivement constituée par de la *tunicine*, substance à peu près identique à la cellulose végétale. On isole la tunicine en traitant la tunique brute successivement par l'acide chlorhydrique, puis par la potasse bouillante. On obtient ainsi une masse blanche qui, en présence de l'acide sulfurique, est colorée en bleu par l'iode, et se convertit en glucose lorsqu'après l'avoir mise à digérer dans l'acide sulfurique concentré, on la porte à l'ébullition pendant une heure. Chauffée à 200° avec de la potasse, la tunicine reste inaltérée, tandis que la cellulose végétale est attaquée dans ces conditions.

D'autre part, certains chimistes rapprochent des substances ternaires, la *chitine*, à laquelle d'autres donnent pour formule $C^{18}H^{16}O^{12}Az = C^{18}H^{12}O^{12} + AzH^3$. La faible quantité d'azote trouvée dans la chitine serait due à ce que les échantillons analysés n'étaient pas suffisamment purs. La chitine est remarquable par sa résistance à l'action des alcalis et des acides faibles; elle est attaquée par les acides concentrés.

Les substances amylacées sont donc relativement moins abondantes chez les animaux que chez les végétaux. De plus les animaux ne peuvent les former directement à l'aide des éléments minéraux comme le font les végétaux; ils les empruntent à ces derniers ou les constituent par voie de décomposition des substances albuminoïdes.

Résumé. — En résumé la plus grande partie des substances qu'on observe dans le corps des animaux dérivent des substances albuminoïdes. Ces substances elles-mêmes peuvent être ramenées à de l'urée unie à de l'acide acétique, à un très grand nombre d'acides amidés se rattachant aux deux séries d'acides gras :

$C^{2n}H^{2n}O^4, C^{2n}H^{2n-2}O^4$, ainsi qu'à la série benzoïque et à du soufre. L'eau et l'oxygène déterminent dans ces corps des modifications profondes, sous les moindres influences. Les plus remarquables de ces modifications sont celles qui se produisent sous l'action de divers ferments solubles ou figurés qui transforment les matières albuminoïdes en *peptones* solubles et assimilables, et semblent agir en fixant sur elles une certaine quantité d'eau. Ces peptones subissent ensuite des transformations plus profondes. Aussi les composés les plus variés peuvent-ils prendre naissance dans l'organisme, mais les seuls qui soient éliminés en quantité importante sont l'urée, l'ammoniaque, l'acide carbonique et l'eau. Cela indique que, l'urée mise à part, les substances albuminoïdes éprouvent dans le corps une combustion complète, et comme leurs éléments sont associés dans de telles proportions que l'urée, l'ammoniaque et l'eau une fois formés, il reste un excédent considérable de carbone, la combustion respiratoire se ramène, à peu de chose près, comme Lavoisier l'avait trouvé, à une combustion de charbon.

Ces réactions chimiques ne s'accomplissent avec toute leur intensité, dans les diverses espèces animales comme dans les laboratoires, que si des conditions physiques déterminées sont réalisées : elles prennent naissance entre certaines limites de température ; les courants électriques qui jouent en chimie un rôle si important, sont indirectement suppléés chez les animaux par ce qu'on appelle l'*influx nerveux*, et la lumière elle-même intervient parfois directement, comme elle semble le faire pour la production des pigments, plus souvent d'une manière indirecte en excitant le système nerveux.

Comme toutes les réactions chimiques, les réactions qui s'accomplissent dans l'organisme sont d'ailleurs accompagnées d'un dégagement de force vive ; une partie de cette force est immédiatement utilisée à la production du mouvement ; une autre apparaît sous forme de chaleur, d'électricité, de lumière, et contribue à modifier le milieu intérieur dans lequel vivent les éléments anatomiques ; une dernière, enfin, est en quelque sorte emmagasinée dans le système nerveux où elle est utilisée, à son heure, pour la production des phénomènes psychiques dont tout organisme animal est le siège.

Action de la température sur les phénomènes vitaux. — Les conditions de température nécessaires à l'activité des éléments anatomiques sont extrêmement variables suivant les animaux que l'on considère ; mais il faut, sous ce rapport, soigneusement distinguer la température extérieure de celle de l'organisme lui-même, qui sont souvent très différentes. C'est seulement de la température de l'organisme que nous avons d'abord à nous occuper.

En raison même de l'énorme quantité d'eau qui pénètre chaque corps vivant, il n'y a pas d'organisme dont l'activité subsiste à une température notablement inférieure à 0°. Certains animaux peuvent cependant résister sans mourir à de pareilles températures ; leur activité est alors suspendue, mais non détruite sans retour. Des chrysalides de Papillon complètement congelées peuvent être ramenées à la vie ; les œufs des animaux qui meurent en automne résistent nécessairement aux hivers les plus rigoureux, sans quoi les grands froids dépeuplèrent d'un seul coup toute une région. On peut exposer, sans les tuer, les œufs de Vers à soie, ceux de divers Bombyx à une température de — 25°, et même davantage. Quelques Insectes adultes présentent une résistance presque égale. Nombre de Poissons et de Batra-

ciens, les Axolotls, eux-mêmes, peuvent être pris momentanément dans la glace, s'y congeler complètement et revenir ensuite à la vie. Hunter a pu congeler les oreilles d'un lapin, la crête d'un coq vivant au point de rendre ces organes cassants, sans qu'ils perdissent leur vitalité; la congélation du nez ou des oreilles de l'Homme n'est pas non plus nécessairement destructive de ces appendices.

Les animaux pénétrés d'eau de mer ne meurent pas de congélation à une température un peu plus basse que 0° ; l'eau de mer ne se transforme effectivement en glace qu'à une température inférieure à -2° .

Une température voisine de 0° ne s'oppose même pas au développement d'une grande activité. A partir de 1500 mètres, les animaux des grands fonds vivent, dans l'Atlantique, à des températures qui demeurent aux environs de 2° et descendent jusqu'à $-1^{\circ},5$. Il est vraisemblable que la température interne de ces animaux ne s'élève guère au-dessus de celle du milieu dans lequel ils sont incessamment plongés. C'est donc à cette température que fonctionnent normalement leurs éléments anatomiques; or il y a parmi eux non seulement des Phytozoaires, mais encore des Crustacés, des Annélides et des Poissons aux mouvements rapides et énergiques. Cette résistance au froid est ici bien évidemment le résultat d'une longue adaptation à un genre de vie exceptionnel. Les animaux des rivages et surtout les animaux terrestres perdent toute leur activité et s'engourdissent bien avant que leur température interne descende aussi bas. Il semble d'ailleurs que moins l'organisme est compliqué, moins est grande sa sensibilité au froid. Beaucoup de Phytozoaires et de Mollusques passent l'hiver sans que leur activité diminue sensiblement. Mais il n'en est plus de même des Batraciens et des Reptiles qui s'engourdissent, et tombent dans un profond sommeil quand la température moyenne descend au-dessous de 10° . L'activité des Mammifères dits *hibernants*, tels que les Marmottes, les Loirs, les Chauves-Souris, les Hérissons, les Ours, s'arrête quand leur température interne s'abaisse aux environs de 20° ; leur organisme, dont la température dépasse en temps d'activité 35° , résiste ainsi à une chute thermométrique de plus de 15° . Il n'en est plus ainsi des Mammifères ordinaires et des Oiseaux; là ce n'est plus le sommeil, mais la mort, qui survient irrémédiablement quand la température interne descend aux environs de 20° .

La température interne de la plupart des animaux suit les variations de la température extérieure; l'activité des éléments anatomiques s'exerce donc chez eux dans des conditions thermométriques très variables. Au contraire, par des procédés que nous indiquerons tout à l'heure, la température interne des Mammifères et des Oiseaux n'oscille que dans d'étroites limites, malgré les variations du milieu extérieur. Aussi divise-t-on fréquemment les animaux en *animaux à température variable* ou *animaux à sang froid* et *animaux à température constante* ou *animaux à sang chaud*, expressions qui ne sont pas d'une rigoureuse exactitude. Le nombre moyen qui représente la température interne, constant pour chaque espèce, change d'une espèce à l'autre, ainsi que l'indique le tableau suivant, emprunté à Ch. Richet¹ :

¹ CH. RICHTET, *la Chaleur animale*, p. 10 et suivantes.

MAMMIFÈRES

Marsouin	36°,6	
Homme.....	37°	
Tigre	37°,2	
Ane.....	37°,4	
Cheval.....	37°,75	
Souris	38°	
Singe	38°,1	
Chacal	38°,3	
Rat.....	38°,4	
Chat d'un mois et demi.....	38°,7	
Chat adulte.....	} 38°,8	
Écureuil		
Coati.....		
Baleine	} 39°,1	
Cobaye		
Chien	39°,25	
Chèvre.....	39°,3	
Elan	} 39°,4	
Ichneumon.....		
Lapin domestique.....	} 39°,5	
Veau.....		
Lièvre	} 39°,7	
Bœuf		
Lamantin	40°	
Lapin de garenne.....	40°,3	
Loup	40°,5	

OISEAUX

Palmipèdes longipennes.....	40°
Orfraie	40°,2
Faucon	40°,5
Paon.....	40°,5 à 43°
Chat-Huant	} 41°
Gypaète.....	
Perroquet.....	41°,1
Corneille	41°,2
Alouette	} 41°,5
Tiercelet	
Moineau.....	41° à 44°,5
Bouvreuil	} 42°
Perdrix	
Poule.....	42° à 43°
Canard.....	41°,9 à 43°,9
Choucas.....	42°,1
Palmipèdes lamellirostres.....	42°,2
Faisan	42°,6
Grive	42°,7
Corbeau	} 42°,8
Gélinotte.....	
Lagopède	} 43°
Pintade	
Pigeon.....	41° à 43°,6

La température moyenne et normale du corps des Mammifères et des Oiseaux ne varie donc que de 36° à 44°, c'est-à-dire de 8° pour l'étendue entière de ces deux classes; la variation est même limitée à 4° pour chacune d'elles.

Chez un même individu la température intérieure peut osciller entre certaines limites sans que l'état de santé cesse d'être normal. Chez l'Homme dont la température moyenne, remarquablement basse, est, dans l'âge adulte, de 37°, on peut constater des variations de 35°,7 à 38°,2, sans qu'il y ait nullement maladie, et la température interne varie même quotidiennement de 36°,6, durant la nuit, à 37°,8, à la fin de la journée.

En raison de la faiblesse de ces variations, les éléments anatomiques des Mammifères et des Oiseaux sont, en quelque sorte, perpétuellement en étuve, et leur fonctionnement s'accomplit dans des conditions d'étonnante égalité de température. On s'explique ainsi que ces animaux soient plus sensibles au refroidissement, et meurent dès que la température interne descend aux environs de 20° (24° chez l'Homme): La limite supérieure de température à laquelle ils puissent résister n'est pas pour cela très reculée : tandis que dans nos pays tempérés, les Sangsues, les Limaces, les Poissons, les Grenouilles, etc., sont tués par une température d'environ 40° et qui peut même descendre à 31° (Poissons), chez l'Homme, la mort survient d'habitude dès que la température interne atteint 42°; toutefois, dans la fièvre intermittente, on a pu, dit-on, observer des cas de température de 45° non suivis de mort.

On ne saurait conclure de ces chiffres que les températures extrêmes de 20° et de 42° marquent les limites au delà desquelles tous les éléments anatomiques de l'Homme sont frappés de mort. Les faits de retour à la vie de parties du corps soumises à la congélation montrent qu'il n'en est pas ainsi; on sait, d'autre part, que les globules blancs du sang exécutent leurs mouvements amiboïdes les plus actifs à une température de 45 à 46°. Il faut distinguer, en effet, entre la mort des éléments anatomiques et celle de l'organisme dont ils font partie. En particulier, chez les animaux supérieurs, le fonctionnement de tous les organes est lié à l'intégrité du système nerveux, et il suffit que les éléments de ce système cessent de fonctionner pour que la mort de l'organisme survienne, sans entraîner cependant la mort immédiate de tous les éléments qui le constituent.

C'est au ralentissement de l'activité nerveuse qu'il faut attribuer le sommeil qui envahit les Reptiles des pays chauds lorsque la température s'élève au delà d'une certaine limite, comme celui qui, sous l'influence du froid, s'empare des animaux hibernants. En revanche, c'est à l'intervention des centres nerveux que les animaux à température constante doivent de pouvoir lutter contre les variations de la température extérieure. L'Homme peut, dans des conditions déterminées, supporter un froid de — 60°, ou résister pendant une quinzaine de minutes à une température supérieure à 100° et s'élevant même à 160°. Dans ces cas extrêmes la température de la surface même de la peau reste voisine de 36°. Les animaux à sang froid peuvent, dans des conditions analogues, régler dans une certaine mesure leur température. C'est ainsi que chez une Grenouille qui était demeurée pendant deux heures dans une étuve dont la température varia de 56°,25 à 65°, la température interne ne s'éleva qu'à 33°,75.

Il est bien évident qu'un animal à température constante, placé successivement dans des milieux d'abord plus chauds que lui, mais dont la température s'abaisse peu à peu au-dessous de la sienne, commencera à lutter contre le froid par une augmentation de son activité interne se traduisant par une production de chaleur;

mais son activité finira elle-même par diminuer avec la température jusqu'à s'éteindre. Il y a donc une température externe qui met l'organisme dans des conditions d'activité maximum. L'activité peut être mesurée chez les animaux à température constante, dont la puissance musculaire varie peu, par la quantité de chaleur produite dans un temps donné; il est donc possible de déterminer cette température *optimum*; elle est d'environ 14° pour les Lapins, de 16° à 18° pour les enfants. Il est clair que, pour les animaux à température variable, il doit exister non seulement une température extérieure, mais aussi une température intérieure plus favorable que toute autre au développement de l'activité vitale; mais l'activité vitale a des manifestations multiples qui rendent très difficile sa définition chez les animaux à température variable, dont la puissance musculaire et l'activité sécrétrice varient simultanément, et dont la production calorifique est faible. On peut admettre que la température optimum est, chez ces animaux, celle où l'excès de la température du corps sur la température ambiante est maximum. Mais cet excès est toujours peu considérable: à la température ordinaire, il serait, suivant Valentin :

Pour les Polypes	0°,21
— Méduses	0°,27
— Échinodermes	0°,40
— Gastéropodes	0°,46
— Céphalopodes	0°,57
— Crustacés	0°,60
— Insectes	de 3° à 10°
— Poissons	de 2° à 7°
— Tortues :	1°

Dans quelques cas, l'excès est cependant beaucoup plus considérable, c'est ainsi que, dans une chambre maintenue à 20°, la température d'un Boa en incubation peut atteindre 41°,5 et que la température s'élève à 40° au centre d'un essaim d'Abeilles.

L'action de la température sur les phénomènes vitaux se manifeste d'une manière particulièrement remarquable dans les phénomènes de développement. Les œufs de la plupart des animaux passent, dans nos climats, l'hiver sans éclore; ils éclosent dès que la température s'élève; ceux des Reptiles et des Oiseaux ont besoin pour se développer d'être soumis soit à la chaleur solaire, soit à l'incubation. M. Duclaux a constaté sur les œufs de Vers à soie un phénomène plus remarquable. Ils doivent, avant d'éclore, traverser une phase de basse température. Des œufs maintenus à partir du moment de la ponte à une température de 20° n'éclosent pas. Au contraire des œufs placés peu de temps après la ponte dans une glacière, puis portés dans une chambre modérément chaude, au lieu de demeurer en repos durant tout l'hiver comme d'habitude, éclosent immédiatement. Le refroidissement artificiel a remplacé pour eux le froid hivernal. L'action de la température peut même être localisée, comme cela résulte du fait qu'on peut provoquer des monstruosités en chauffant inégalement un œuf d'Oiseau en voie de développement.

L'influence de la température sur le développement post-embryonnaire n'est pas moins marquée. Les chrysalides du Bombyx du mûrier ne se métamorphosent qu'en 13 jours à une température de 19°; il leur suffit de 11 jours à une température de 22 ou 23 degrés. Cette influence se fait encore autrement sentir sur les animaux.

Les variations régulières des saisons ont déterminé chez beaucoup d'entre eux la succession régulière, synchronique avec les saisons, d'actes dont la répétition, pour la plupart des individus d'une espèce, constitue les mœurs de cette espèce. Nous verrons un peu plus tard que ces actes peuvent être produits, même en dehors de l'action actuelle du stimulant qui paraît avoir déterminé leur première exécution. Ils deviennent ainsi simplement *périodiques* et leur période ne coïncidant plus d'une manière rigoureuse avec les variations plus ou moins régulières de la température moyenne de chaque saison, ils semblent commandés par une faculté particulière, se rattachant à celles qu'on a groupées sous le nom d'*instinct*.

Action de la lumière. — Il est extrêmement difficile d'apprécier l'action directe de la lumière sur les Animaux et de la séparer de celle de la chaleur. Cette action est cependant incontestable. Les Infusoires, les Hydres se dirigent vers les parties éclairées du vase qui les contient; la lumière paraît agir avec une intensité particulière sur les Paramécies dans l'eau pauvre en oxygène (Engelmann); les Actinies s'épanouissent sous l'action d'un rayon de soleil ou même d'un rayon de lumière électrique. La lumière intervient aussi dans la production du pigment chez les animaux supérieurs et chez l'Homme. Les larves d'Axolotl, pâles au sortir de l'œuf, noircissent peu à peu en grandissant; le noircissement est fortement retardé quand on les garde à l'obscurité ou qu'on ne laisse arriver sur elles que des rayons rouges.

Mais on n'a réuni que bien peu de faits précis relativement à l'action directe de l'agent lumineux, et, d'autre part, l'existence dans les grandes profondeurs de la mer d'une faune extrêmement riche montre qu'il n'est pas indispensable à la vie animale. Son action la plus nette s'exerce, comme tant d'autres, par l'intermédiaire et sous le contrôle du système nerveux qui, au contraire de ce qui a lieu chez les Plantes, toujours soumises à l'action directe du milieu, semble, chez les Animaux, tendre à s'interposer partout entre le reste de l'organisme qu'il dirige et le milieu extérieur. Par cet intermédiaire la lumière peut agir même sur les phénomènes de nutrition. C'est une pratique bien connue des éleveurs de volaille que de maintenir dans l'obscurité ou même de priver de leurs yeux les animaux qu'ils veulent engraisser; ils évitent ainsi la dépense de force produite par l'animal sous l'influence des excitations visuelles. Il faut certainement donner à la lumière une place parmi les causes qui déterminent l'oscillation quotidienne de la température du corps. Cette température arrive à son maximum, 37°,07, chez l'Homme, vers six heures du soir, alors que le système nerveux a éprouvé toutes les excitations du monde extérieur; elle passe au contraire par un minimum, 36°,7, lorsque, dans l'obscurité de la nuit, toutes les activités mises en jeu pendant le jour se sont apaisées.

Quoique s'exerçant par l'intermédiaire de l'œil et du système nerveux, la lumière peut produire des effets inconscients. Les plus remarquables sont les contractions des muscles lisses des chromatophores de la peau, chez les Poissons susceptibles de changer de teinte. Ces chromatophores sont de diverses couleurs; leurs dimensions varient avec l'état de contraction ou de relâchement des muscles qui agissent sur eux, de sorte que la couleur totale se modifie suivant que telle ou telle catégorie de chromatophores est contractée ou dilatée. Par ce mécanisme fort simple, divers Poissons, la Sole notamment, adaptent involontairement leur couleur à celle du fond sur lequel ils vivent, de manière à se dissimuler assez bien pour échapper à la vue (G. Pouchet). Un assez grand nombre de Crustacés, les Crangons, les

Palémons, les Homards, les Écrevisses et probablement quelques Lézards, le *Lacerta muralis*, entre autres, jouissent de la même faculté. Or, cette faculté disparaît entièrement si l'on prive de leurs yeux ces animaux; elle est donc sous l'influence de l'appareil visuel. Il en est de même chez les Caméléons; mais ici chaque œil agit d'une façon spéciale sur les deux côtés du corps, de sorte que l'ablation d'un œil entraîne une coloration différente de ces deux côtés. En outre, la lumière excite directement les chromatophores des Caméléons, ou tout au moins les nerfs cutanés. Ces animaux continuent à changer de couleur pendant qu'ils dorment, lorsqu'ils sont chloroformés, et même, pendant quelques instants, après leur mort. Si l'on place sur leur dos un manteau de papier découpé, les parties correspondantes aux vides du papier changent seules de couleur sous l'action de la lumière (Paul Bert).

Des animaux dépourvus d'yeux (Vers de terre, Pholades) sont d'ailleurs sensibles à l'action de la lumière. Cette action n'agit sur les Vers de terre que si elle porte sur l'extrémité antérieure de leur corps; Hoffmeister et Darwin pensent que, dans ce cas, elle doit s'exercer directement sur le cerveau.

L'action directe de la lumière sur la peau a été constatée depuis assez longtemps chez l'Homme. Un vif éclaircissement de la peau par de la lumière bleue ou violette qui contient fort peu de rayons calorifiques, ou par de la lumière blanche qui a été débarrassée de la plus grande partie de sa chaleur par son passage au travers une couche d'eau, suffit pour y déterminer de la rougeur et même, dans quelques cas, des phlyctènes (Bouchard). Les malades atteints de pellagre sont sous ce rapport d'une remarquable sensibilité. La lumière rouge paraît sans action. Il semble d'autre part établi que, durant le sommeil hypnotique, la lumière peut déterminer aussi des contractions des muscles striés. Il n'est donc pas invraisemblable qu'à l'état normal la lumière puisse influencer notre organisme. Son action sur le développement de certains animaux n'est pas douteuse. Le développement des Batraciens est plus lent à l'obscurité qu'à la lumière. Les larves de Mouches (*Musca carnaria*), les œufs de Limnée, ceux de Calmar et de Seiche, les œufs de Truite, les œufs et les têtards de Grenouille se développent notablement moins vite dans la lumière rouge et la lumière verte que dans les lumières bleue et violette¹. Il semble même que la croissance des Mammifères puisse être influencée d'une manière analogue par la lumière colorée. Mais il existe encore sur ces points beaucoup d'incertitudes et de données contradictoires.

L'action de la lumière se traduit, dans tous les cas, par une surexcitation des phénomènes respiratoires; de sorte que les animaux privés de nourriture meurent plus tôt dans la lumière violette que dans la rouge. Elle paraît s'exercer à la fois par l'intermédiaire de l'œil et par celle de la peau. Les quantités d'acide carbonique dégagées, dans le même temps, par des Grenouilles aveugles et des Grenouilles intactes sont dans le rapport de 100 à 114. Si l'on cherche à déterminer ce rapport en faisant agir la lumière colorée, on trouve les nombres suivants :

¹ YUNG, *Archives de zoologie expérimentale*, t. VII, 1878, p. 251, et *Revue scientifique*, 1881, t. I, p. 525.

NOM DE L'ANIMAL	OBSCURITÉ	LUMIÈRE ROUGE	LUMIÈRE BLANCHE	LUMIÈRE VIOLETTE
Grenouille.....	100	100,5	112	115
Moineau, canari...	100	128	142	139
Surmulot.....	100	111	137	140

Lorsque la lumière agit par l'intermédiaire des yeux, son action peut prendre une grande importance; il est certain, en effet, que tous les animaux pourvus d'yeux sont attirés par une certaine quantité de lumière et fuient une lumière trop vive. L'intensité lumineuse qui détermine l'attraction ou la répulsion est d'ailleurs très variable pour les diverses espèces animales; de là leur répartition en *espèces diurnes* et *espèces nocturnes*. Des genres très voisins peuvent contenir des espèces menant ces deux existences, en apparence si opposées. Les animaux diurnes et les animaux nocturnes présentent un aspect suffisamment caractéristique pour qu'on puisse le plus souvent les reconnaître au premier coup d'œil; chez les animaux diurnes, les couleurs sont plus brillantes, les yeux moins grands, la pupille moins dilatable, les allures plus vives que chez les animaux nocturnes; on pourrait être tenté d'attribuer ces différences à l'action directe et longtemps prolongée de la lumière; mais nous verrons plus loin que le mécanisme du développement de ces caractères peut avoir été tout autre et se rattacher simplement à la sélection naturelle. Il n'est pas non plus certain que l'absence d'excitation lumineuse soit la cause immédiate de la disparition des yeux, que l'on constate si souvent chez les animaux qui vivent dans des cavernes, dans des galeries souterraines ou dans les profondeurs des eaux inaccessibles aux rayons du soleil. Beaucoup de ces animaux semblent incommodés par la plus petite quantité de lumière (larves de Mouches, Vers de terre, etc.), et sont, par conséquent, considérés comme lucifuges. Mais on ne saurait entendre ici ce mot dans le sens d'une répulsion réelle produite par la lumière. La lumière, en effet, même chez les animaux dépourvus d'yeux, agit le plus souvent par l'intermédiaire du système nerveux; dès lors aux actions inconscientes, aux actions réflexes qu'elle détermine dans une mesure difficile à préciser, d'autres phénomènes de conscience et de volonté se superposent. Si des phénomènes psychiques sont, en outre, éveillés à la suite de perceptions lumineuses, l'activité de l'organisme peut être surexcitée dans toutes ses parties; alors se déroule toute une série de phénomènes qui, pour avoir une impression lumineuse comme point de départ, finissent par ne plus avoir qu'une relation lointaine avec l'impression primitive.

Action de l'Electricité. Théorie de la contraction musculaire. — L'action directe de l'électricité statique, celle des courants électriques sur la nutrition des tissus et sur les phénomènes d'accroissement et de développement qui peuvent en résulter sont encore fort discutées. Il n'en est pas de même de l'action de l'électricité sur les muscles et les nerfs. Toute décharge électrique passant au travers d'un muscle en détermine la contraction. Toute variation brusque dans l'intensité

d'un courant électrique passant au travers d'un nerf met en activité les organes de sensibilité, de sécrétion ou de mouvement avec lesquels ce nerf est en rapport.

La contraction musculaire est de courte durée pour des décharges électriques espacées, c'est ce qu'on appelle une *secousse musculaire*; mais lorsque les décharges électriques sont très rapprochées, comme celles que peut donner une bobine d'induction, le muscle n'a pas le temps de revenir à son état normal dans l'intervalle de deux secousses; les secousses se superposent, en quelque sorte, et il en résulte une *contraction permanente*, comparable à celle qui se produit dans un muscle que nous contractons volontairement. Lorsque les décharges ne sont pas très répétées, chaque secousse se fait encore isolément sentir dans le muscle plus ou moins contracté suivant la rapidité et l'intensité des décharges; le muscle est affecté d'une sorte de tremblement dont le rythme est le même que celui des décharges; mais lorsque celles-ci se succèdent avec une rapidité suffisante, les secousses cessent de se manifester à l'œil, et le raccourcissement du muscle demeure constant tout le temps que durent les décharges; on donne à cet état le nom de *tétanos électrique*. Comme l'état tétanique résulte de la fusion de secousses rapprochées, le muscle vibre pendant tout le temps qu'il est contracté, et il se produit ainsi un *son musculaire* qui devient d'autant plus aigu que le muscle est plus violemment contracté. Un son musculaire correspondant à 18 ou 20 vibrations par seconde, accompagne les contractions volontaires; il est donc permis de penser que ces contractions sont analogues au tétanos artificiel et résultent aussi de la fusion de secousses répétées. Les nerfs agiraient alors à la façon de conducteurs en rapport avec des appareils électriques à décharges répétées, telles que celles des bobines d'induction. Ces appareils ne seraient autres que les cellules ganglionnaires. Malheureusement ce ne peut être là qu'une comparaison que les documents scientifiques actuellement recueillis ne permettent pas d'asseoir sur une base physique inébranlable.

Au point où se produit l'excitation, la fibre musculaire se gonfle et se raccourcit; puis le gonflement se déplace le long de la fibre et finit par s'éteindre à l'une de ses extrémités, à la façon d'une onde sonore se propageant le long d'une corde vibrante. Le muscle revient alors à son état normal en vertu de son *élasticité*. Chaque fois que l'excitation se renouvelle, une *onde musculaire* semblable se produit, provoquant un nouveau raccourcissement de la fibre (Aëby). Si le nouveau gonflement se forme avant que le premier ait disparu, la fibre musculaire n'est pas encore revenue à sa longueur normale lorsqu'elle se raccourcit de nouveau; d'où il suit que des excitations répétées régulièrement déterminent tout à la fois un raccourcissement continu de la fibre et une série de raccourcissements temporaires correspondant à chaque excitation. Ce sont les mouvements dus à ces raccourcissements temporaires qui produisent la vibration musculaire. Comme les raccourcissements temporaires sont en même temps plus rapprochés et moins étendus quand les excitations deviennent plus rapides, on comprend qu'ils cessent de se distinguer du raccourcissement continu auquel ils se superposent; d'où la transformation des *secousses musculaires* en *tétanos*.

Tous ces phénomènes ont été nettement mis en relief par l'emploi des *myographes enregistreurs*¹ aussi bien que par l'observation directe.

¹ Voir : MAREY, *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*; id., *la Machine animale* et les *Mémoires spéciaux* du même auteur.

Phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans les muscles. — La contraction musculaire paraît être accompagnée d'une très légère diminution de volume du muscle qui se contracte; cela suppose qu'un volume correspondant des liquides incompressibles qui forment la plus grande partie des fibres musculaires est rejeté hors de ces fibres au moment de la contraction. Il paraît, en effet, fort probable qu'une petite quantité du liquide qui imbibe les disques épais des fibres des muscles striés est expulsé, au moment de la contraction, et se répand à la périphérie de ces disques (Ranvier). Mais la contraction elle-même est liée sans doute aux phénomènes chimiques qui s'exagèrent dans le muscle, sous l'influence de ses excitants habituels. En effet, dans les muscles en contraction, les principes solubles dans l'eau diminuent tandis que les principes solubles dans l'alcool augmentent (Helmholtz); le glycogène disparaît (Nasse et Weiss, Chauveau) tandis qu'il se forme du sucre, de l'acide sarcolactique et de l'acide carbonique (Cl. Bernard). L'oxygène est consommé, mais la production d'acide carbonique augmente plus vite avec le travail que la consommation d'oxygène, de sorte qu'il n'y a pas de rapport immédiat entre la consommation de l'oxygène et la production de la force qui résulte de la transformation chimique de la substance musculaire elle-même. La proportion d'acide carbonique exhalée par la totalité de l'appareil musculaire du corps humain qui est, en vingt-quatre heures de 630 grammes, quand cet appareil est en repos, peut être portée à 1500 grammes quand il est en activité.

Il est probable qu'il faut chercher l'explication de la propagation des ondes musculaires, dans la propagation sur toute la longueur de la fibre du travail chimique commencé au point où l'excitation s'est produite. Ce travail n'est qu'en partie transformé en travail mécanique; toute la force développée par un animal lui doit son origine; mais c'est seulement une fraction relativement faible du travail chimique qui apparaît sous forme de travail mécanique, sous forme de mouvement. Une fraction beaucoup plus importante se manifeste sous forme de chaleur sensible; elle contribue à élever la température du muscle et par suite celle de l'animal. C'est là l'explication de ce fait paradoxal qu'un muscle qui travaille s'échauffe. Il devrait se refroidir, suivant la théorie mécanique de la chaleur, s'il n'était à la fois un lieu de production et de transformation calorifiques; mais dans ce lieu la production dépasse toujours de beaucoup la consommation, pendant la période d'activité, de sorte que le résultat final est une élévation de température.

Production de chaleur par les animaux. — Les muscles ne sont pas les seuls organes capables de produire de la chaleur. Les innombrables phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans un organisme sont tous accompagnés de phénomènes thermiques. Comme tous ces phénomènes se ramènent approximativement, en dernière analyse, à une consommation d'oxygène et à une production à peu près équivalente d'acide carbonique, c'est-à-dire à la combustion d'une certaine quantité de charbon, la résultante de ces phénomènes thermiques est toujours une production de chaleur. Cette production de chaleur peut, en quelque sorte, servir de mesure à l'activité physiologique dont elle est le *signe* et la *conséquence*.

Lorsque l'activité physiologique est faible, la chaleur se dissipe au fur et à mesure de sa production; la température de l'animal s'élève peu au-dessus de celle du milieu ambiant, dont elle suit, comme nous l'avons vu, les variations; lorsque l'activité augmente, la température s'élève naturellement; si l'activité est localisée dans

certains organes, comme cela arrive pour les muscles des organes du vol chez les Insectes, l'élévation de température se localise de même. C'est ainsi que, durant le vol, la température du thorax des Insectes s'élève de 6°, 8° et même 10° au-dessus de celle de l'abdomen, chez les Bourdons et les Sphinx (Maurice Girard). La circulation tend cependant sans cesse à régulariser la distribution de la température dans l'organisme, sans y parvenir d'une manière absolue. C'est ainsi que, chez les Mammifères, la température du sang artériel diminue à mesure qu'il s'éloigne du cœur, et devient minimum quand il arrive au voisinage de la peau. Dans les veines périphériques, le sang dont une partie a traversé le réseau cutané et s'y est refroidie, est encore moins chaud que dans les artères; il n'arrive pas à reprendre sa température primitive dans la veine cave supérieure; il s'échauffe, au contraire, peu à peu, et atteint dans la veine cave inférieure, au niveau des veines rénales, la température du sang artériel de l'aorte; il continue à s'échauffer, et sa température s'est élevée de deux dixièmes de degré quand il arrive dans le ventricule droit. Mais alors il passe au travers des poumons et a reperdu ces deux dixièmes de degré quand il revient dans le ventricule gauche. L'influence du refroidissement produit par le milieu extérieur se fait ici nettement sentir.

Cette influence est naturellement très atténuée lorsque l'air ambiant, mauvais conducteur, se trouve retenu par des productions tégumentaires, qui maintiennent autour de l'animal l'air qu'il a réchauffé, et lui constituent ainsi une petite atmosphère spéciale qu'il porte partout avec lui. C'est ce que font les plumes des Oiseaux, les poils des Mammifères, si bien que la température d'un Lapin rasé est toujours sensiblement inférieure à celle d'un Lapin pourvu de sa toison. Les Moutons doivent sans doute à l'épaisseur de leur toison d'avoir une température de 1°,5 plus élevée que celle du Cheval, tandis que l'on peut imputer à sa peau nue la faible température de 37° de l'Homme. Il est à remarquer, d'ailleurs, que les mots d'*animaux à température constante* sont presque synonymes, dans la nature actuelle, de ceux d'*animaux à poils* et d'*animaux à plumes*. Or, nous l'avons vu, l'élévation de la température est, jusqu'à une certaine limite, favorable à l'activité des éléments anatomiques et, par conséquent, à la production de chaleur. La présence d'un appareil tégumentaire, protégeant contre le refroidissement, favorise donc non seulement la conservation de la chaleur, mais aussi sa production, en permettant aux animaux qui en sont pourvus de devenir une plus grande source de force vive. Par cela même, les parties les plus protégées de l'organisme sont celles où les conditions les plus favorables à la production de chaleur sont réalisées; de là la haute température du sang viscéral.

Les phénomènes chimiques qui s'accomplissent dans le sang ne prennent cependant qu'une faible part à l'élévation de la température chez les animaux à sang chaud. Quand on galvanise les nerfs vaso-constricteurs des glandes sous-maxillaires, le sang artériel passe lentement à travers les artéριοles rétrécies, et sort de la glande entièrement transformé en sang noir, sans que la température de celle-ci se soit élevée. Si l'on galvanise, au contraire, le nerf excitateur de la sécrétion, aussitôt que la salive apparaît, la température s'élève et peut monter de 2° au-dessus de la température initiale, bien que le sang passe sans être devenu noir dans les veines de la glande. Inversement, chez un chien empoisonné par le curare et dont tous les muscles sont à l'état de résolution, la température baisse de 39°,9 à 37°,

quoique la transformation du sang noir en sang rouge continue à se faire régulièrement. C'est donc bien à l'activité propre des organes, à l'activité sécrétrice des glandes, aux contractions musculaires, qu'il faut attribuer la production de chaleur. Les centres nerveux n'échappent pas à cette loi. Davy avait déjà constaté que des efforts d'attention, soutenus pendant plusieurs heures (de deux à cinq heures dans ses expériences) élèvent la température générale du corps de 50 centièmes de degré; des recherches très précises ont établi qu'un travail intellectuel d'une heure suffit pour élever la température interne de 0°,1. Cette augmentation de la température peut être, dans certains cas, portée à 2 dixièmes de degré. La production de chaleur, comme la combustion respiratoire, est donc essentiellement corrélative de la vie.

Les éléments vivants ne peuvent même brûler que leur propre substance pour alimenter leur activité. Cette activité continue, en effet, après leur séparation de l'organisme, comme on le voit souvent pour les fibres musculaires et les glandes; elle peut dans ces conditions s'épuiser et se régénérer; il est donc bien évident que ni le sang, ni les matières combustibles qu'il contient ne sont directement employés pour la produire. Les matières combustibles sont d'abord assimilées, et ce n'est que lorsqu'elles font partie intégrante de la substance vivante qu'elles sont brûlées. La production de chaleur n'est, en somme, que la manifestation physique du phénomène général de désassimilation, qui est l'une des faces mêmes de la vie. Mais la désassimilation est elle-même, chez les animaux supérieurs, sous la dépendance étroite du système nerveux, qui en règle les conditions dans toutes les parties de l'organisme, qui surexcite la sécrétion des glandes et détermine la contraction des muscles et qui est, par conséquent, le véritable régulateur de la production de chaleur. On ne peut encore faire que des hypothèses sur le mode d'action des nerfs sur les organes. Il paraît bien probable, cependant, qu'ils agissent en y déterminant les décompositions chimiques dont nous avons précédemment exposé l'histoire complexe; le fait paraît évident pour les glandes dont la sécrétion s'accompagne d'une fonte des cellules; de même, toute contraction musculaire produite par l'excitation d'un nerf est, nous l'avons vu, accompagnée de phénomènes chimiques. On pourrait dès lors comparer l'action des nerfs à une électrolyse; mais la question est loin d'être résolue.

Production de lumière par les animaux. — La production de lumière par les animaux est un phénomène si répandu qu'Ehrenberg était disposé à le considérer comme un phénomène général, conséquence inséparable de la vie. Il y a là une exagération évidente; on trouve cependant des animaux lumineux dans les groupes zoologiques les plus divers. Tels sont les Noctiluques, parmi les Protozoaires; les Campanulaires, parmi les Hydraires; la *Cunina moneta*, la *Pelagia noctiluca* parmi les Méduses; les *Beroë*, les *Chiaja*, parmi les Cténophores; les *Hippopodius*, parmi les Siphonophores; certains Alcyonnaires des grandes profondeurs, les *Mopsea*, *Pennatula*, *Pteroides*, *Funiculina*, *Veretillum*; de nombreux Crustacés abyssaux, tels que les *Acanthephyra pellucida*, *Thysanopoda norvegica*, *Euphausia pellucida*, *Geryon tridens*, ou pélagiques, les larves de *Mysis*, entre autres; certains *Geophilus* parmi les Myriapodes; parmi les Insectes, divers Lampyrides, Elatérides, Buprestides (*B. ocellata*, de l'Inde), des Orthoptères (*Anurophorus*), des Hémiptères, les Fulgores, et des Diptères (*Culex*, *Tyreophora*); les Syllidiens, les *Phyllodoce*, les *Chetopterus*, parmi les Annélides; certains Vers de terre; les *Phyllirhoë*, les Pholades

parmi les Mollusques; les Pyrosomes parmi les Tuniciers; le *Malacosteus niger*, l'*Ipnops Murrayi*, probablement divers Scopélidés, Sternoptychidés, Stomiadés, et peut-être quelques Requins parmi les Poissons. Ces animaux produisent souvent une lumière assez vive pour qu'on puisse lire dans leur voisinage.

On peut répartir les animaux lumineux en trois groupes : 1° ceux chez qui la phosphorescence n'apparaît qu'après la mort; 2° ceux chez qui la lumière est l'indice d'une maladie ou apparaît accidentellement, à la suite d'une blessure, par exemple; 3° ceux chez qui la production de lumière est un phénomène biologique normal, se manifestant durant toute la vie ou seulement pendant un certain temps, par exemple, aux périodes d'excitation génésique.

Les Crevettes, les Homards, les Poulpes, les Élédon, les Poissons de mer, encore à l'état frais, produisent souvent quelques heures après leur mort, une phosphorescence plus ou moins vive, qui cesse dès que la putréfaction s'accroît. Le même phénomène a été observé, quoique moins fréquemment, sur de la viande de boucherie. Dans ces deux cas, la phosphorescence est contagieuse; elle a pu être communiquée à de la chair de Grenouille, d'Oiseau, de Lapin, de Chat, de Chien (Miersch), même à du blanc d'œuf cuit et à de la pomme de terre. Le sang frais ou cuit s'est montré réfractaire à toute contagion. Il est hors de doute que la production de lumière par les matières mortes, est le fait du développement de *Bactériacées*, dont plusieurs ont été isolées et cultivées (*Micrococcus Pflugeri*, F. Ludwig; *Bacillus westindicus*, Fischer; *B. phosphoreus*, O. Hermès; *B. indigenus*, Fischer). Ces Bactériacées se distinguent les unes des autres non seulement par leur forme, mais aussi par la couleur de la lumière qu'elles produisent. Comme certaines d'entre elles peuvent se développer dans l'empois d'amidon, par exemple, sans produire de lumière, il est probable, *a priori*, que la phosphorescence nécessite la présence de deux facteurs : 1° la Bactérie ou les ferments solubles qu'elle produit; 2° une substance fermentescible. Des expériences assez nombreuses confirment pleinement cette manière de voir. L'une de ces Bactériacées, le *Micrococcus Pflugeri*, serait capable de se développer aussi bien dans le bois que dans la chair de poisson.

On est donc conduit à se demander si la phosphorescence que produisent à l'état vivant certains animaux ne serait pas due au développement dans leurs tissus, ou aux dépens des produits qu'ils excrètent, de Bactériacées spéciales. Le fait est aujourd'hui établi pour les Pélagies, les Cestes, le siphon expirateur des Pholades, les Salpes. M. Raphaël Dubois a pu cultiver le *Bacterium Pelagiæ* que produit la phosphorescence des Pélagies et rendre ainsi lumineux du bouillon de gélatine, légèrement alcalin, salé à 2 p. 100 et contenant une petite quantité de substances phosphorées telles que la nucléine ou la lécithine. Ces substances phosphorées sont nécessaires à la production du phénomène. Le *Bacillus pholus* se prête également à la culture: il se développe chez les Pholades à la surface interne du siphon expirateur et, dans l'épaisseur de sa paroi, aux dépens d'éléments migrants plus ou moins déformés qui se rassemblent au-dessous de la surface interne du siphon de manière à simuler des cryptes glandulaires. Ces parasites photogènes des Pélagies et des Pholades sont, pour ainsi dire, constants. Mais d'autres peuvent envahir accidentellement divers animaux. L'un d'eux a été observé par M. Giard ¹ dans le *Talitrus*

¹ *Bulletin de la Société de biologie*, 19 octobre 1889.

saltator et a pu être inoculé aux espèces suivantes de Crustacés : *Orchestia littorea*, *Ibyale Nilssoni*, *Ligia oceanica*, *Philoscia muscorum*, *Porcellio scaber*. On remarquera que ces deux dernières espèces sont terrestres. Les Décapodes se sont montrés réfractaires à la généralisation de l'inoculation. La Bactérie lumineuse est ici un *Diplobacterium*; son développement est accompagné d'une altération profonde de l'appareil musculaire de l'animal lumineux, qui est, en général, voué à une mort rapide. Il s'agit donc bien d'une véritable maladie. Il est probable qu'on peut rattacher aussi au développement d'une Bactériacée parasite la phosphorescence que produit le mucus du corps de certains Requins ou le contenu des canaux muqueux de divers poissons.

Lorsque la phosphorescence n'apparaît qu'à la suite d'une blessure, l'intervention d'un parasite est plus douteuse.

Les Phyllodoces peuvent compter parmi les animaux qui ne produisent qu'accidentellement de la lumière. On voit quelquefois ces belles Annélides, lorsqu'elles sont blessées, répandre derrière elles, en nageant, une traînée de leur liquide de la cavité générale qui devient lumineux au contact de l'eau, tandis que le corps même de l'animal demeure obscur. Il arrive de même qu'en cassant les bras de certaines Étoiles de mer (*Brisinga*), la plaie est lumineuse au contact de l'air ou de l'eau aérée.

Lorsque la production de lumière est localisée à certains organes bien déterminés, il paraît vraisemblable qu'elle est le résultat de l'activité même de ces organes; mais l'histoire des Pholades prouve que cette localisation ne saurait cependant être considérée comme une preuve de l'autonomie de la phosphorescence.

Chez les Pennatulides, les zoïdes (polypes complets ou rudimentaires) sont autant de foyers de lumière isolés, et la production de lumière a pour siège, chez eux, huit cordons longitudinaux correspondant aux papilles buccales et occupant toute la longueur du corps. Ces cordons sont formés de cellules les unes multipolaires, les autres arrondies, contenant, outre des granulations blanchâtres (*Pennatula phosphorea*), une substance grasse, résistant à la putréfaction, qui est la substance lumineuse proprement dite et qui garde la propriété de briller même après la mort de l'animal. Ces Polypes vivants brillent dès qu'on vient à exciter un point quelconque du dôme ou colonie dont ils font partie. Ils brillent successivement comme si l'excitation se propageait graduellement du point touché aux différentes parties du dôme, sans doute par l'intermédiaire des éléments nerveux. La vitesse de la propagation est d'environ 20 mètres par seconde.

Outre la phosphorescence du siphon expirateur, les Pholades émettent une autre sorte de lumière qui est produite dans un pli dépendant du bord supérieur du manteau (*organes triangulaires* et *organes du cordon*, Panceri). Chez les *Phyllirhoë*, la phosphorescence a pour siège les cellules ganglionnaires, une partie des cellules épithéliales et de grandes cellules jaunes (*cellules de Müller*), suspendues dans les tissus aux extrémités de certaines terminaisons nerveuses; l'excitation des nerfs provoque l'apparition de la lumière.

Chaque ascidiozoïde d'un Pyrosome possède deux organes lumineux, situés au-dessous de la branchie, entre les tuniques externe et interne du tégument, adhérents à la tunique externe. Ils existent déjà chez les embryons et sont constitués exclusivement par des cellules sphériques contenant la substance lumineuse.

Comme chez les Pennatules, l'excitation d'un point quelconque du dème amène successivement tous les ascidiozoïdes à briller.

Le siège de la production de lumière est très variable chez les Crustacés. Très souvent les yeux de ces animaux paraissent lumineux, mais, au moins dans certains cas (larves mysidiennes indéterminées, examinées durant le voyage du *Talisman*), la lumière ne vient que d'une sorte de calotte dans laquelle l'œil est enchâssé.

Chez les *Euphausia*, les *Thysanopoda* et autres Schizopodes, la lumière est émise non seulement par les yeux, mais encore par des organes spéciaux, dont la structure est fort semblable à celle des yeux, et qui sont placés sur diverses parties du corps. Ces organes, très mobiles, sont entourés de pigment rouge, présentent une lentille réfringente et reçoivent un nerf important. La *Thysanopoda norvegica* en possède 8, dont 4 situés sur la hanche de la deuxième et de la septième paires de pattes, et 4 sur la ligne médiane de la face ventrale du corps, entre les pattes natatoires. L'*Euphausia pellucida* en a 10, deux immédiatement derrière les yeux, 4 sur le céphalothorax, disposés par paires, 4 sur la ligne médiane des 4 premiers anneaux de l'abdomen. Un décapode voisin des Crevettes, l'*Acanthephyra pellucida*, est encore mieux pourvu; sa silhouette lumineuse, presque complète, est dessinée dans l'obscurité par les organes suivants, qui présentent un éclat nacré tout spécial, chez l'animal conservé dans l'alcool : 1° le bord antérieur d'une écaille qui protège extérieurement les yeux; 2° une ligne le long du bord externe de la cinquième paire de pattes; une tache ovale à la base interne du tarse de cette patte; une autre à la base de l'article de la jambe qui précède le tarse; 3° une tache semblable à la base du deuxième article de la troisième et de la quatrième paires de pattes, et une à la base du tarse de ces pattes; 4° une tache longue à la base du dernier article de la dernière paire de pattes-mâchoires; 5° une bande transversale sur la hanche de la dernière paire de pattes thoraciques; 6° une double ligne de points correspondant à chacun des articles du fouet externe des pattes thoraciques et de la lame externe des pattes abdominales; 7° une ligne le long du fouet extérieur des petites antennes; 8° une ligne continue en arrière, pointillée en avant, parallèle au bord inférieur de la carapace et située un peu au-dessus de ce bord.

Dans la classe des Insectes, toute la partie renflée de la tête serait lumineuse chez les Fulgores s'il est vrai, comme l'a affirmé Sybille de Mérian, que ces animaux produisent de la lumière. C'est, au contraire, la face inférieure des derniers anneaux de l'abdomen qui brille chez les Lampyrides (fig. 395), dont les œufs sont déjà lumineux. Les œufs des Élatérides ¹ du genre *Pyrophorus* sont également lumineux; l'aptitude à produire de la lumière se conserve et s'avive chez les larves et les Insectes parfaits, mais la position du foyer lumineux change avec l'âge.

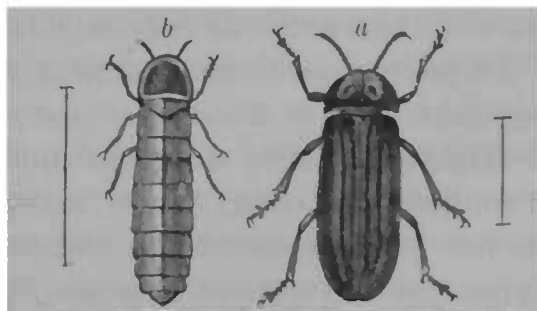


Fig. 395. — *Lampyris noctiluca* (règne animal). — a, mâle; b, femelle.

Chez la larve du premier âge, il n'existe qu'un foyer lumineux situé à la face ventrale, et occupant la partie postérieure du segment céphalique et la partie antérieure du

¹ RAPHAËL DUBOIS, *les Élatérides lumineux*. — *Bulletin de la Société zoologique de France*, t. XI, 1886, et à part.

segment prothoracique. A ce foyer s'ajoutent, chez la larve du second âge, trois points brillants sur chacun des huit premiers segments abdominaux et un foyer unique sur le dernier segment. Ces points sont disposés en série linéaire, et forment ainsi trois cordons lumineux. Chez l'Insecte adulte, il existe aussi un appareil lumineux ventral, situé sur la région médiane du sternite du premier segment abdominal, mais la plus vive lumière est produite par deux vésicules situées latéralement, du côté dorsal, vers les angles postérieurs du prothorax, et dont la position varie un peu suivant les espèces.

Un certain nombre de larves de Lampyrides de l'Amérique tropicale présentent des appareils photogéniques comparables à ceux des larves de Pyrophores. Reinhardt a décrit une de ces larves qui paraît avoir été revue par Murray, et dont la tête émettait une vive lumière rouge, tandis que tous les segments du corps, sauf le prothorax, présentaient de chaque côté de leur face dorsale un foyer de lumière verdâtre. Une autre larve décrite par Burmeister présentait deux taches lumineuses égales, au lieu d'une, de chaque côté des segments; enfin une larve lumineuse analogue, décrite sommairement par Weyenberg, paraît être une larve de Téléphoride. Ainsi chez les Insectes la production de lumière n'est pas le caractère de l'état parfait, elle se manifeste déjà dans l'œuf; il paraît même certain qu'un certain nombre de larves, celles de quelques Téléphorides, par exemple, peuvent posséder un pouvoir photogénique qui manque à l'Insecte parfait.

L'organe lumineux de la première forme larvaire des Pyrophores et celui des Lampyres sont constitués par deux vésicules formées d'une fine membrane contenant une substance d'apparence protoplasmique, remplie de granulations de guanine. La substance lumineuse des organes phosphorescents latéraux des larves du second âge est contenue dans des vésicules saillantes sur les côtés du corps. Les organes lumineux du Pyrophore adulte sont essentiellement formés de colonnes cellulaires, adipeuses, reposant extérieurement sur l'hypoderme, et se transformant du côté interne en cellules granuleuses, formant une couche crayeuse non photogène. La production de lumière paraît liée au phénomène d'histiolyse qui aboutit à la transformation des cellules de la couche externe, photogène, en cellules de la couche crayeuse, non photogène. La production de lumière accompagne d'ailleurs les phénomènes d'histiolyse chez la larve, ce qui explique l'embrasement du corps tout entier de celle-ci, lors de la métamorphose.

La production de lumière peut être aussi, chez les Poissons, le fait d'organes spéciaux. Chez le *Malacosteus niger*, qui vit dans l'Atlantique de 1500 à 2500 mètres, il existe deux paires d'organes lumineux situés sur les joues, l'un sous-oculaire, d'un beau vert clair, l'autre sus-maxillaire jaunâtre. Ces organes sont des sacs formés par une membrane fibrillaire opaque, d'un éclat nacré, enveloppée elle-même par une sorte de choroïde pigmentée. Le contenu du sac est un réticulum conjonctif, dans les mailles duquel sont des cellules arrondies, nucléées. Deux organes analogues recouvrent presque toute la surface de la tête chez l'*Ipnops Murrayi*, Scopélide pêché par le *Challenger* à 3500 mètres de profondeur. Ils sont considérés par Moseley comme des organes de vision. C'est enfin une question à étudier que celle de savoir si les organes latéraux observés chez divers Scopélidés et Stomiadés (*Stomias boa*, *Astronesthes niger*, *Eustomias obscurus*, *Neostoma bathyphilum*, *Cyclothone*, *Gonostoma nudatum*) et Sternoptychidés (*Chauliodus*

Sloani, *Argyropelecus*), sont des organes de vision ou de phosphorescence. Ces organes ont tantôt une structure très voisine de celle des yeux; tantôt celle de simples glandes (*Argyropelecus*, *Gonostum*, *Maurolicus*, *Scopelus*). Leur disposition est très variable suivant les espèces. Chez le *N. bathyphilum* on observe, de chaque côté, avant la première dorsale, une rangée de huit ou dix taches occupant à peu près la position de la ligne latérale; une autre rangée voisine de la ligne médiane ventrale, commence de chaque côté sur la membrane branchiostège et s'étend jusqu'à la nageoire caudale; un nouvel organe de ce genre paraît exister au-dessus de l'extrémité postérieure du maxillaire. Chez le *N. quadrioculatum* il y a un organe lumineux en avant et un peu au-dessous de chaque œil; un sur chaque espace intermédiaire de la membrane branchiostège, un à la base de chacun des rayons des nageoires dorsale et anale; une série de ces organes commence sur la joue et se continue à travers la région operculaire sur la ligne latérale jusqu'à la naissance du pédoncule caudal. *L'Eustomias obscurus* possède une tache lumineuse sus-maxillaire, une série de taches entre les rayons branchiostèges et quatre séries symétriques le long de la face ventrale.

On a fait de nombreuses recherches sur la nature de la lumière émise par les animaux. La lumière des Eledon et des Poissons morts, celle des *Pelagia*, des *Hippopodius*, des *Beroe*, des *Chiaja*, des *Pholas*, paraît être monochromatique ou tout au moins continue, mais la bande lumineuse qui la constitue occupe une position constante, pour chaque espèce, dans le spectre solaire; chez trois espèces de *Mopsea*, de *Virgularia*, d'*Umbellularia* des grands fonds, examinées par Moseley, la lumière émise était dépourvue de rayons violets et bleus; la lumière de l'*Umbellularia* manquait même de rouge. La lumière du *Pyrosoma giganteum*, de teinte azurée, et celle du *P. atlanticum* sont polychromatiques; mais leur spectre est continu et s'étend du rouge au violet; il en est de même de la lumière des Lombrics et des Lampyres (Gervais et Dion), de celle des Pyrophores (Pasteur et Gernez), où ne manquent même pas les rayons chimiques. Cette dernière lumière a été soigneusement étudiée par M. Raphaël Dubois, qui a pu obtenir des photographies d'objets éclairés par elle; elle présente une teinte légèrement verdâtre, et un éclat tout à fait caractéristique, analogue à celui des corps fluorescents examinés à la lumière du jour, sous une certaine incidence, ou sous l'action des rayons les plus réfrangibles du spectre. Cette lumière est suffisamment intense pour permettre, à une distance de 2 m. 30, la lecture des caractères n° 12 de l'échelle typographique, éclairés par un Insecte placé à 20 centimètres.

Dans la grande majorité des cas où il a été possible de l'étudier, la substance lumineuse des animaux phosphorescents par eux-mêmes a paru être, comme dans le cas de la phosphorescence bactérienne, une substance organique phosphorée (nucléine, lécithine), conservant toutes ses propriétés après la mort de l'animal qui l'a produite et même lorsqu'il est déjà en putréfaction. Les chocs, les frottements, le passage d'un courant électrique, l'action de la chaleur, le contact de l'eau douce, de l'ammoniaque, parfois même de l'alcool, excitent, en général, son pouvoir photogénique; la dessiccation le suspend, mais, après la dessiccation, la substance redevient lumineuse quand on la mouille. La substance brillante des *Phyllirhoë* paraît cependant ne pas être sensible à l'électricité; la potasse, l'alcool, l'éther avivent son éclat.

Il a paru dans quelques cas (*Lampyrus*) que la présence de l'oxygène était favorable à la phosphorescence, celle de l'acide carbonique nuisible, et l'on en a conclu que le dégagement de lumière était dû, comme pour le phosphore, à une oxydation lente de la matière grasse; mais dans le cas le mieux étudié, celui du *Pyrophorus noctilucus*, il est bien certain qu'il n'en est rien. M. R. Dubois a recherché comment se comportent les organes éclairants de cet animal dans les circonstances les plus variées; dans aucun cas, l'apparition de la lumière n'a paru liée à une action oxydante. La substance lumineuse se forme dans les points où l'histiolyse est active, et où son activité est indiquée par la présence d'une grande quantité de cristaux de guanine. Elle se décompose en présence de l'eau et d'un ferment soluble spécial; c'est au cours de cette décomposition que les phénomènes lumineux prennent naissance. Le ferment qui dans les cas de phosphorescence parasitaire est produit par des Bactéries, paraît être produit, dans les cas de phosphorescence normale, par les globules du sang. Les phénomènes lumineux sont renforcés, chez les Pyrophores, par la présence dans le sang, et par conséquent dans les organes lumineux, d'une substance fluorescente qui transforme en rayons de réfrangibilité moyenne, les rayons les moins réfrangibles du spectre, et donne à la lumière produite par ces Insectes son éclat particulier.

Production d'électricité par les animaux. — La production d'électricité par les animaux est une conséquence nécessaire des phénomènes chimiques dont leurs

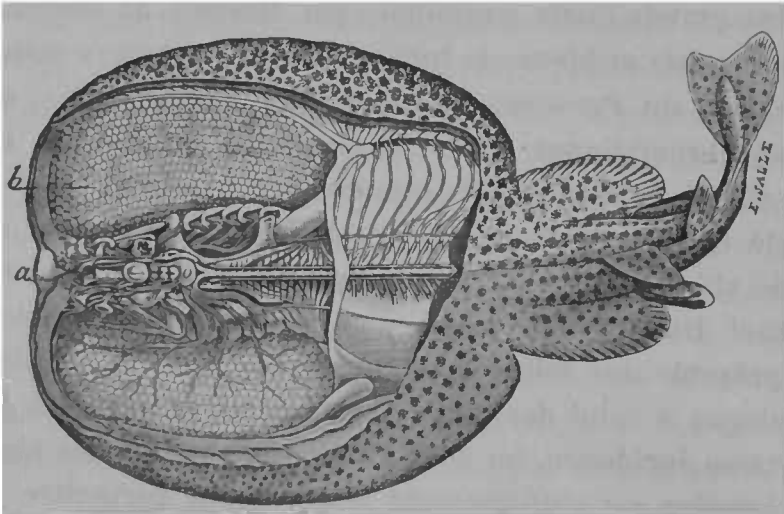


Fig. 396. — Torpille marbrée. — *a*, organe muqueux; *b*, organe électrique; *o*, lobes électriques du cerveau. — 1/4 diam. (d'après Ranvier).

éléments anatomiques en activité sont le siège. Ces phénomènes sont surtout apparents dans les glandes, les muscles et les nerfs; ils sont, en général, faibles, mais ils prennent chez divers Poissons, les Torpilles (fig. 396, *a* et *b*), les Gymnotes, les Mormyres et les Malaptérures (fig. 397, *c*) une intensité suffisante pour rendre ces animaux redoutables aux êtres dont ils font la chasse. On a également observé des phénomènes élec-

triques, mais plus faibles, chez les Raies, le *Tetrodon electricus*, le *Trichiurus electricus*, et l'on a attribué un pouvoir électrique analogue à quelques Insectes, le *Reduvius serratus* (Kirby et Spence), un Élatéride (Gray, de Gratz), une chenille de l'Amérique du Sud (Blakeney, cité par Yarrell); mais les faits relatifs aux Insectes sont encore à l'état d'observations isolées.

Glandes. — Les phénomènes électriques des glandes n'ont pu être mis nettement en évidence que sur des glandes tubulaires, régulièrement disposées, comme les glandes de Lieberkuhn de l'intestin grêle et des muqueuses en général. La face interne de ces muqueuses, correspondant au fond des glandes, est positive, la face externe négative. Il existe donc un courant dirigé des parties profondes de la

muqueuse vers sa surface libre. Ce courant diminue d'intensité lorsqu'on vient à exciter les nerfs se rendant aux glandes; il présente alors ce qu'on nomme une *oscillation négative*.

Muscles. — Si l'on examine un tronçon ou *prisme musculaire*, formé de fibres parallèles et terminé par deux sections perpendiculaires à la direction de ces fibres, on constate que les tensions électriques de la surface du prisme sont symétrique-

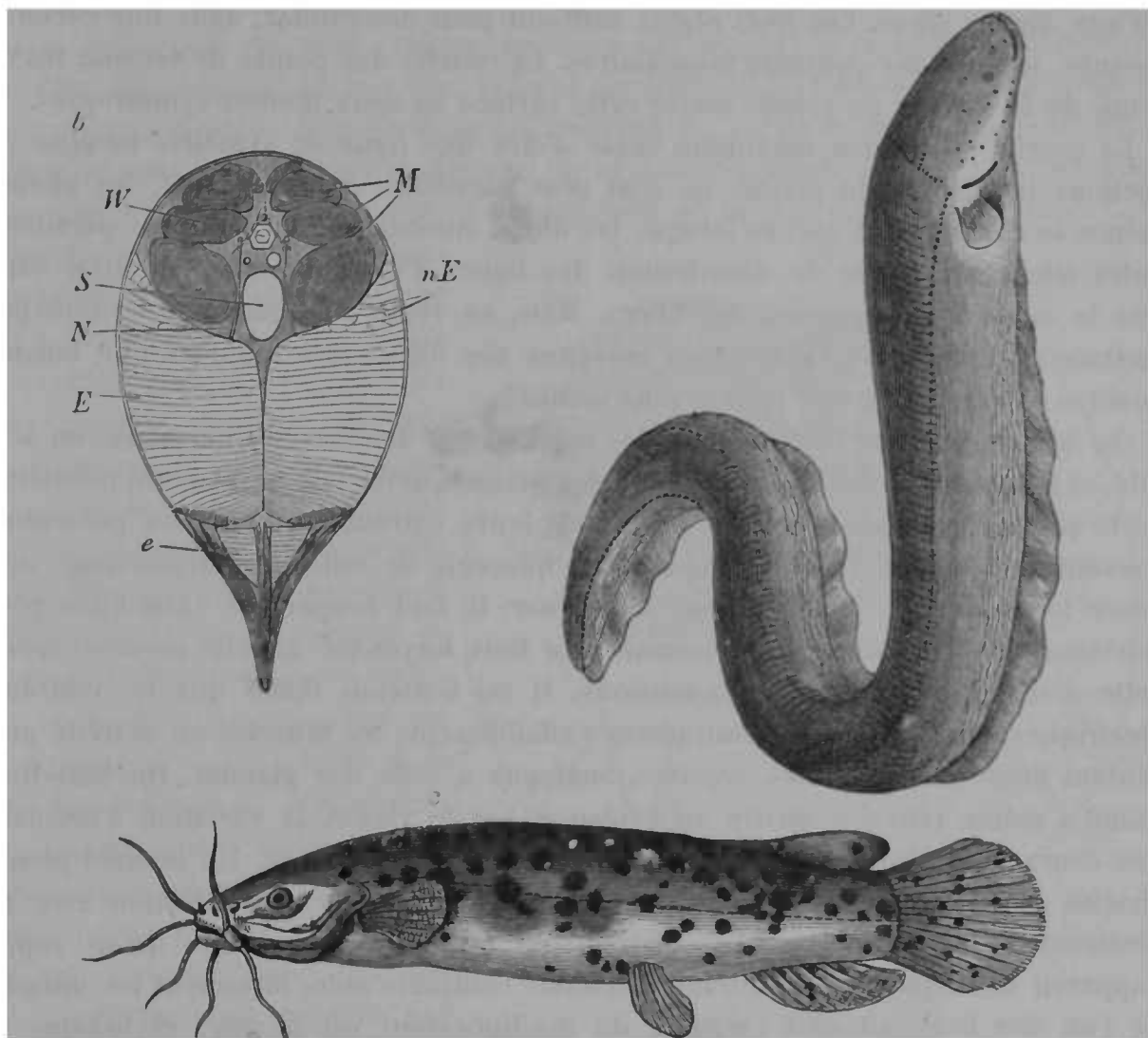


Fig. 397. — a, *Gymnotus electricus* (d'après Sachs). — b. Coupe à travers la queue du *Gymnotus* : E, organe électrique supérieur; e, organe électrique inférieur; nE, faisceau de colonnes de Sachs; M, muscles du tronc; W, vertèbre; S, vessie natatoire; N, nerf électrique. — c. *Malapterurus electricus* (d'après Cuvier et Valenciennes).

ment réparties de chaque côté de sa section transversale moyenne. Il en résulte que, si l'on réunit deux points également distants de cette section, on ne constatera aucun courant, mais qu'entre deux points qui en sont inégalement distants il pourra toujours s'établir un courant. La tension électrique est maximum dans la section moyenne; le courant sera, par conséquent, toujours dirigé du point le plus rapproché de cette section vers le point le plus éloigné. Une extrémité du fil conducteur étant fixée sur la section moyenne, le courant croît à mesure qu'on se rapproche de la section terminale; il augmente encore quand on s'avance des bords de cette section vers son centre, et son intensité est maximum quand le centre est atteint. L'intensité du courant ne croît pas d'une manière uniforme, mais accélérée, quand l'extrémité du fil va de la section moyenne aux sections terminales.

Si les sections terminales, au lieu d'être perpendiculaires à la direction des fibres, sont obliques, mais demeurent parallèles entre elles, les courbes d'égale tension se compliquent beaucoup. Cependant la surface latérale du prisme conserve une tension positive et les surfaces des sections une tension négative; le maximum de tension positive de la surface du prisme est très rapproché de la partie des sections correspondant à l'angle obtus; les tensions demeurent plus fortes aux angles obtus qu'aux angles aigus. Ces trois règles suffisent pour déterminer, dans une certaine mesure, le sens des courants musculaires. La courbe des points de tension maximum de la surface du prisme divise cette surface en deux moitiés symétriques.

La courbe de tension maximum cesse d'être une ligne de symétrie lorsque les sections terminales du prisme ne sont plus parallèles. Naturellement, les phénomènes se compliquent encore lorsque les fibres musculaires ne sont plus parallèles entre elles, et le mode de distribution des lignes d'égale tension est aussi varié que le mode d'arrangement des fibres. Mais, en règle générale, une section peu inclinée par rapport à la direction moyenne des fibres aura toujours une tension positive par rapport à une section plus inclinée.

On ignore comment se distribuent les tensions sur des muscles normaux, en activité, et les résultats obtenus par l'étude des prismes artificiels ne peuvent permettre de le prévoir, car les muscles pourvus de leurs extrémités naturelles présentent souvent une distribution électrique fort différente de celle que laisseraient supposer les règles que nous venons d'indiquer. Il faut couper ces extrémités pour retrouver la distribution dite normale; du Bois Reymond appelle *parélectromie* cette distribution anormale des tensions. Il est toutefois établi que les courants électriques d'un muscle en contraction s'affaiblissent; les muscles en activité présentent donc une *oscillation négative*, analogue à celle des glandes. Du Bois-Reymond a même réussi à mettre en évidence, sur le vivant, la variation d'intensité des courants électriques, résultant de la contraction musculaire. Un homme plonge chacun de ses bras dans un vase rempli d'un liquide en communication avec un électromètre multiplicateur. Les choses sont disposées de manière qu'au repos, l'appareil n'indique aucun courant. L'homme contracte alors fortement les muscles de l'un des bras; aussitôt l'aiguille du multiplicateur est déviée, et indique un courant allant de la main vers l'épaule. Il est à remarquer que ce courant est lui-même un produit indirect de l'activité des cellules nerveuses qui ont élaboré l'ordre de contraction du muscle, ou si l'on aime mieux un produit indirect de la volonté.

Nerfs. — Les nerfs dont les fibrilles sont toutes parallèles et dont les sections artificielles sont toujours fort petites, présentent une distribution des tensions électriques identique à celle qu'on observe dans un prisme musculaire à sections droites. Seulement, en raison de la petitesse des sections, on peut considérer la tension électrique comme constante à leur surface. Toute excitation suffisamment forte du nerf détermine aussi une oscillation négative de ses courants. Quel que soit le point où l'excitation est produite, l'oscillation négative se propage le long du nerf, dans les deux sens, avec une vitesse d'environ 28 m. par seconde. Quand on fait passer un courant à travers une partie déterminée d'un nerf, les tensions électriques s'accroissent dans leur sens respectif, de chaque côté de la partie du nerf qui traverse le courant. L'irritabilité du nerf se modifie dans le même sens;

elle diminue dans la région du nerf à tension positive, et augmente dans l'autre région; de sorte que les deux phénomènes sont concomitants. On donne le nom d'*electrotonus* aux variations que subit l'irritabilité du nerf sous l'influence du passage du courant.

Parmi les incitations qui modifient l'état électrique des nerfs, l'une des plus intéressantes est celle qui résulte de l'action de la lumière. En l'absence de toute excitation, la tension de tous les points de la rétine est positive par rapport à la section artificielle du nerf optique, négative par rapport à sa surface extérieure naturelle. Dans un œil en bon état, la force électromotrice, c'est-à-dire la différence de tension, augmente brusquement au moment de l'arrivée de la lumière, puis décroît de manière à tomber au-dessous de sa valeur normale; elle reprend ensuite brusquement cette dernière valeur au moment où la lumière est supprimée. Ces variations de la force électromotrice peuvent atteindre une valeur de 3 à 20 pour 100 de la force électromotrice normale. On peut les suivre jusque dans le cerveau. L'accroissement de la force électromotrice de l'œil, au moment où il est frappé par la lumière, semble varier avec l'intensité de celle-ci suivant la loi psychologique de Fechner, c'est-à-dire que *la variation de la force électromotrice est proportionnelle au logarithme de la variation de l'intensité lumineuse.*

Les nerfs sont donc le siège de phénomènes électriques importants. On ne peut affirmer, bien que cela soit probable, que leur état électrique soit modifié par l'activité des cellules des centres nerveux; mais leur intervention dans la production des phénomènes électriques des Poissons capables de fournir des décharges est évidente.

Organes électriques des Poissons.

— Les puissantes décharges électriques que sont aptes à produire divers Poissons sont préparées par des organes spéciaux,

ayant une structure toute particulière, dont les traits généraux demeurent constants, mais qui se modifient dans le détail, d'une espèce électrique à l'autre. Les organes électriques, de forme semi-lunaire, occupent chez les Torpilles tout l'espace compris entre la branchie et la nageoire latérale (fig. 398); ceux des

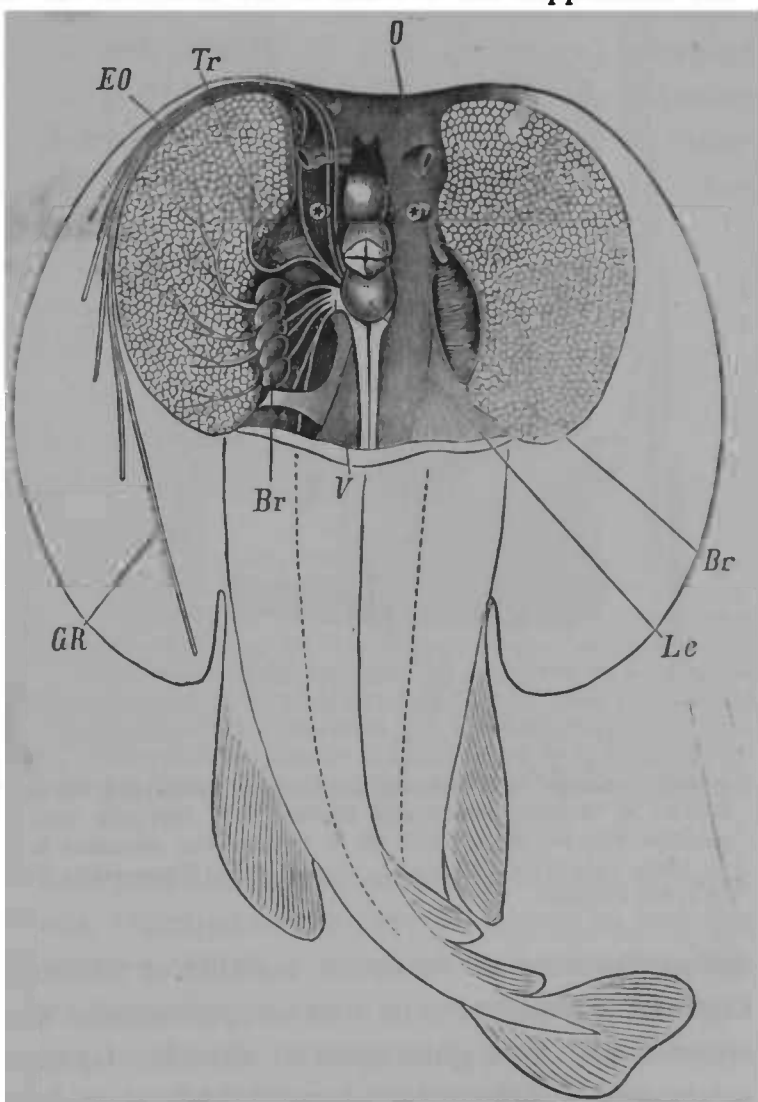


Fig. 398. — Torpille avec l'organe électrique (EO) préparé (d'après Gegenbaur). — A droite, l'organe est vu par la face supérieure; à gauche, les nerfs qui pénètrent dans l'organe sont préparés. Le, lobe électrique; Tr, trijumeau; V, nerf vague; O, œil; Br, sacs branchiaux, mis à nu à gauche, recouverts d'une couche musculaire commune à droite; GR, canaux muqueux de la peau.

Raies sont fusiformes, allongés, situés sur la queue, de chaque côté de la colonne vertébrale. Chez les Gymnotes (fig. 397, *b*) et les Malaptérures, ils occupent toute la longueur du corps et forment presque les deux tiers de son épaisseur chez les premiers de ces Poissons. Ils sont directement innervés par le cerveau chez les Torpilles (*Le*), par la région caudale de la moelle chez les Raies et les Gymnotes. Chacun des deux nerfs électriques des Malaptérures est formé d'une seule fibre primitive, colossale, qui prend naissance dans une énorme cellule multipolaire, située dans la moelle, entre les racines des 2^e et 3^e nerfs rachidiens. Chez les différents types, les organes électriques présentent ce caractère commun qu'ils sont divisés par une charpente fibreuse, en compartiments réguliers ou en alvéoles. Ces

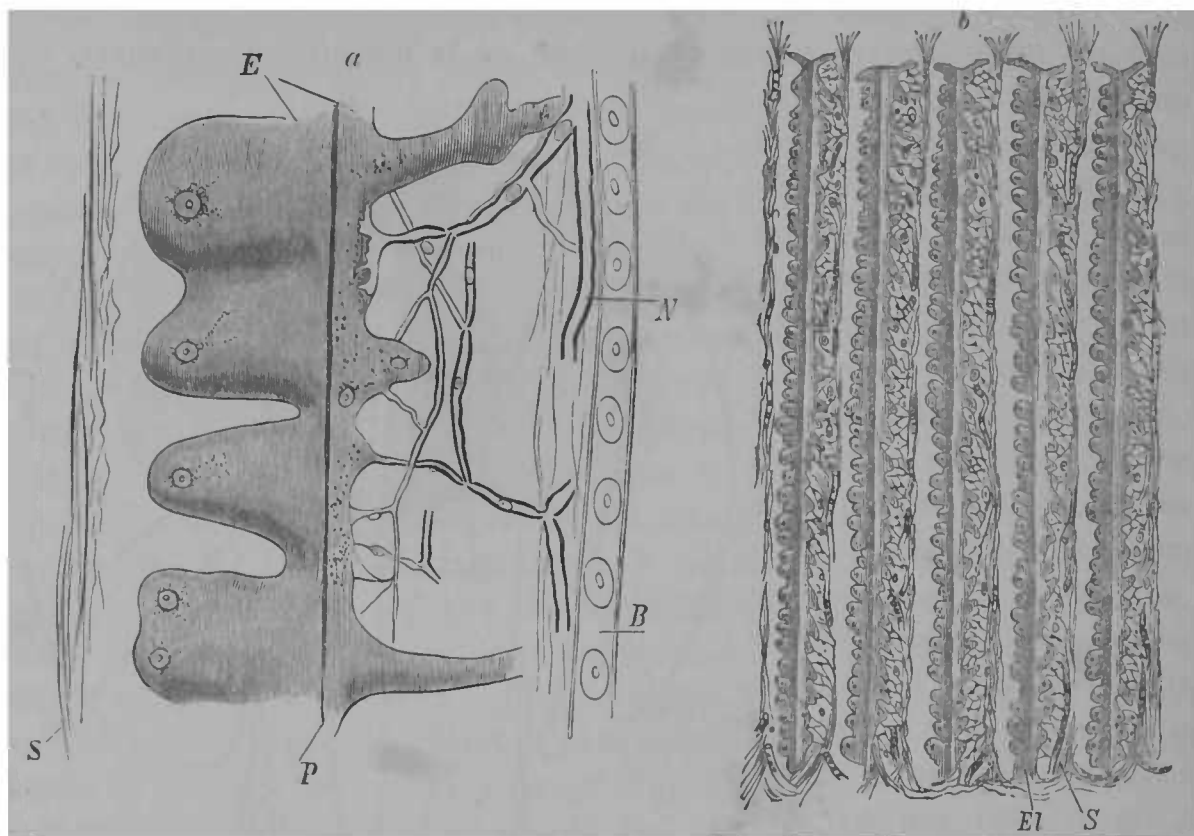


Fig. 399. — Coupe longitudinale de l'organe électrique du Gymnote. — *a*. Coupe d'une alvéole, d'après Sachs; *S*, cloison transversale fibreuse; *N*, nerf; *B*, vaisseau sanguin; *E*, lame électrique avec les papilles sur ses deux faces et la terminaison nerveuse sur la face postérieure; *P*, ligne de Pacini; *G*, tissu conjonctif gélatineux. — *b*. Coupe d'une série d'alvéoles d'une colonne. Grossissement faible (d'après Fritsch).

compartiments sont de forme variable et différemment orientés suivant les genres. Chez les Malaptérures ils sont irrégulièrement rhomboïdaux et affectent une disposition à peu près quinconciale; chez les Gymnotes, ils se disposent en colonnes prismatiques qui courent longitudinalement de chaque côté du corps (fig. 399, *a* et *b*); ce sont aussi des colonnes régulièrement prismatiques, chez les Torpilles; mais ces colonnes sont disposées verticalement, s'étendent du tégument dorsal au tégument ventral, et forment ainsi deux masses qui, vues par la face dorsale ou la face ventrale de l'animal, rappellent l'aspect des rayons de miel. Les nerfs électriques se ramifient et se terminent sur la face postérieure des cloisons alvéolaires chez les Gymnotes, sur leur face inférieure chez les Torpilles.

L'organe électrique des Torpilles peut servir de type pour la description des organes de ce genre; il a été étudié avec soin par divers histologistes et notamment par Ranvier. Les prismes sont ici formés d'une substance gélatineuse,

translucide, d'un gris rosé, et séparés les uns des autres par des cloisons résistantes de tissu conjonctif. Leur substance est, en réalité, une pile de très minces lamelles horizontales, fortement adhérentes sur tout leur pourtour aux cloisons conjonctives et libres dans le reste de leur étendue (fig. 400) : sur la face ventrale

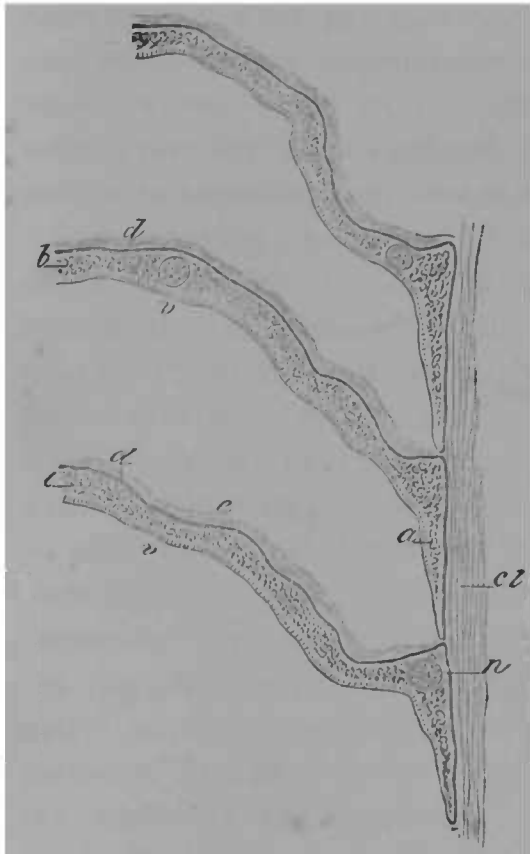


Fig. 400. — Attache des lames électriques de la Torpille à la gaine intime des prismes. — *cl*, gaine intime des prismes électriques ; *v*, lamelle nerveuse ou ventrale ; *p*, lamelle dorsale ; *e*, couche mince du tissu conjonctif qui double la lame électrique sur sa face dorsale ; *b*, couche intermédiaire ; *n*, noyaux de cette couche ; *a*, portion réfléchie de la lame électrique. — 400 diam. (d'après Ranvier).

de ces *lames électriques* viennent se terminer, par une *arborisation terminale* complexe (fig. 402), les fibres des cinq gros nerfs qui innervent chaque organe électrique, et naissent du *lobe électrique* du cerveau. Dans les mailles de l'arborisation terminale, mêlée de capillaires, se montrent de nombreuses cellules connectives, polyédriques, munies de prolongements anastomosés, et appartenant au tissu muqueux, interposé entre les lamelles. La couche de l'arborisation terminale est surmontée d'une couche de bâtonnets, les *cils électriques*, supportant eux-mêmes

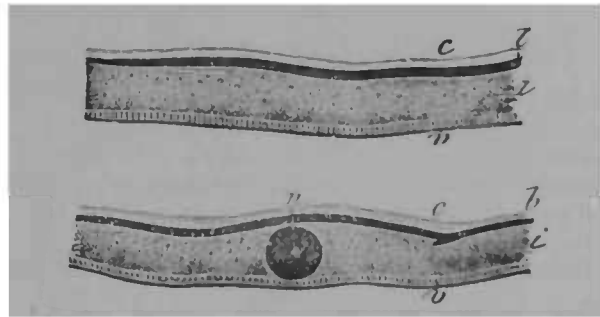


Fig. 401. — Coupe transversale des lames de l'organe électrique de la Torpille, faite après injection interstitielle d'une solution d'acide osmique à 1 pour 100, macération des fragments de l'organe injecté dans une solution de bichromate d'ammoniaque à 2 pour 100, et action subséquente de la gomme et de l'alcool pour compléter le durcissement. Coloration par l'hématoxyline. — *c*, tissu conjonctif qui double la face dorsale de la lame électrique ; *l*, lamelle dorsale ; *i*, couche intermédiaire ; *v*, lamelle ventrale. — 1200 diam. (d'après Ranvier).

une *couche intermédiaire*, incolore, contenant des noyaux arrondis. Cette couche est protégée par une *lamelle dorsale*, mince, vitrée, sans structure, au-dessus de laquelle s'entre-croisent les fines fibres conjonctives du tissu muqueux intercalé entre les lamelles (fig. 401). Arrivée au contact de la cloison des prismes, chaque lame électrique s'aplatit sur elle, en s'infléchissant du côté ventral de manière à présenter la forme d'un cristalliseur renversé, dont le bord libre s'appuierait sur le pourtour de la lame suivante (fig. 400, *a*). La cloison est, elle-même, formée d'une série de membranes fenestrées, anastomosées entre elles, dans lesquelles on observe des faisceaux de tissu conjonctif et de fibres élastiques, plongés dans une substance interstitielle. Les deux faces des membranes sont revêtues d'un endothélium. A mesure qu'on approche des parois des prismes, les faisceaux connectifs des membranes deviennent de plus en plus grêles, et la dernière membrane, la *gaine interne des prismes*, est finalement composée de fines fibrilles entrelacées, qui se prolongent sur la lamelle dorsale, comme nous l'avons déjà indiqué.

Les ramifications nerveuses cheminent d'abord dans les cloisons ; elles viennent

ensuite ramper sur la face ventrale des lames électriques, où leur gaine de myéline, puis leur gaine secondaire ne tardent pas à disparaître (fig. 402). La fibre dépourvue de gaine continue à cheminer en se ramifiant en bois de cerf (R. Wagner); finalement, chaque ramification se résout en un système de ramus-

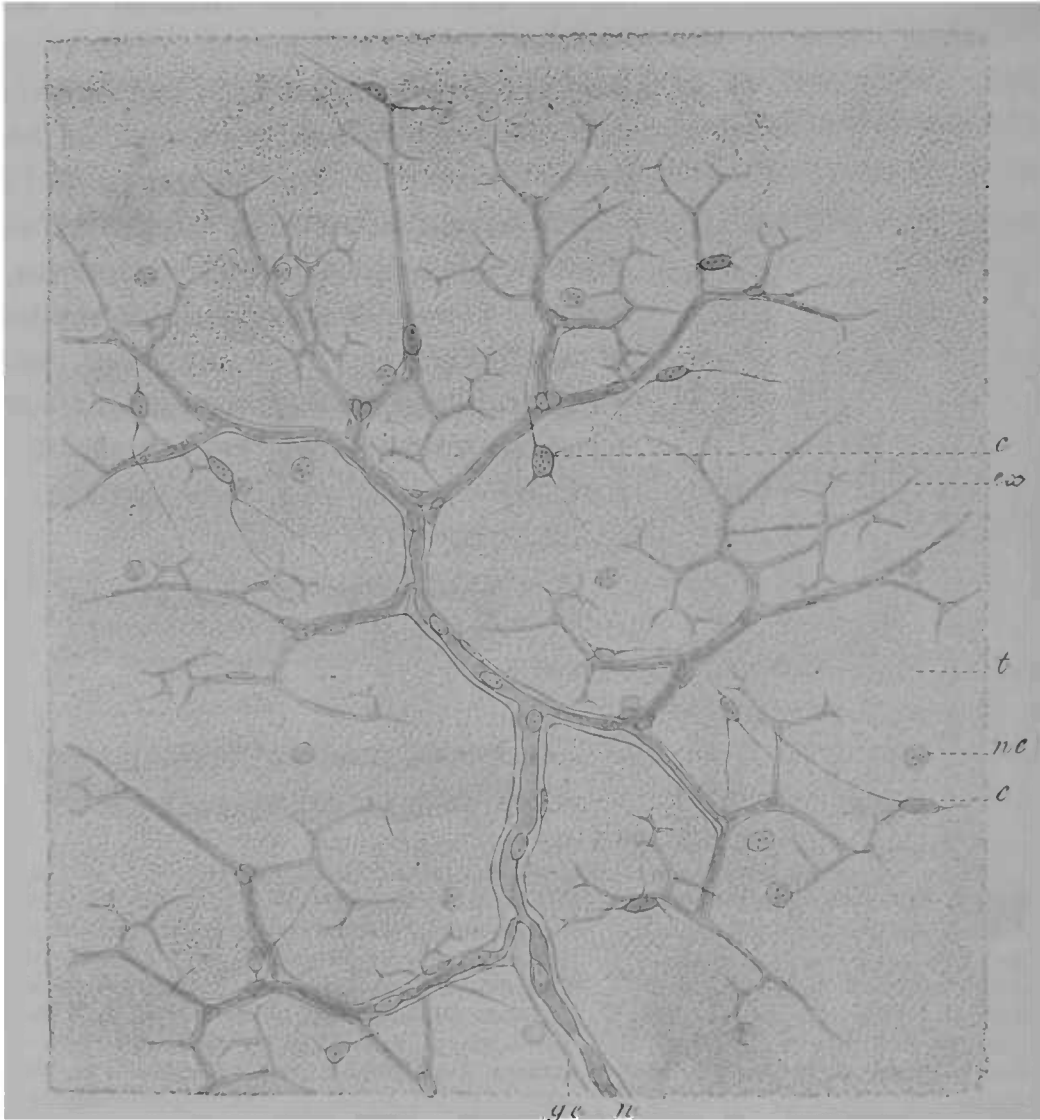


Fig. 402. — Lamelle de l'organe électrique de la Torpille marbrée, se présentant par sa face ventrale. Préparation obtenue par dissociation après injection interstitielle d'une solution d'acide osmique à 2 pour 100 et macération dans la même solution pendant 24 heures. — *n*, tube nerveux; *ge*, gaine secondaire; *ex*, ramifications en bois de cerf de Wagner; *c*, cellules connectives du tissu conjonctif muqueux; *t*, granulé correspondant à l'arborisation terminale; *ne*, noyaux de la couche intermédiaire. — 300 diam. (d'après Ranvier).

cules très sinueux, fournissant un assez long trajet, parfois anastomosés et pourvus latéralement de courts appendices de même diamètre qu'eux, légèrement renflés en bouton (fig. 403). Ce sont là les terminaisons nerveuses qui couvrent toute la surface de la lame électrique¹.

Sous l'influence d'une excitation artificielle des nerfs électriques, ou sous l'action de la volonté de l'animal, l'une des faces de la lamelle électrique se charge d'électricité positive, l'autre d'électricité négative et, la distribution électrique étant la même pour toutes les lames, chaque prisme fonctionne comme une petite pile de Volta. En l'absence d'excitations, les organes électriques n'ont qu'un pouvoir élec-

¹ RANVIER, *Traité technique d'histologie*, 2^e édition, 1889, p. 396.

tromoteur beaucoup plus faible que celui des muscles. Cependant une légère excitation électrique de l'organe détermine un dégagement proportionnellement très grand d'électricité, ce qui s'explique facilement par la structure même de l'appareil et son analogie avec une batterie électrique. Il n'est pas nécessaire, pour que les décharges apparaissent, que les nerfs excités soient en communication avec le cerveau. Toute excitation produite sur un rameau d'un nerf électrique détaché du cerveau, provoque la décharge de la partie de l'appareil électrique à laquelle il se distribue et de celle-là seulement. On le démontre en plaçant des pattes écorchées de Grenouille sur les diverses parties de l'appareil électrique d'une Torpille; on ne voit se contracter, au moment de la décharge, que les pattes placées sur les parties de l'appareil correspondant aux rameaux nerveux excités. L'appareil électrique, mécaniquement excité, peut donc produire des décharges partielles ou une décharge totale. Il serait intéressant de savoir s'il en est de même pour les décharges volontaires.

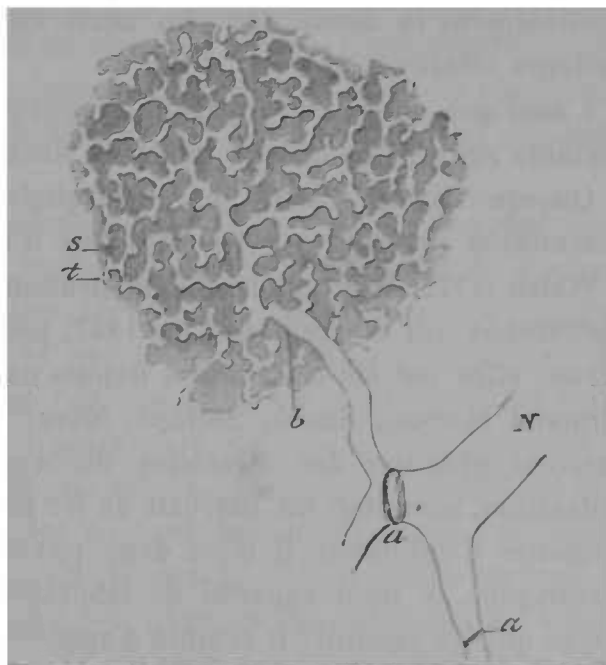


Fig. 403. — lame électrique de la Torpille imprégnée d'argent et examinée par sa face ventrale. — *n*, fibre nerveuse de second ordre; *aa*, anneaux terminaux de la gaine secondaire; *b*, dernière branche nerveuse correspondant aux ramifications en bois de cerf; *t*, arborisation terminale; *s*, mailles comprises entre les branches de l'arborisation terminal. — 1000 diam. (d'après Ranvier).

Il y a de grandes analogies, mises en évidence, surtout par M. Marey, entre les propriétés des muscles et les propriétés des organes électriques, entre les décharges électriques et les phénomènes de contraction musculaire. De même que les muscles exsangues gardent quelque temps le pouvoir de se contracter, de même les organes électriques, privés de sang, donnent encore des décharges; de même que la répétition des contractions épuise la contractilité musculaire qui se régénère par le repos, de même la faculté de produire des décharges électriques s'épuise par des excitations répétées et se régénère spontanément quand l'organe est abandonné à lui-même; de même qu'une excitation d'un nerf moteur produit toujours une secousse musculaire unique, de même une excitation d'un nerf électrique produit toujours un *flux électrique* isolé; de même que la contraction volontaire des muscles résulte de la fusion de secousses musculaires très rapprochées, de même les décharges volontaires de la Torpille résultent de la fusion de flux électriques successifs; de même que la contraction musculaire s'affaiblit par la fatigue, ces flux successifs sont d'autant moins nombreux que l'animal est plus fatigué. Lorsqu'un animal est empoisonné par la strychnine, une excitation de ses nerfs moteurs détermine non plus une secousse musculaire, mais un tétanos; de même, l'excitation d'une Torpille strychninisée produit non plus un flux électrique isolé, mais une décharge multiple. Le curare paralyse les organes électriques comme il paralyse les muscles; mais plus tardivement. Entre l'excitation d'un nerf moteur et la contraction musculaire qui en résulte, il s'écoule un certain temps; il s'écoule de même un certain temps entre une excitation du nerf électrique et le

flux qui la suit. Ce retard est, dans les deux cas, d'environ $1/100$ de seconde. Enfin, la décharge électrique d'une Torpille dure environ $14/100$ de seconde, comme la secousse d'un muscle de Grenouille, et la vitesse de l'agent nerveux est sensiblement la même dans les nerfs électriques des Torpilles et dans les nerfs moteurs (Marey).

L'analogie entre les appareils électriques et les muscles se retrouve même, à certains égards, dans leur mode de développement.

Quoique divers auteurs, parmi lesquels Adanson, aient eu l'idée de comparer la commotion produite par les Torpilles à une décharge électrique, on doit attribuer à Walsh (1772) la première démonstration de l'identité des deux phénomènes. Ses recherches ont été reprises, en 1827, par Davy, de Blainville et Fleuriau de Bellevue; elles ont été complétées depuis par Matteucci, Faraday, du Bois-Reymond, Armand Moreau, Sachs, Steiner, Marey. Les décharges des Poissons électriques peuvent produire des étincelles, décomposer certains corps, tels que l'iodure de potassium, aimanter un barreau de fer doux, provoquer dans une bobine des phénomènes d'induction. Il n'est donc pas douteux que ce soient bien des décharges électriques. A quel appareil de laboratoire peut-on comparer l'appareil physiologique qui les produit? Il semble d'après ce que nous venons de dire, qu'il réunisse certaines des propriétés des machines statiques, aux propriétés des appareils d'induction, mais qu'il se rapproche surtout de ces derniers. Le caractère intermittent des excitations nerveuses que révèle l'étude de la contraction musculaire, aussi bien que celle des décharges des Poissons électriques, est bien en rapport avec ce rapprochement.

Influx nerveux. — Les nerfs conduisent jusqu'aux centres ganglionnaires ou cérébro-spinaux les excitations périphériques; ils ramènent vers les glandes, les muscles et les organes électriques, d'autres excitations qui semblent être spontanées et qui ont pour point de départ les centres nerveux. Habituellement ces phénomènes de transport s'accomplissent dans des nerfs différents, de sorte qu'il existe, en fait, des fibres nerveuses *afférentes* et des *fibres efférentes*. Il n'y a aucune différence histologique importante entre ces fibres; toutefois les nerfs moteurs et les nerfs sensitifs n'ont pas exactement la même coloration (Lowe). D'autre part diverses expériences ont montré que, suivant les circonstances, les mêmes fibres pouvaient être afférentes ou efférentes, de sorte que, quel que soit le sens dans lequel les excitations se propagent, le phénomène est identiquement le même¹.

¹ La démonstration de cette transmission des excitations indifféremment dans les deux sens au travers des fibres nerveuses est très délicate. Vulpian pensait l'avoir obtenue en coupant deux nerfs voisins, l'un sensitif (lingual), l'autre moteur (hypoglosse), et en unissant le bout central du lingual, au bout périphérique de l'hypoglosse. La cicatrisation une fois produite, en excitant le bout central du lingual on obtient à la fois des signes de douleur et des mouvements de la langue; mais de nouvelles expériences de Vulpian l'ont conduit à penser que les mouvements étaient dus, dans ce cas, à des fibres motrices, fournies au lingual par la corde du tympan et qui s'uniraient aux fibres de l'hypoglosse. Paul Bert a pensé fournir la même démonstration en greffant l'extrémité de la queue d'un Rat à la peau du dos de l'animal; si l'on coupe la queue à sa base quand la suture est complète, le Rat donne des signes de douleur lorsqu'on vient à exciter la portion de sa queue fixée à la peau de son dos, bien que l'excitation soit alors transmise en sens inverse par les fibres sensitives; mais il se peut qu'il y ait là un simple phénomène de sensibilité récurrente (François Franck). La démonstration la plus nette a été tirée par Babuchine de l'étude des propriétés des nerfs électriques des Malaptérures, composés d'une

Comme on ne constate aucun changement apparent dans la fibre nerveuse pendant cette propagation, on est amené à penser qu'elle se produit dans un milieu impondérable, tel que celui où s'accomplissent les phénomènes lumineux et les phénomènes électriques, et, pour ne rien préjuger sur sa nature, on donne le nom d'*influx nerveux* à la cause inconnue qui permet aux fibres nerveuses, excitées périphériquement, d'agir sur les cellules ganglionnaires, et à celles-ci de réagir par l'intermédiaire d'autres fibres nerveuses sur les glandes, les muscles et les appareils analogues.

Nous avons vu que les excitations périphériques des nerfs développent toujours un changement électrique dans ces nerfs; qu'il en est de même de l'action spontanée, de l'action volontaire des cellules cérébrales; que la sécrétion glandulaire, la contraction musculaire, provoquées par les nerfs, sont accompagnées de phénomènes électriques; que, dans certains cas, ces phénomènes électriques peuvent atteindre une intensité considérable; d'autre part, de faibles décharges électriques lancées dans les nerfs efférents remplacent exactement les excitations des cellules centrales, et, ces cellules elles-mêmes ne sont pas indifférentes aux excitations électriques, comme cela résulte des expériences de Ferrier sur le cerveau¹; il y a donc quelques raisons de penser que les phénomènes attribués à l'influx nerveux rentreront un jour, au moins en partie, dans la catégorie des phénomènes électriques. On a objecté à cette hypothèse que la vitesse de propagation des excitations dans les nerfs était très inférieure à la vitesse des courants électriques. Mais cette dernière vitesse n'est très grande que dans les corps bons conducteurs, tels que les métaux; elle descend, dans une mèche de coton imbibée d'eau, à des valeurs relativement faibles, supérieures encore, il est vrai, à celles de la vitesse de l'influx nerveux, mais comparables cependant (Beaunis); la vitesse de l'électricité s'atténue encore dans des conducteurs hétérogènes (d'Arsonval). Il n'y a donc pas d'objection absolue à rattacher l'influx nerveux aux actions électriques. La vitesse de l'influx nerveux moteur est, d'après Baxt et Helmholtz, de 31 m. 53 par seconde; celle de l'influx nerveux sensitif est, d'après M. Marey, de 30 mètres par seconde. Ces nombres varient d'ailleurs, suivant l'espèce des animaux et l'état des individus soumis à l'expérience. Chez le Homard, même en été, la vitesse de l'influx nerveux tombe à 12 m. (Frédéricq et Van de Velde).

Phénomènes réflexes et phénomènes psychiques. — Les excitations périphériques transmises par les nerfs jusqu'aux plastides des centres nerveux provoquent dans ces derniers, des phénomènes d'un tout autre ordre que les phénomènes périphériques de contraction musculaire, de sécrétion glandulaire ou de décharge électrique, dont nous venons de nous occuper; ce sont les *phénomènes psychiques* dont l'essence nous échappe encore presque complètement. Ces excitations se transforment d'abord en *sensations*. Les sensations elles-mêmes s'impriment, pour ainsi dire, dans les centres nerveux de manière à être reconnues quand elles se présentent de nouveau, ce qui constitue la *mémoire*. Leur souvenir peut être évoqué, soit

seule fibre nerveuse ramifiée. On isole une des branches de cette fibre, on la coupe, puis on en excise le bout central; on obtient aussitôt une décharge électrique qui n'a pu être provoquée que par la transmission centripète d'une excitation exercée sur une fibre habituellement centrifuge.

¹ FERRIER, *les Fonctions du cerveau*, traduit par de Varigny, 1878.

par une excitation analogue à l'excitation première, soit par une excitation qui s'est trouvée accidentellement concomitante de celle-ci, soit même en l'absence de toute excitation; ce souvenir peut être assez puissant dans le rêve, dans l'état hypnotique, par exemple, pour donner l'illusion de l'excitation première; il constitue une *idée*, et la faculté, commune à l'Homme et à un grand nombre d'animaux, d'évoquer des idées est ce que nous appelons l'*imagination*. Les idées qui s'éveillent peuvent agir comme des excitations aptes à éveiller d'autres idées; de longues séries d'idées peuvent ainsi se dérouler successivement appelées, pour ainsi dire, les unes par les autres; c'est là le phénomène de l'*association des idées*. Deux idées peuvent être comparées entre elles, de manière à être distinguées, et rapportées chacune aux sensations qu'elles représentent, aux objets qui ont fait naître ces sensations; ces *opérations intellectuelles* constituent autant de *jugements*. Les jugements sont eux-mêmes la source de réactions accomplies par les organes périphériques, et qui révèlent l'existence d'une faculté psychique nouvelle, la *volonté*. La volonté peut d'ailleurs également maintenir présente une idée ou une chaîne d'idées, elle fait ainsi naître l'*attention*. Les sensations, la mémoire, les idées, les jugements, les actes de volonté, sont les bases de la *conscience* que possèdent beaucoup d'animaux, de la solidarité des parties de leur organisme, de la nécessité de les préserver des actions extérieures qui pourraient tendre à les détruire, notion qui les porte à accomplir certains actes et à s'abstenir de certains autres. La continuité de la conscience, assurée par la mémoire, amène à son tour dans l'animal la notion de la durée de son organisme, la notion de sa *personnalité*. La faculté qui permet à l'animal de juger de ce qui lui est utile ou nuisible, d'approprier ses actes à un but déterminé, immédiat ou lointain, de relier les effets à leur cause, est l'*intelligence*. De l'intelligence dérive, chez certains animaux, un sentiment plus précis de leurs relations avec leurs semblables, qui leur fait apprécier les avantages de leur assistance. Ainsi se forment des sociétés, dans lesquelles les actes des individus sont bientôt régis par des lois précises auxquelles, par une sorte de *moralité*, tous se soumettent.

Enfin le besoin de connaître les rapports de l'individu avec le monde extérieur, de pénétrer sa propre essence, et de rechercher celle du monde lui-même, le souci perpétuel des causes et la tendance à remonter à une cause toujours plus haute, caractérisent la *raison humaine*.

L'étude de ces phénomènes a été longtemps bornée à l'Homme et est demeurée le domaine préféré de la psychologie. Mais la psychologie a réussi à créer à son tour, pour son usage, des méthodes scientifiques et rigoureuses. D'une part l'analyse plus complète des actes psychiques des animaux a irréfutablement démontré chez eux l'existence si longtemps contestée d'une véritable intelligence¹. La clinique des maladies mentales a fourni entre les mains du D^r Charcot et de ses émules d'importants documents à l'histoire des phénomènes psychiques. Enfin l'expérimentation physiologique a trouvé prise sur quelques-uns d'entre eux. Le temps que met une sensation lumineuse à provoquer une réaction musculaire de la main a été rigoureusement mesuré. Les astronomes avaient depuis longtemps constaté que ce

¹ Consulter surtout les ouvrages de ROMANES : *l'Intelligence des animaux*, trad. française, 1887, Bibliothèque scientifique internationale, et *l'Évolution mentale chez les animaux*, trad. française, 1884.

temps n'est pas le même pour les divers observateurs, et ils avaient donné le nom d'*erreur* ou d'*équation personnelle* au temps qui s'écoule entre la production d'un phénomène et le moment où il est enregistré par chaque observateur. L'équation personnelle varie pour chaque individu avec son état nerveux; elle peut être amoindrie par l'habitude. Un astronome éminent, M. Wolf, a pu ainsi réduire son équation personnelle de 0"30 à 0"10. Par des méthodes analogues à celles qui ont été employées pour mesurer l'équation personnelle, Helmholtz a pu déterminer le temps que met le cerveau à apprécier l'intervalle de deux sensations auditives ou lumineuses; Donders a mesuré le temps employé à distinguer l'une de l'autre deux sensations de lumières colorées; il a suivi de la même façon un certain nombre d'opérations qu'il compliquait graduellement. Toutes ces données sont encore bien restreintes, mais elles ouvrent la voie aux observations précises, qui seules peuvent servir de base à des explications rigoureuses.

Une des remarques les plus importantes auxquelles puisse donner lieu l'étude des actes qui se rattachent au domaine psychique est qu'ils peuvent se présenter sous deux formes, qu'on peut nommer la *forme réflexe* et la *forme consciente*.

Dans le premier cas les actes s'accomplissent sans laisser aucune trace dans le sensorium de l'animal, ou tout au moins dans son souvenir. L'animal ne *sait* pas qu'il accomplit ces actes; il *ignore* dans quel but il les accomplit; sa volonté ne paraît intervenir en rien dans leur accomplissement qui a, en conséquence, quelque chose de fatal, et sa sensibilité ne se distingue guère de cette propriété générale de toute substance vivante qu'on nomme l'*irritabilité*.

La forme réflexe paraît être la seule forme sous laquelle se présentent les réactions de l'organisme chez les Protozoaires, ainsi que chez les Éponges, les Polypes, les Échinodermes, c'est-à-dire chez tous les Phytozoaires. Mais, comme nous n'avons d'autre moyen d'apprécier les phénomènes psychiques des animaux que l'observation des actes qu'ils déterminent, et que ces actes sont peu nombreux chez des animaux lents à se mouvoir et très souvent fixés au sol, tels que les Phytozoaires, nous sommes peut-être portés à exagérer chez eux l'étendue des actes réflexes. Quoi qu'il en soit, un des caractères de l'acte réflexe c'est que la réaction suit de très près et d'une manière fatale l'excitation, si les conditions de l'expérimentation restent les mêmes; de telle façon qu'on peut dire que l'humidité, la chaleur, la lumière, des odeurs et des sons déterminés, etc., attirent certains animaux, en éloignent d'autres, et que l'on peut prévoir à coup sûr de quelle manière tel animal se comportera dans telle circonstance connue.

Chez les Artiozoaires les actes réflexes demeurent toujours extrêmement nombreux. Les glandes sécrètent sous l'influence des stimulants les plus variés, les muscles lisses se contractent, sans que l'organisme en ait aucunement conscience, sans que la volonté intervienne en rien. Ce sont là les actes le plus nettement réflexes; mais les réflexes peuvent mettre en jeu la sensibilité; dans ce cas l'organisme a plus ou moins pleinement conscience des actes qu'il accomplit, sans que cependant ni ses sensations, ni sa volonté aient eu à intervenir pour les provoquer ou les commander; c'est ce qui a lieu le plus souvent pour les battements du cœur. Les mouvements de l'appareil respiratoire s'accomplissent de même d'une manière régulière sans que la volonté intervienne; mais nous en avons conscience dès que notre attention se porte sur eux, et nous pouvons à notre gré les ralentir, les accé-

lérer ou les arrêter momentanément. Ces mouvements se rapprochent ainsi des mouvements qu'on peut appeler *mouvements volontaires à répétition*, tels que les mouvements nécessaires pour la locomotion. Ici, nous coordonnons une fois pour toutes nos mouvements en vue du but à atteindre; mais cette coordination accomplie, nous pouvons laisser s'effacer momentanément la conscience du mouvement qui s'exécute, celle même du but à atteindre, jusqu'au moment où les réveille un acte de volonté excitant de nouveau notre attention. La marche, le vol, la reptation, la natation s'accomplissent ainsi comme de véritables actes réflexes. En fait, les expériences sur les animaux décapités ou privés de leurs hémisphères cérébraux, l'aptitude à se mouvoir que présentent dès leur naissance tant de jeunes animaux, même de type élevé, montrent que les actes nécessaires à la locomotion sont combinés une fois pour toutes dans la plupart des organismes, de manière à pouvoir se produire automatiquement, en l'absence de toute volonté, sous l'action de stimulants appropriés; la volonté intervient surtout pour modifier les détails du fonctionnement de ce mécanisme.

Une ancienne opinion, aujourd'hui complètement réfutée, ne concédait aux animaux que cette sorte d'intelligence inconsciente, imperfectible, la même pour tous les individus d'une même espèce, à laquelle le nom d'*instinct* a été attribué et qui fait des animaux de simples automates. Il est possible qu'il en soit encore ainsi d'un certain nombre d'Artiozoaires: on ne peut guère attribuer davantage aux Artiozoaires fixés (CIRRIPÈDES, BRYOZOAIREs, BRACHIOPODES, ASCIDIENS), aux Artiozoaires parasites (LERNÉENS, NÉMATODES, TRÉMATODES, CESTOÏDES), aux Artiozoaires simplement sédentaires (ANNÉLIDES tubicoles, MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES, beaucoup de GASTÉROPODES); la plupart des Vers errants semblent même ne s'élever que fort peu au-dessus de ces animaux; mais beaucoup de Crustacés, surtout parmi les Décapodes, les Scorpions, les Araignées, les Insectes sociaux, les Mollusques céphalopodes, la plupart des Vertébrés donnent, à des degrés divers, des signes de facultés plus ou moins développées, et que rien ne distingue de l'Intelligence. Cette faculté demeure sans doute très loin de l'Intelligence humaine, telle qu'elle se révèle dans les races civilisées; elle atteint cependant un haut développement chez certains animaux dont l'Homme a associé définitivement l'existence à la sienne, tels que le Cheval et le Chien, et même chez certains animaux sauvages, tels que l'Éléphant ou les Singes anthropomorphes ¹.

Bien plus, par la répétition, par l'*habitude*, des actes ordinairement accomplis d'une manière consciente, et dont l'accomplissement a exigé d'abord des efforts soutenus, peuvent devenir absolument involontaires, inconscients et s'effectuer exactement comme des actes réflexes, dès que se renouvellent les circonstances dans lesquelles ils se sont produits. Les exemples de cette transformation sont trop nombreux et chacun peut en trouver dans ses souvenirs trop d'exemples pour qu'il soit utile d'insister. On peut donc dire qu'entre les actes réflexes les plus simples et ceux qui résultent des combinaisons psychiques les plus compliquées, il existe un nombre infini d'intermédiaires. La conscience, c'est-à-dire la sensation de

¹ Voir sur ce sujet, outre les livres de ROMANES déjà cités, le XIV^e volume des *Leçons de physiologie et d'anatomie comparées* de H. MILNE-EDWARDS et les volumes des *Merveilles de la Nature* de BREHM, consacrés à l'histoire des Mammifères et des Oiseaux.

l'acte qui est exécuté, du raisonnement qui s'accomplit, peut exister ou faire défaut sans que rien soit modifié ni dans la rectitude du raisonnement, ni dans la précision des mouvements nécessaires à l'exécution de l'acte. C'est ainsi que le voyageur qui a parcouru un grand nombre de fois la même route, que le pianiste qui a joué cent fois le même morceau, arrivent, l'un à se diriger, l'autre à faire courir ses doigts sur le clavier de son instrument sans commettre une erreur et sans avoir cependant aucune conscience de ce qu'ils ont fait.

Dans le somnambulisme et dans le sommeil hypnotique, cette disparition de la conscience peut devenir complète. Dès lors il est facile, au moyen de la parole, du geste ou de tout autre moyen approprié, de substituer dans l'esprit du malade telle sensation subjective que l'on veut aux sensations réelles, d'évoquer une idée quelconque, de provoquer l'accomplissement inconscient d'actes fort compliqués, ou même de diriger à son gré la suite des raisonnements. L'inconscience apparaît ici dans les phénomènes psychiques les plus élevés; le cerveau travaille à l'insu du malade; des idées non perçues, de véritables *idées réflexes*, surgissent et s'enchaînent comme dans l'état normal.

Ces faits sont d'un haut intérêt : la création des habitudes, le passage à l'état inconscient des actes les plus compliqués, les mieux adaptés à un but déterminé, qui peut être lui-même hors de la conscience, enfin l'hérédité des habitudes fournissent, en effet, des bases sérieuses pour l'explication des phénomènes singuliers, propres cette fois non plus à l'individu, mais à l'espèce, qui ont été, sous le nom d'*instinct*, opposés à l'intelligence.

CHAPITRE VII

LES ESPÈCES; LEUR ORIGINE; LEURS RAPPORTS AVEC LE MILIEU OU ELLES VIVENT; LEURS RAPPORTS RÉCIPROQUES

Développement de l'idée d'espèce. — Il est d'expérience journalière que les êtres vivants transmettent à leur descendance la plupart de leurs propres caractères. De là vient l'expression même *se reproduire*. On peut donner le nom d'*hérédité* à la cause inconnue de cette transmission plus ou moins fidèle.

Un tel fait ne pouvait échapper à l'observation la plus superficielle. Les philosophes et les savants ont longtemps partagé cependant la croyance populaire à la transformation des matières inertes les plus diverses en êtres vivants, à la métamorphose des formes animales ou végétales les unes dans les autres, à la fécondité des accouplements les plus monstrueux, à la suspension momentanée des lois de l'hérédité pour permettre les plus singuliers engendremens.

On doit à Ray (1686) d'avoir écarté de la science ces chimères, d'avoir nettement compris et exprimé la loi fondamentale de la génération, à savoir que les enfants ressemblent toujours à très peu près aux parents. Les êtres appartenant à une de ces lignées où tous les individus se ressemblent, forment une même *espèce*, comprenant aussi, suivant l'expression de Cuvier, tous ceux qui se ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux. « Les formes spécifiquement différentes conservent toujours, dit Ray, la même apparence. Jamais une espèce ne naît de la semence d'une autre, ni réciproquement. » Toutefois les formes spécifiques ne sont pas, suivant lui, complètement immuables : il y a déjà entre les animaux d'une même espèce des différences sexuelles considérables; d'autre part, certaines semences peuvent dégénérer, et des plantes d'espèce différente naître, dans des cas exceptionnels, de la semence d'une plante d'espèce donnée, réalisant ainsi une transmutation des espèces.

Linné, Buffon acceptent cette notion de l'espèce. Toutefois le premier tend à restreindre la variabilité des formes nées les unes des autres, et, en écrivant la formule : « Nous comptons autant d'espèces qu'en créa, à l'origine, l'Être infini », il donne naissance à une école où l'on professera bientôt la fixité absolue des caractères chez les êtres appartenant à une même lignée.

Buffon, au contraire, à mesure qu'il avance dans sa carrière, tend à faire une

part de plus en plus grande aux croisements et à la dégénération, dans la diversification des formes vivantes. Ses idées sur ce point sont rapidement accentuées par ses disciples, et une école où l'on admet la variabilité indéfinie des espèces ne tarde pas à se dresser en face de l'école linnéenne ¹

Les faits obligent bientôt les partisans de la fixité des espèces à donner au mot *fixité* une signification particulière, quand il s'agit des êtres vivants. Chaque individu présente, en effet, des caractères qui lui sont propres, et qui permettent à un œil exercé de le reconnaître parmi les individus de son espèce; les individus issus des mêmes parents sont loin d'ailleurs de se ressembler d'une manière absolue; la fixité s'accommode donc de variations individuelles, parfois assez étendues. Parmi ces variations, quelques-unes paraissent avoir, chez certaines espèces, une tendance à se reproduire plus fréquemment dans certaines localités ou en présence de certaines conditions d'existence; on peut grouper ensemble les individus présentant le même mode de variation; ils constituent alors une *variété*.

On réussit souvent en accouplant des individus appartenant à des générations successive de la même variété, à rendre héréditaires et persistants les caractères de cette variété; on crée ainsi une *race*. Les caractères des variétés n'apparaissent d'ailleurs pas spontanément; ils sont dus à une cause ou à un ensemble de causes déterminé; ces causes sont souvent des conditions climatiques ou des conditions analogues, agissant à la fois sur un grand nombre d'individus habitant la même région. Les mêmes variétés ont donc une tendance à se répéter dans un même district, et leurs représentants, se trouvant rassemblés en grand nombre sur un même point, sont amenés à s'unir fréquemment entre eux; il se crée ainsi spontanément des *racés naturelles*, à côté des *racés artificielles* que nous pouvons faire naître, maintenir ou laisser disparaître à notre gré, comme en témoigne l'histoire de nos animaux domestiques. La plupart de ces races gardent entre elles une affinité suffisante pour permettre la fécondité des accouplements croisés, et les produits de ces *croisements* portent le nom de *métis*. Les métis accouplés entre eux, à l'exclusion de tout mélange, peuvent constituer des races spéciales, des *racés métisses*. Ces races métisses ont été de la part des éleveurs l'objet d'une étude toute particulièrement féconde au point de vue industriel; elles paraissent avoir joué un rôle important dans la diversification des races humaines ². Elles se maintiennent pendant longtemps dans des conditions favorables; au contraire, quand on laisse les métis s'unir exclusivement, mais indifféremment entre eux, les caractères des races parentes finissent par s'isoler sur divers individus qui font ainsi retour aux races pures ³.

Il est donc bien clair que les individus appartenant à une même lignée, constituant, par conséquent, une espèce absolument authentique peuvent différer beaucoup les uns des autres. Or, dans l'impossibilité où sont les naturalistes de savoir quels liens de parenté peuvent unir les individus plus ou moins semblables qu'ils étudient, ils décrivent comme autant d'espèces distinctes tous les groupes d'animaux entre

¹ Consulter pour l'historique de ces questions : V. CARUS, *Histoire de la zoologie*, trad. française, par A. SCHNEIDER, 1880 (Reinwald), et EDM. PERRIER, *la Philosophie zoologique avant Darwin*, 2^e édit., 1886 (Alcan, Bibliothèque scientifique internationale).

² Voir les ouvrages généraux de M. DE QUATREFAGES : *Charles Darwin et ses précurseurs français* (Germer Baillière); — *l'Espèce humaine* (Bibliothèque scientifique internationale); — *Histoire générale des races humaines*, 1889 (Bibliothèque ethnologique, Hennuyer).

³ Voir A. SANSON, *Traité de zootechnie*.

lesquels ils aperçoivent, au même âge et dans le même sexe, des différences constantes, ou encore les individus entre lesquels ils constatent des différences d'une certaine grandeur. A la notion de l'espèce basée sur l'origine commune, se substitue donc, en fait, une autre notion basée sur la ressemblance, considérée comme signe de la communauté d'origine. Ces deux notions n'étant pas identiques, des variations individuelles, des variétés, des races naturelles sont souvent qualifiées du nom d'espèce. Il paraît bien probable que cette notion de la ressemblance et de la différence est tout d'abord la seule qui soit intervenue pour caractériser quelques-unes de nos espèces les plus communes, et ces espèces, quoique incomplètement définies, n'en ont pas moins été universellement acceptées. Ainsi le Chien domestique, le Loup, le Chacal et le Renard étaient pour tout le monde quatre espèces distinctes bien avant qu'on se soit préoccupé de rechercher s'ils avaient une origine commune, s'ils pouvaient se mêler ensemble dans la génération; de même, le Lièvre et le Lapin; la Chèvre et le Mouton, le Cheval et l'Ane. C'étaient là des espèces distinctes parce qu'on les voyait vivre journallement côte à côte en conservant leurs caractères particuliers, et tout d'abord, on n'en demandait pas davantage. Or le Chien et la Louve, le Loup et la Chienne se croisent, et ce n'est que dans la seconde moitié du siècle dernier qu'on s'est préoccupé de déterminer nettement les conséquences de leur union. Les *hybrides* résultant de leur croisement sont féconds; en les accouplant entre eux, Buffon a pu obtenir quatre générations successives sans avoir recours aux espèces parentes; la mort a interrompu son expérience. Le croisement des Louves sauvages avec les Chiens ne paraît être ni plus rare ni moins fécond que le croisement inverse. L'accouplement du Chacal et du Chien se produit souvent; il est fécond, et les hybrides se comportent probablement comme ceux du Chien et du Loup.

L'abbé Cagliari et après lui MM. Roux et Gayot ont obtenu du croisement du Lièvre et du Lapin des hybrides féconds, les *Léporides*. Les anciens Romains obtenaient les *Titires* en croisant le Bouc avec la Brebis, et les *Musmons* en croisant le Bélier avec la Chèvre; au Chili, en croisant dans un ordre déterminé les hybrides du Bouc et de la Brebis avec les espèces parentes, on obtient les *Chabins*, capables de se maintenir ensuite pendant plusieurs générations, sans croisement nouveau. On a réussi également à élever plusieurs générations d'hybrides de deux espèces réputées distinctes de Lépidoptères, l'*Attacus cynthia*, de Chine, et l'*Attacus arrindia*, de l'Hindoustan.

Le Cheval et l'Anesse se croisent en produisant des *Mulets*; l'Ane et la Jument en produisant des *Bardeaux*. Les Mulets et les Bardeaux, sauf de très rares exceptions, sont stériles. Le Serin des Canaries forme de nombreux hybrides avec le Serin vert, le Chardonneret, le Tarin, le Bouvreuil. Les hybrides obtenus avec les deux premières espèces sont communs et souvent féconds; avec les deux suivantes ils sont rares et leur fécondité n'est pas établie. On a obtenu ou observé un assez grand nombre d'autres hybrides; les diverses espèces de Faisans et de Tétraras se croisent facilement; l'hybridation rend parfois difficile la tâche des classificateurs: c'est ainsi que les Tétraras parmi les Oiseaux, les Coccinelles parmi les Insectes, paraissent présenter un très grand nombre d'hybrides. On ignore si ces derniers hybrides sont féconds.

Ainsi, entre espèces réputées distinctes, l'accouplement peut donner :

1° Des produits féconds dont la fécondité se maintient, quel que soit le nombre des générations qui se succèdent;

2° Des produits féconds dont on n'a observé qu'un petit nombre de générations successives ;

3° Des produits dont la fécondité est un fait exceptionnel ;

4° Des produits totalement inféconds ;

5° Des résultats absolument négatifs.

Une gradation semblable s'observe dans la difficulté plus ou moins grande avec laquelle l'accouplement est obtenu.

Les animaux dont l'accouplement doit donner naissance à des produits indéfiniment féconds s'unissent plus ou moins volontiers. L'union des autres est ordinairement exceptionnelle ; rare entre animaux sauvages, elle se produit surtout entre les individus domestiques et les individus sauvages, quand les individus sauvages de l'autre sexe font défaut. Le plus souvent il faut, pour obtenir l'accouplement, maintenir ensemble, dès le jeune âge, en captivité et dans l'isolement complet des individus de leur espèce, les animaux que l'on veut croiser. Même dans ces conditions, les animaux, dont l'accouplement est infécond, restent étrangers les uns aux autres.

A mesure que se succèdent les générations des produits féconds de croisements, on observe d'autre part les phénomènes suivants : Les produits croisés dont la fécondité se maintient à travers les générations gardent, pendant un certain nombre de générations, des caractères mixtes ; mais, peu à peu, à mesure que les générations se succèdent, les caractères propres à chacune des deux formes parentes tendent à se séparer. Après une période plus ou moins longue de *variations désordonnées*, durant lesquelles certains individus ressemblent entièrement à l'une des formes parentes, tandis que les autres gardent à des degrés divers des caractères mixtes, tous les individus finissent par ressembler à l'une des formes initiales, l'autre étant complètement éliminée. Dans ce cas, il ne se crée pas de forme intermédiaire entre celles qu'on a décidées à s'unir, et l'on convient de considérer comme d'espèce différente les formes dont la descendance présente le *phénomène de retour*. Mais ce phénomène de retour se produit après un nombre très variable de générations, on l'observe même dans l'union de deux races différentes de nos espèces domestiques, et il est probable qu'il se rencontre également dans le croisement des races de l'espèce humaine, puisque les plus anciennes de ces races ont encore des représentants parmi nous.

Les formes considérées comme spécifiquement distinctes ne sont donc pas brusquement séparées ; les intervalles qu'on observe entre elles, au point de vue de la fécondité des croisements, présentent toutes les grandeurs possibles.

Il existe aussi des gradations de ce genre quand on unit des animaux appartenant sans conteste à la même espèce. Lorsque ces animaux font partie d'une même lignée, les accouplements sont souvent d'autant moins féconds, les produits d'autant moins vigoureux que la parenté des conjoints est plus proche, et, dans les cas les plus favorables, la fécondité égale, sans la dépasser, la fécondité des unions entre individus de lignée différente. Les unions entre individus de races différentes sont souvent, au contraire, d'une extrême fécondité.

On peut réunir tous ces cas dans une même formule en disant : *Une trop grande ressemblance entre les individus qui s'accouplent amène l'infécondité ; à mesure que les dissemblances s'accroissent la fécondité croît jusqu'à une certaine limite, après laquelle elle décroît et finalement devient nulle.*

La fécondité peut être très grande entre individus de races différentes. Chaque individu prend alors une part à peu près égale à la détermination des caractères des produits; ces caractères demeurent mixtes, quoique variables d'un individu à l'autre, pendant un grand nombre de générations, quand on accouple entre eux les produits de croisement; mais peu à peu les caractères des races unies se séparent et l'un des sangs finit par être éliminé. Moins les croisements sont féconds, plus cette séparation et cette élimination se produisent vite. On signale enfin quelques races voisines entre lesquelles la fécondité semble avoir disparu : les femmes fellahs et les Européens, d'après M. de Lesseps; les Lapins de Porto Santo près de Madère, les Chats domestiques du Paraguay et leurs congénères européens. Les paléontologistes retrouvent d'autre part, à l'état fossile, durant la période quaternaire, les équivalents de nos principales races actuelles de Bœufs, de Chevaux et de Chiens. Le *Bos primigenius* quaternaire se divisait, en effet, en trois races : la race *brachyceros*, à laquelle se rapporte le bétail d'Appenzell; la race *primigenius* proprement dite, d'où dérive le bétail de Hollande; la race *frontosus*, mère du bétail de Berne. La race germanique du Cheval européen remonte à une race diluvienne autrefois commune sur l'emplacement de Magdebourg. Le Cheval de Solutré a pour descendants le Cheval ardennais, le Cheval de la Camargue et une race alsacienne qu'on rencontre depuis Schlestadt jusqu'au Rhin. En dehors du Loup européen (*Canis lupus*), du Loup indien (*Canis pallipes*), du grand Chacal d'Afrique (*Canis lupaster*), du Chacal ordinaire (*Canis aureus*), dont on a signalé les ressemblances avec nos diverses races de Chien, plusieurs races quaternaires peuvent réclamer une part dans la production de notre Chien domestique. Les types humains quaternaires ont de même persisté jusqu'à nos jours. Le type de Néanderthal n'est pas très rare actuellement en Europe, et se retrouve normalement dans une population des environs de Port-Western (Australie). Le type de Cro-Magnon est encore reconnaissable chez les Basques, les Kabyles, les habitants des Canaries, les Dalécarliens. Le type de Grenelle a laissé, à son tour, dans l'Ile-de-France d'assez nombreux représentants.

Nous admettons aujourd'hui que tous nos Bœufs, nos Chevaux, nos Chiens appartiennent respectivement à la même espèce, et qu'il n'y a de même qu'une seule espèce d'Hommes. S'il en est ainsi, il faut nécessairement admettre, d'après les résultats que nous venons de rappeler, ou bien que les races dans lesquelles ces espèces se divisent sont aussi anciennes qu'elles, ou bien que ces grandes espèces résultent de la fusion de plusieurs espèces distinctes de moindre étendue. Quel que soit le point de vue auquel on se place, on est ramené à cette conclusion que, lorsque l'on considère des animaux appartenant soit à une même lignée, soit à des lignées différentes, on trouve, quand on les accouple entre eux, tous les degrés possibles de fécondité. Il est légitime de distinguer le cas où l'infécondité de l'accouplement entre animaux de lignées différentes est absolue; on peut en rapprocher celui où l'accouplement fécond donne lieu à des hybrides qui, accouplés entre eux, reviennent rapidement aux formes pures qui leur ont donné naissance. Dans les deux cas il ne peut y avoir mélange entre les lignées qu'on cherche à unir. Les lignées ainsi séparées constituent, au premier chef, des espèces distinctes; mais il ne faut pas oublier non plus que c'est là un cas extrême, et qu'au-dessous de l'espèce ainsi définie il y a une foule de termes moins tranchés que l'on néglige trop souvent.

Comme les individus appartenant à une de ces espèces ne présentent pas tous les mêmes caractères, et qu'on ne saurait invoquer la ressemblance, seul critérium mis d'ordinaire en pratique, pour définir scientifiquement les espèces, c'est, en somme, au résultat des accouplements qu'on a eu recours chaque fois qu'on a voulu donner de l'espèce une définition théorique. Au premier abord, une définition de l'espèce basée sur la génération sexuée paraît cependant caduque, parce qu'une foule d'animaux inférieurs peuvent se multiplier par d'autres procédés. Il faut ici distinguer deux cas : celui des animaux à tissus ou Histiozoaires (Phytozoaires et Artiozoaires) et celui des Protozoaires.

La valeur de la définition de l'espèce n'est nullement infirmée par les phénomènes dits de génération agame, de scissiparité ou de génération alternante des Phytozoaires et des Artiozoaires. Nous avons vu, p. 47, en effet, qu'il n'y a là que des phénomènes de développement dissocié, ayant pour point de départ un œuf fécondé, et que la dissociation du corps n'apportait aucune altération essentielle à la marche du développement. Il n'en est plus de même pour les Protozoaires. Chez les plus élevés d'entre eux, on voit apparaître un phénomène précurseur de la fécondation, c'est la *conjugaison*, dans laquelle deux individus s'unissent pour échanger une partie de leur noyau qui se fusionne, après l'échange, avec le reste du noyau de chaque individu. L'union des deux conjugués est poussée plus ou moins loin ; elle peut aller du simple contact jusqu'à la fusion complète de deux individus inégaux qui semblent jouer l'un le rôle de mâle, l'autre celui de femelle (*Vorticellidæ*), comme le font l'ovule et le spermatozoïde des Phytozoaires et des Artiozoaires. On a observé la conjugaison chez quelques Rhizopodes et chez tous les Infusoires. Chez les Infusoires ciliés elle est nécessaire, d'après les recherches de M. Maupas¹, à la continuation de la scissiparité, et produit une sorte de rajeunissement des individus qui se conjuguent. Mais les Radiolaires et les Foraminifères semblent échapper, au moins en partie, à cette nécessité de la conjugaison. De plus ces animaux se font remarquer par l'infinie variété de leurs formes, si étroitement liées les unes aux autres qu'il est de la plus grande difficulté de tracer entre elles des lignes de démarcation. Il semble qu'en se reproduisant les Rhizopodes se transmettent leurs caractères acquis, leurs caractères individuels, aussi bien que leurs caractères héréditaires, comme se transmettent les caractères individuels chez les Végétaux que l'on multiplie par bouturage. Dans ces classes inférieures du Règne animal il n'y aurait donc pas d'espèce, mais des séries ininterrompues de formes ; aucune cause ne tendant à fixer les variations qui se manifestent, la variabilité serait indéfinie (W. Carpenter, Terquem, Hæckel).

La conjugaison et la fécondation tendent à accentuer les caractères communs des deux individus qui s'unissent, à neutraliser les uns par les autres leurs caractères individuels, à noyer les caractères accidentels ; quand elles se produisent au hasard des rencontres, elles empêchent donc l'espèce de dévier ; mais il n'en est plus de même quand les individus qui s'unissent présentent les mêmes caractères accidentels ; elles tendent alors à fixer ces caractères et à modifier l'espèce dans

¹ MAUPAS, *Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés* (Archives de zoologie expérimentale, 2^e série, vol. VII, 1889).

un sens déterminé; c'est grâce à elles qu'on établit et qu'on maintient les races artificielles; il est donc possible que ces deux phénomènes entrent pour une part dans la création et la persistance des formes spécifiques. Ils ne sont pas cependant les seuls facteurs de la stabilité des espèces, car la reproduction des Bactéries par spores asexuées endogènes fait perdre à ces Algues tous les caractères qu'elles ont acquis par la culture; elle ramène notamment les Bactéries vaccinatrices à l'état de Bactéries virulentes (Pasteur).

Résumant ce qui précède, on voit que la notion d'espèce est liée à celle de génération sexuée. Elle dérive immédiatement de ce fait d'observation vulgaire, que parmi les formes animales, douées de génération sexuée, il en est qui peuvent s'accoupler en donnant des produits indéfiniment féconds, lorsqu'ils s'accouplent à leur tour entre eux. Les individus de même sexe, issus de ces générations successives, traversent les mêmes phases de développement, et, sans être cependant identiques, se ressemblent en général beaucoup, aux phases correspondantes de leur vie. *On considère comme d'espèces différentes les formes animales qui ne s'unissent pas entre elles, et celles qui engendrent des produits présentant les phénomènes d'infécondité ou de prompt retour aux formes parentes que nous avons précédemment analysés.*

Ces distinctions, correspondant à la réalité des faits, sont parfaitement légitimes. Mais on peut maintenant se demander en quoi consistent et comment sont arrivées à se constituer les barrières qui existent, au point de vue de la génération sexuée, entre les espèces voisines et, à *fortiori*, entre celles qui ne le sont pas. Il est un certain nombre de cas où ces barrières n'ont rien de mystérieux. L'époque de la maturité sexuelle est réglée dans une certaine mesure par la température; des animaux de même espèce, transportés dans des régions éloignées, finissent par ne plus arriver en même temps à la période d'accouplement; si on vient alors à les rapprocher, les deux individus qu'on cherche à unir ne pourront engendrer ensemble, en raison du défaut de synchronisme qui sera intervenu dans le fonctionnement de leur appareil génital. Des différences de taille tels que celles qu'on observe entre un King's-Charles et un Terre-Neuve, parmi les Chiens, sont aussi un obstacle sinon absolu du moins très grand à l'accouplement. Des naturalistes éminents se refusent à voir dans ces faits, justement parce qu'ils sont intelligibles, un acheminement vers la séparation des races et la formation des espèces. Rien ne prouve cependant que pour n'être pas aussi évidentes, les dispositions qui rendent inféconds les accouplements entre espèces éloignées ne soient pas tout aussi simples. Toutefois comme on n'a pas réussi jusqu'ici à créer artificiellement les barrières qui séparent les espèces, que les cas où leur apparition est présentée comme de date récente sont fortement contestés, on ne peut faire que des hypothèses sur l'origine de ces barrières. Suivant les partisans de la fixité des espèces, elles seraient aussi anciennes que la vie; chaque espèce aurait été créée d'emblée à la distance où nous la voyons des autres espèces. Suivant les partisans de la variabilité des formes spécifiques, les différents degrés de fécondité que l'on observe entre les espèces ne seraient que l'indication du degré plus ou moins grand de parenté effective qui les unit; les descendants d'un même couple pourraient arriver, sous l'influence de conditions d'existence différentes, à se répartir en races, puis en espèces distinctes, incapables dès lors de se mêler.

De ces deux conceptions des rapports des espèces entre elles, la première a

dominé les Écoles de Linné et de Cuvier; la seconde, après être longtemps restée dans le domaine purement philosophique, a pris entre les mains de Lamarck et de Geoffroy Saint-Hilaire un caractère scientifique; elle a été revêtue par Charles Darwin d'une forme nouvelle, qui lui a rallié la plupart des zoologistes actuels.

Conséquences des hypothèses sur la fixité ou la variabilité des espèces. — Ainsi que le faisait remarquer Cuvier, les naturalistes qui acceptent l'hypothèse de la fixité des espèces ne peuvent avoir d'autre principe coordinateur que le *principe des causes finales*. On en tire immédiatement celui des *conditions d'existence*, d'après lequel « rien ne peut exister s'il ne réunit les conditions qui rendent son existence possible ¹ ». Ce principe est évident en lui-même; dans les termes où Cuvier l'énonce, il semble, au premier abord, ne différer que bien peu de cette proposition de Buffon : « Tout ce qui ne se nuit point assez pour se détruire, tout ce qui peut subsister ensemble subsiste ². » Mais de ces deux principes, en apparence si voisins, les deux naturalistes font un usage fort différent : pour Buffon c'est un principe de tolérance réciproque des organes; pour Cuvier c'est, au contraire, un principe limitatif. Il en déduit aussitôt le *principe de la corrélation des formes*, d'après lequel les parties d'un être vivant sont tellement liées ensemble qu'aucune d'elles ne peut changer sans que les autres changent aussi, de sorte que quand on connaît tels ou tels traits dans un être on peut calculer ceux qui doivent coexister avec eux et ceux qui leur sont incompatibles. Il insiste en outre sur ce que les parties, les propriétés ou les traits de conformation, qui ont le plus grand nombre de ces rapports d'incompatibilité ou d'existence avec d'autres, exercent sur l'ensemble de l'être l'influence la plus marquée, et sont, en conséquence, des *caractères dominateurs*; tandis que les autres sont des *caractères subordonnés* de différents degrés. Le naturaliste ne pouvant expliquer l'origine des formes vivantes qui se sont perpétuées depuis l'origine des choses, n'a plus qu'à classer ces formes suivant leur degré de ressemblance. Les espèces sont ainsi groupées en *genres*, les genres en *tribus* et en *familles*, les familles en *ordres*, les ordres en *classes* et les classes en *embranchements*. Il n'existe d'ailleurs pour Cuvier que quatre formes principales, quatre plans généraux, si l'on peut s'exprimer ainsi, d'après lesquels tous les animaux semblent avoir été modelés, et dont les divisions ultérieures, de quelque titre que les naturalistes les aient décorées, ne sont que des modifications légères, fondées sur le développement ou l'addition de quelques parties, qui ne changent rien à l'essence du plan ³.

Un arrangement dans lequel les êtres du même genre seraient plus voisins entre eux que de ceux de tous les autres genres, les genres du même ordre plus que de ceux de tous les autres ordres, et ainsi de suite, est ce qu'on nomme la *méthode naturelle*, par opposition aux *systèmes artificiels*, qui classent les animaux suivant les modifications d'un seul caractère, plus ou moins arbitrairement choisi. Cette méthode est pour Cuvier l'idéal auquel l'histoire naturelle doit tendre, car il est évident que, si l'on y parvenait, l'on aurait l'expression exacte et complète de la nature entière. La méthode naturelle serait toute la science.

¹ CUVIER, *Règne animal*, 3^e édition (Bruxelles, 1836), p. 6.

² BUFFON, *Histoire naturelle des Mammifères*, article : COCHON.

³ CUVIER, *Règne animal*, 3^e édition (Bruxelles), p. 29.

Comme les êtres vivants sont toujours demeurés tels que nous les voyons, il n'existe pour Cuvier aucune transition nécessaire entre les diverses formes vivantes, et les embranchements, en particulier, lui semblent séparés par des hiatus, dont la profondeur a paru bien plus grande encore à ses disciples qu'à lui-même. Pourquoi distingue-t-il d'ailleurs *quatre* embranchements et *quatre* seulement ? C'est là un simple résultat de ses observations ; il n'y a aucune raison de nécessité à ce nombre *quatre*. Par une remarquable coïncidence, de Baër y arrive cependant, presque en même temps, par une tout autre voie ; l'hypothèse de l'existence de quatre embranchements du Règne animal semble donc démontrée par cette concordance de résultats. Pendant de longues années, les efforts des élèves directs ou indirects de Cuvier tendent surtout à établir en quoi consistent les quatre types sur lesquels tous les animaux sont censés modelés, et à ramener les formes aberrantes à ces types que Cuvier avait principalement fondés sur la considération du système nerveux. C'est ainsi que Goëthe et surtout Richard Owen cherchent à dégager ce qu'ils appellent le type général de structure du squelette des Vertébrés. Richard Owen dessine même ce *squelette archétype*. Le squelette archétype ne doit être le squelette particulier d'aucun Vertébré déterminé, mais il doit être tel qu'on en puisse tirer tous les squelettes connus par la seule modification de quelques-unes de ses parties. Auparavant Savigny, Geoffroy Saint-Hilaire, Audouin, Henri Milne Edwards avaient de même cherché le plan de structure du squelette des Arthropodes, et la définition du type Mollusque, qui a tant occupé M. de Lacaze-Duthiers, fait encore l'objet de nombreuses investigations.

Convaincus de la variabilité des espèces, Lamarck et Geoffroy Saint-Hilaire ne peuvent admettre les séparations tranchées que Cuvier suppose exister entre les diverses formes animales. Mais tandis que Lamarck fait dériver tous les animaux des Infusoires, ou des Parasites nés par génération spontanée, et en fait ainsi deux séries généalogiques dont tous les termes, respectivement unis par une parenté effective, se compliquent peu à peu, Étienne-Geoffroy Saint-Hilaire pense que tous les animaux sont également compliqués, et présentent le même plan de structure, que des recherches approfondies permettent toujours de mettre en évidence. Il croit même avoir ramené les Arthropodes au plan de structure des Vertébrés. comme Larencet et Meyranx, travaillant sous son inspiration, espéraient l'avoir fait pour les Mollusques. Suivant Lamarck, le libre jeu des forces de la nature aurait donné lieu aux premiers êtres vivants qui se seraient ensuite modifiés sous l'action des *efforts intérieurs*, faits par eux pour se mettre dans une certaine harmonie avec le milieu ambiant. Geoffroy Saint-Hilaire est, au contraire, obligé d'admettre une création surnaturelle, mais il attribue à l'*action directe des milieux* les modifications nombreuses subies par les organismes. C'étaient là des hypothèses insuffisamment étayées par les faits : les écarts des philosophes de la Nature, auxquels on ne manqua pas de les comparer, jetèrent bientôt sur elles un discrédit qui atteignit l'hypothèse même de la variabilité des formes vivantes, dont Lamarck et Geoffroy Saint-Hilaire étaient, en France, les plus compétents défenseurs. Cette hypothèse ne comptait plus de nos jours que quelques rares partisans lorsqu'elle fut brillamment relevée par le livre de Charles Darwin sur l'*Origine des Espèces* (1859), et par les développements donnés plus tard par ce profond penseur et par ses disciples à son idée fondamentale.

Lutte pour la vie; survivance des plus aptes; sélection naturelle; adaptation. — Charles Darwin ne recherche pas quelle est l'origine des variations que présentent les formes spécifiques. Il constate ces variations absolument évidentes, et se propose d'expliquer comment, dans le monde où les formes animales sont mises en contact incessant les unes avec les autres, ces formes qui sembleraient devoir être unies par une infinité d'intermédiaires, ont pu arriver à constituer les séries distinctes, incapables de se mêler, que nous nommons les espèces. Il y parvient en développant les conséquences d'un grand fait entrevu déjà dans l'antiquité par Lucrèce, et qui n'avait complètement échappé ni à Buffon, ni à Lamarck : la *lutte pour la vie* et la *sélection naturelle* qui en résulte immédiatement.

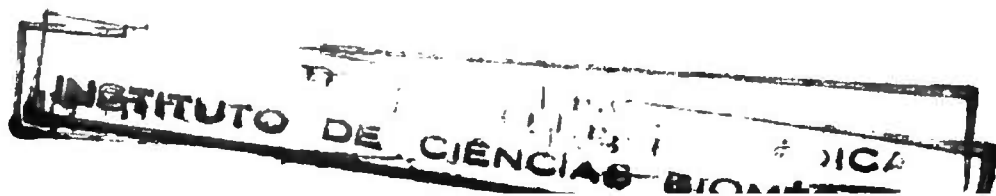
D'après les lois de la reproduction, le nombre des individus vivants va sans cesse croissant. La vie possède donc une force expansive indéfinie, et tend à occuper toutes les parties du Globe où il y a de l'oxygène respirable et des aliments. A cette seule condition, elle s'établit dans les milieux les plus variés : les mers, jusque dans leurs plus grandes profondeurs, les eaux douces, la terre ferme, jusque sur les sommets les plus élevés de ses montagnes, l'atmosphère elle-même sont conquises par son activité. La variété de ces domaines est déjà une première cause de modification pour les organismes qu'elle anime et qui subissent l'action de milieux si divers. Chaque nouveau domaine conquis accroît les différences entre les organismes, leur impose des facultés nouvelles et les prépare à de nouvelles conquêtes. Les régions où l'existence est le plus facile sont d'abord occupées. Mais bientôt, le nombre des individus rassemblés dans ces régions augmentant toujours, si les moyens de subsistance ne suivent pas la même progression, il s'établit entre les individus qui aspirent à les utiliser une lutte d'autant plus vive que la différence est plus grande entre les deux progressions. Un certain nombre d'individus sont refoulés hors du champ de bataille; s'ils peuvent s'accommoder des conditions d'existence auxquelles ils sont alors condamnés, ils s'établissent dans les régions encore inoccupées qui leur sont accessibles, ou délogent de leurs domaines les préoccupants incapables de leur résister. D'autres, moins heureux encore, succombent dans la lutte, et les formes qu'ils représentent peuvent ainsi disparaître pour toujours. A partir de ce moment la continuité entre les formes vivantes cesse d'être la loi, des lacunes apparaissent; la *lutte pour la vie*, commencée dès que le Globe a possédé sur un point favorisé une population quelque peu abondante, s'est depuis indéfiniment perpétuée; les formes vaincues ont été anéanties et remplacées par d'autres plus aptes à profiter des conditions d'existence réunies sur chacun des points où la lutte s'est livrée. Comme en ces différents points ces conditions sont elles-mêmes fort différentes, les résultats de la lutte n'ont pas été partout les mêmes, et les formes victorieuses se sont trouvées douées de caractères et d'aptitudes aussi variés que ces conditions elles-mêmes. Grâce à cette *survivance des plus aptes* à vivre dans chaque condition déterminée, il s'est fait entre les organismes une sorte de partage des rôles, une sorte de *division du travail biologique*. Chaque forme s'est cantonnée dans un milieu ou dans un genre de vie auquel elle était plus particulièrement propre, milieu et genre de vie auxquels les dernières formes conquérantes, les dernières formes survivantes de cette *sélection naturelle*, semblent d'autant plus étroitement *adaptées* que la lutte a été plus vive et de plus longue durée. On ne saurait compter aujourd'hui, tant il est grand, le

nombre des êtres si rigoureusement liés à certaines conditions d'existence, que le moindre changement dans ces conditions entraîne nécessairement leur mort. Chaque insecte phytophage a ainsi sa plante préférée; chaque parasite, son hôte de prédilection, et plus généralement encore chaque animal ses mœurs, ses instincts qui semblent étroitement commandés par sa structure.

Cette *adaptation* souvent merveilleuse, conséquence immédiate de la lutte pour la vie, a été l'origine de l'illusion finaliste, d'après laquelle chaque espèce invariable aurait été faite, dès le début, pour des conditions d'existence dont elle ne saurait s'écarter. L'adaptation n'en est pas moins réelle, et justifie dans une large mesure, pour le monde actuel, les idées de Cuvier sur la *corrélation des formes* et la *subordination des caractères*, quoique ces idées aient été déduites d'une hypothèse philosophique erronée. Il est bien évident d'ailleurs que ces corrélations doivent changer avec les circonstances, qu'elles ne sont plus les mêmes d'une époque géologique à une autre et qu'elles doivent être d'autant moins rigoureuses que la lutte pour la vie est moins active; car *tout ce qui est possible se fait*, et la lutte pour la vie a seulement pour rôle de rendre plus persistantes les combinaisons les plus favorables dans des conditions données.

Si la *lutte pour la vie*, la *survivance des plus aptes*, la *sélection naturelle*, ne remontent pas jusqu'aux causes qui ont déterminé les formes animales, elles expliquent le plus grand nombre des faits de l'histoire passée de la vie, et le plus grand nombre des rapports que les animaux présentent actuellement, soit entre eux, soit avec le milieu qui les entoure. Elles jettent en même temps le plus grand jour sur la valeur de leurs caractères au point de vue de la méthode; elles modifient profondément les idées que l'on s'était faites du rôle et des conditions logiques de la méthode elle-même; elles permettent enfin de relier entre eux une foule de faits demeurés longtemps complètement éparés, et par suite sans signification.

Formes fossiles disparues et formes anciennes actuellement vivantes. — Quelle que soit l'opinion que l'on puisse professer sur l'étendue actuelle de la variabilité, d'ailleurs incontestable, des espèces, il est d'abord un point qu'on ne peut se refuser à admettre, c'est que depuis les temps les plus anciens auxquels nous puissions remonter, la faune de notre Globe a subi des modifications profondes et continues. Ces modifications ne consistent pas, comme on l'a cru longtemps, dans une transformation en bloc des formes anciennes en formes nouvelles, de plus en plus compliquées. Le seul fait qu'il existe, parmi les formes animales actuellement vivantes, une gradation suffisante pour avoir donné naissance aux échafaudages de nos classifications, démontre qu'une foule de formes anciennes ont été conservées. Les traits généraux des Protozoaires ont été peu modifiés; les Étoiles de mer (fig. 404) parmi les Échinodermes, les Scorpions parmi les Arthropodes, les Lingules (fig. 405) parmi les Brachiopodes, les Pleurotomaires (fig. 406), les Turbo et les Troques parmi les Mollusques Gastéropodes, les Nucules, les Arches, les Avicules, parmi les Mollusques Lamellibranches, les Nautilus, parmi les Céphalopodes, ont persisté depuis les temps les plus reculés, et l'on a même voulu voir là une objection à la doctrine de la lutte pour la vie et de la sélection naturelle. Mais la lutte pour la vie et la sélection naturelle sont des faits patents, contre lesquels ce genre d'objection n'a aucune valeur. La persistance des Étoiles de mer, des Pleurotomaires, des Turbo, des Troques, etc., prouve simplement qu'il



y a toujours eu, depuis l'origine, des conditions dans lesquelles ces formes animales ont pu se soustraire à la lutte pour la vie, ou remporter la victoire dans cette

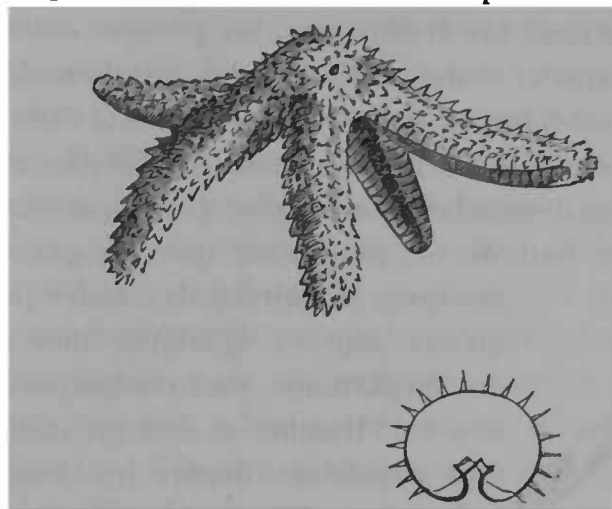


Fig. 404. — *Palæaster asperrimus*. Salter. Silurien inférieur. Welshpool (Pays de Galles).

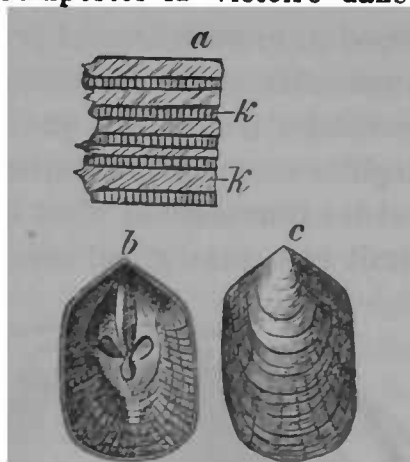


Fig. 405. — a. *Lingula anatina*, L. (Actuel), coupe de la coquille, fort grossie, montrant les fines couches cornées et les couches calcaires prismatiques (k). b et c. *Lingula Lewesi*, Sow Silurien. Gotland.

lutte. De même, il existe encore des refuges pour les races humaines inférieures, malgré les conquêtes et les progrès de la race blanche.

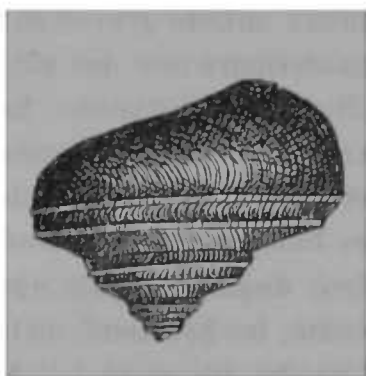


Fig. 406. — *Pleurotomaria delphinuloides*, Goldf. Dévonien moyen. Pafraath.

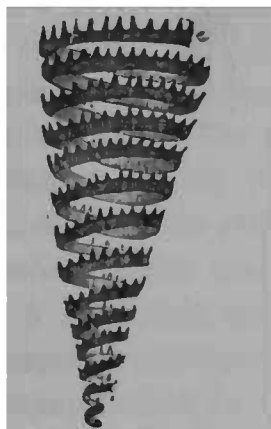


Fig. 407. — *Monograptus turriculatus*, Barr. Bohême, Silurien. E. 1.

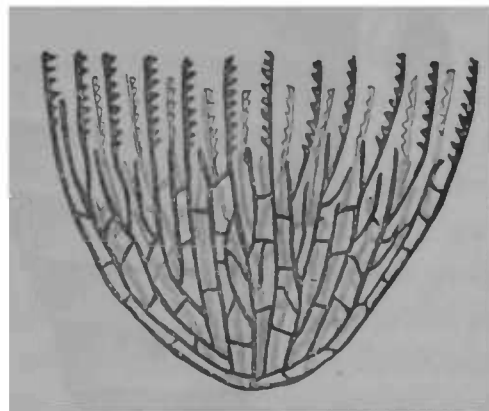


Fig. 408. — *Dictyonema*. Silurien supérieur. Schéma, d'après Dames.

Le nombre de ces formes persistantes est d'ailleurs infime à côté de celles qui ont disparu. Les Graptolithes (fig. 407 et 408), les Tétracoralliaires (fig. 409), parmi

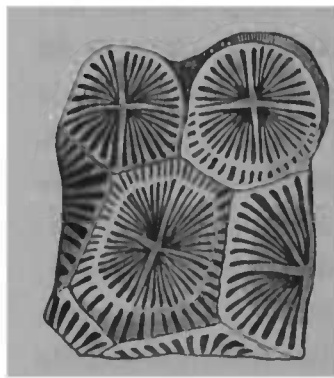


Fig. 409. — *Stauria astræformis*, Edw. et H. Silurien supérieur. Gotland.

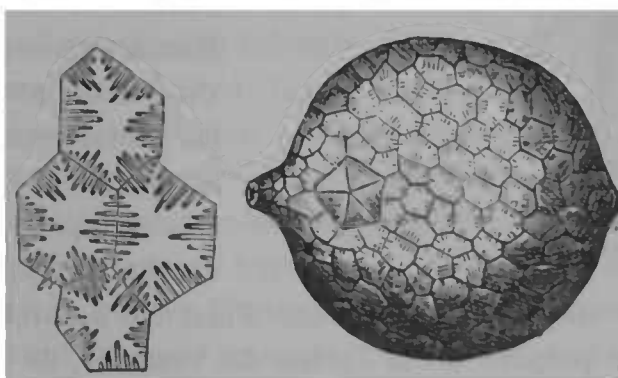


Fig. 410. — *Echinosphærites aurantium*, His. Silurien inférieur. Pulkowa, près de Saint-Petersbourg.

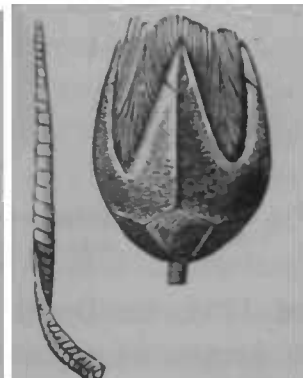


Fig. 411. — *Pentremites sulcatus*, F. Rœm. Calcaire carbonifère, Huntsville. Calice avec pinnules conservées et, à côté (à gauche), une pinnule grossie.

les Polypes, sont limités à la période primaire; les Cystidés (fig. 410) et les Blastoides (fig. 411), parmi les Échinodermes, sont également propres à cette période

qui compte, en outre, des types tout à fait spéciaux d'Étoiles de mer, de Crinoides et d'Oursins. Les Trilobites et les EURYPTERIDÆ (fig. 412) sont, de même, parmi les Arthropodes, essentiellement primaires. Parmi les Mollusques, les groupes entiers des Ammonites et des Bélemnites ont disparu, et des Céphalopodes tétrabranches (Orthocustidés) il n'est resté que le seul genre *Nautilus*. De même, les formes si variées des Reptiles secondaires appartenant aux familles des Ptérosauriens, des Énalliosauriens et des Dinosauriens n'ont laissé aucun descendant. Le nombre des disparitions paraîtrait bien plus grand encore si, au lieu de ne considérer que les grands

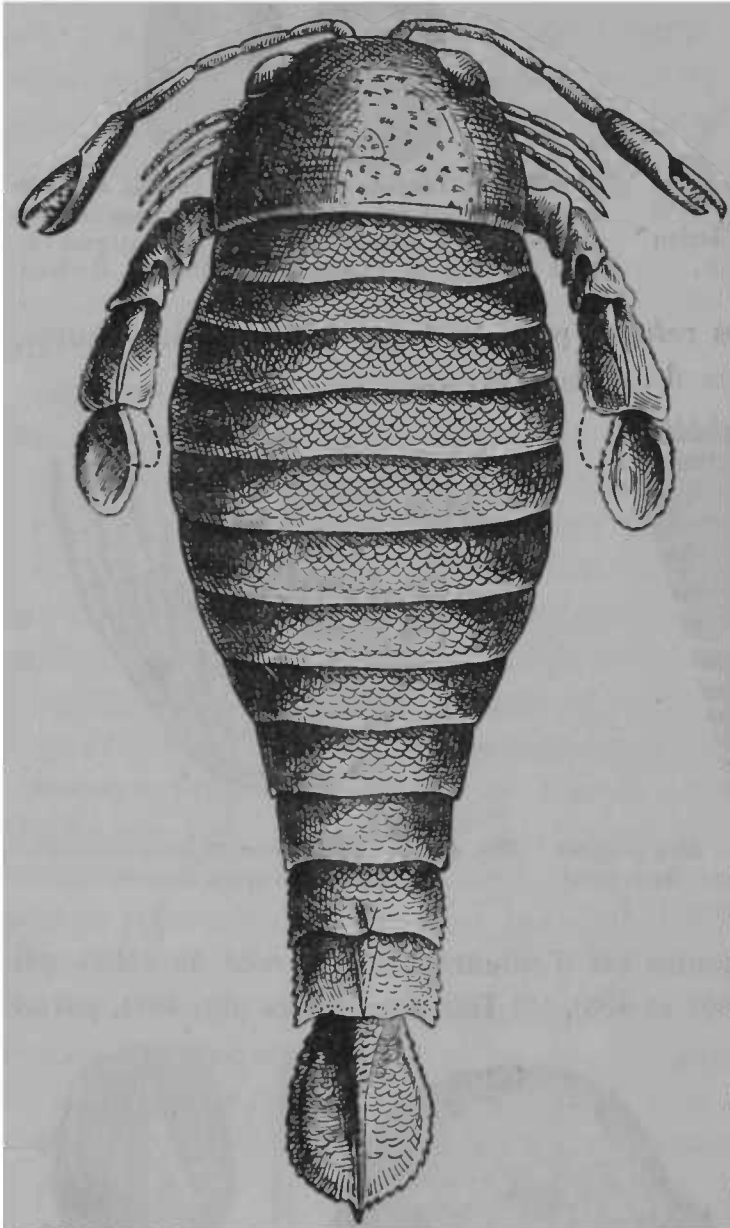


Fig. 412. — *Pterygotus anglicus*, Agass. Forfashire. Euryptéride du Vieux grès rouge.

groupes, on pouvait descendre jusqu'aux espèces. Quelques-unes de ces disparitions sont contemporaines de l'Homme et ont pu même être constatées depuis les temps historiques. Des corps entiers de *Mammoth* et de *Rhinoceros tichorhinus* ont été retrouvés dans un état de conservation parfaite, dans les glaces de la Sibérie, et les portraits de ces animaux ont été gravés par l'Homme quaternaire sur des plaques de diverses substances. Le dernier exemplaire de la *Rhytina Stelleri* a été tué à la fin du siècle dernier. Les *Dinornis*, les *Æpyornis* ont de même disparu depuis une époque récente, les premiers, de la Nouvelle-Zélande, les seconds, de Madagascar. Le grand Pingouin (*Alca impennis*) paraît avoir été détruit dans ces dernières années. Divers Oiseaux, tels que le Solitaire et le Dronte ou Dodo, observés aux îles Mascareignes par les voyageurs du XVI^e et du XVII^e siècle, ont depuis lors totalement disparu ainsi que les grandes Tortues terrestres de cet archipel. Le musée de l'université d'Oxford possédait encore,

en 1755, un Dronte empaillé; le Museum d'histoire naturelle de Paris conserve le dernier exemplaire préparé de la Tortue de Vosmaër, de l'île Rodriguez. L'île Maurice nourrissait quatre espèces de Tortues analogues (*Testudo triserreta*, *leptocnemis*, *inepta*, *indica*) aujourd'hui éteintes, et il en sera bientôt de même, sans doute, des grandes espèces des îles Aldabra (*T. elephantina*, *Daudini*, *hololissa*, *ponderosa*) et de celles des Galapagos (*T. elephantopus*, *nigrita*, *vicina*, *microphys*, *Abingtoni*). La disparition des espèces est donc un phénomène naturel, qui a été observé avec la plus entière certitude.

Progrès continu de l'organisation. — Il n'a pas été possible depuis le petit nombre d'années que l'attention s'est portée sur ces problèmes de constater rigoureusement la formation de nouvelles espèces. C'est là d'ailleurs un phénomène graduel qui donne peu de prise à l'observation, mais toute la paléontologie n'est qu'une démonstration de ce grand fait, qu'il n'a cessé, depuis le commencement des temps cambriens jusqu'à nos jours, d'apparaître des formes nouvelles d'animaux. Cette apparition s'est faite, en général, de telle façon que les termes les plus perfectionnés de chaque série zoologique se sont montrés les derniers; mais il ne faudrait cependant pas ériger en principe que dans toutes les séries zoologiques l'organisation n'a fait que progresser. Dans beaucoup de cas, dans la classe des Reptiles, par exemple, les formes les plus perfectionnées ont cédé la place aux Oiseaux, issus sans doute de l'une d'entre d'elles, et aux Mammifères dont l'origine doit être probablement cherchée dans des formes du type des Amphibiens. Tandis que les grands Reptiles disparaissaient, les Sauriens et les Serpents, beaucoup plus modestes, continuaient au contraire à se perpétuer. De même ce ne sont ni les Crinoïdes les plus parfaits, ni les plus grands Brachiopodes qui ont persisté jusqu'à nos jours; la Spirule est bien modeste à côté des puissantes Ammonites, le Nautilé auprès des immenses Orthocères des temps anciens. D'autre part, l'adaptation à certains genres de vie très spéciaux a pu produire de frappantes rétrogradations : tels sont le passage de la vie libre à la vie sédentaire, comme on l'observe chez les Cirripèdes et les Tuniciers, par exemple, ou à la vie parasitaire, comme le montrent nombre de Crustacés et de Vers; nous verrons un peu plus loin en quoi consistent ces rétrogradations. Contrairement à ce qu'on admet assez souvent, dans l'évolution graduelle des êtres vivants il ne saurait donc être question d'un *progrès continu*, mais bien plutôt d'une adaptation de plus en plus étroite à des conditions d'existence de plus en plus variées. Cette adaptation laisse subsister un grand nombre de formes inférieures, et ne préserve pas, dans chaque série, les formes les plus puissantes de la destruction; elle entraîne souvent des déchéances organiques. Toutefois, si au lieu de considérer chaque série isolément on considère l'ensemble des séries, il est certain que la puissance organique n'a cessé de s'élever depuis les temps anciens. C'est ainsi que les Vertébrés semblent faire défaut aux premiers temps de la période primaire; les Poissons deviennent abondants dans le Dévonien; les Batraciens et les Reptiles se développent dans le Permo-carbonifère; les Mammifères marsupiaux ne se montrent tout au plus qu'à la fin du Trias ou au commencement du Lias, les Oiseaux dans les terrains jurassiques (*Archæopteryx* des schistes lithographiques de Solenhofen); enfin les Mammifères placentaires ne commencent à devenir nombreux que dans la période éocène, et l'Homme ne paraît pas remonter au delà des derniers temps de la période tertiaire; encore n'atteint-il que graduellement sa puissance intellectuelle. En examinant de près le mode d'apparition des formes dominantes de chaque période, on reconnaît d'ailleurs bien vite qu'elles ne résultent pas d'une transformation des formes dominantes de la période précédente; il semble, au contraire, que des formes modestes de cette dernière période se soient perfectionnées pour supplanter dans la période suivante celles qui dominaient d'abord. Les premiers Reptiles, les premiers Oiseaux, les premiers Mammifères sont tous, en effet, de taille relativement petite, au début de leur apparition, et coexistent res-

pectivement avec des formes infiniment plus puissantes des séries plus anciennes. Le maximum de la taille passe ainsi des Arthropodes aux Mollusques, des Mollusques aux Batraciens, des Batraciens aux Reptiles, des Reptiles aux Mammifères, parmi lesquels les Baleines et les Cachalots atteignent actuellement 30 mètres de long, dimensions qui ne paraissent pas avoir été jamais dépassées par les animaux. Le plus grand des animaux terrestres est encore un Mammifère, l'Éléphant d'Asie; mais des Reptiles terrestres de la période secondaire, les *Atlantosaurus* du jurassique des Montagnes rocheuses, atteignaient et dépassaient même la taille de nos Baleines.

Distribution géographique. — Si la théorie de la descendance est vraie, les espèces nouvelles doivent être d'abord représentées par un groupe d'individus rassemblés en une région limitée du Globe; elles partent respectivement de leur région d'origine pour s'étendre, par le seul fait de la multiplication des individus sur tous les points où leur organisation, parfois modifiée dans une certaine mesure, leur assure la victoire dans la lutte pour la vie contre les espèces plus ou moins similaires. On peut, avec M. Alphonse Milne-Edwards, considérer comme le point de départ de ces espèces la région où se trouvent réunis les représentants les plus nombreux et les plus variés du type dont elles sont des modifications secondaires. C'est ainsi que les Manchots et les Sphénisques paraissent avoir tiré leur origine des îles antarctiques au voisinage de la Terre Victoria, situées au Sud de la Terre de Feu. Cette règle d'expansion des espèces étant admise, elle implique, quant à la distribution géographique des animaux, des conséquences dont il est important de rechercher la vérification.

1° Dans les mers largement ouvertes, où les animaux rencontrent partout les mêmes conditions d'existence, les espèces doivent occuper de très vastes aires de répartition. Effectivement, un grand nombre d'espèces pélagiques et un nombre plus grand encore de formes abyssales sont à peu près cosmopolites; beaucoup d'espèces d'Echinodermes et de Mollusques se trouvent à la fois dans la mer Rouge, la mer des Indes, sur les côtes des îles du Pacifique et quelques-unes arrivent jusqu'au Japon et à la côte de Californie.

2° Des barrières même peu importantes, pourvu qu'elles soient anciennes, doivent maintenir séparées des faunes distinctes. Effectivement, tandis que la Méditerranée, de formation récente et communiquant avec l'Atlantique par le détroit de Gibraltar, ne contient guère, dans son bassin occidental, que des espèces vivant sur les côtes d'Espagne et du Maroc, elle n'a pour ainsi dire rien de commun avec la mer Rouge; de même les faunes marines des deux côtes de l'isthme de Panama sont absolument distinctes. On ne signale aucune espèce d'Echinodermes commune aux deux côtes, à peine 3 0/0 des espèces de Mollusques; mais 33 0/0 des espèces de Poissons. D'autre part, un certain nombre de genres spéciaux sont communs aux deux côtes et représentés, de chaque côté de l'isthme, par des espèces analogues, quoique distinctes, des *espèces représentatives*. Ces faits peuvent s'expliquer en admettant que les deux côtes de l'isthme de Panama ont été en communication avant la période actuelle, ce que la Géologie semble confirmer.

3° Les côtes présentant une plus grande variété dans les conditions d'existence que les mers profondes, c'est sur les rivages que les formes vivantes doivent se modifier avec le plus de rapidité; c'est là que doivent se trouver les formes spécifiques les plus nombreuses et les plus récentes. S'il est difficile de comparer le

nombre des formes littorales à celui des formes abyssales, il est au moins certain que celles-ci sont réparties sur de bien plus vastes espaces que les premières, mais le caractère de la faune change avec la profondeur. Dans la région de l'Atlantique explorée par le *Talisman*, on peut considérer que la faune littorale s'étend jusqu'à environ 400 mètres. De 400 à 1500 mètres on trouve une faune toute différente, riche en Éponges vitreuses, en BRISINGIDÆ, en GONIASTERIDÆ, en Oursins mous (*Phormosoma*, *Asthenosoma*), en grands Schizopodes, en Polychélidés; cette faune s'accroît jusque vers 2000 mètres; les Crinoïdes fixés (*Rhizocrinus*, *Bathycrinus*, *Hyocrinus*, *Pentacrinus*, etc.) viennent s'y ajouter, ainsi que les *Hymenaster* et les *Pourtalesia*, tandis que les Éponges vitreuses diminuent; on peut dire que de 400 à 2000 mètres la physionomie archaïque de la faune tend à s'accroître; il semble que les animaux caractéristiques de la période secondaire aient été refoulés loin du littoral par des formes plus récentes. Mais, à partir de 2000 mètres, les formes anciennes cessent d'augmenter, et ce sont des formes à adaptations très spéciales qui dominent. C'est là la véritable *faune abyssale*, où abondent les Holothuries bilatérales (*Peniagone*, *Psychropotes*, *Oneirophanta*, etc.). Au début des recherches sur la faune sous-marine on a été frappé de la ressemblance que présentaient avec les espèces arctiques, les formes animales amenées au jour par la drague, et l'on en a conclu que la faune des grandes profondeurs avait été constituée par une émigration de la faune polaire; cela n'est pas exact. Les équivalents littoraux des formes profondes se retrouvent sur les côtes les plus variées, de sorte qu'on ne peut assigner un rivage déterminé comme point de départ à la faune abyssale; tous les rivages semblent lui avoir fourni un contingent; mais, en raison de la basse température des grands fonds de l'Océan, l'affinité de la faune profonde avec la faune littorale arctique est certainement plus grande qu'avec toute autre. C'est peut-être dans la grande extension de la faune profonde qu'il faut chercher l'explication de l'abondance des formes presque identiques d'Echinodermes¹, de Crustacés², de Vers³ et de Mollusques qui sont communes aux régions septentrionales de l'Atlantique et à la pointe Sud de l'Amérique. Toutefois, les formes qui auraient dû établir la jonction entre ces deux faunes si éloignées n'ont été trouvées qu'en petit nombre dans les grands fonds.

4° L'absence d'îles dans un Océan doit être une condition défavorable à l'extension des espèces et les côtes opposées d'un tel Océan doivent avoir des faunes distinctes. C'est ce que montrent les deux côtes de l'Atlantique, tandis que les nombreuses îles du Pacifique offrent aux formes littorales, à embryons nageurs, de nombreux relais pour leur extension que favorisent encore les courants qui viennent longer les côtes de ces îles.

5° Ces règles ne sauraient s'appliquer aux espèces marines très anciennes dont

¹ *Crossaster papposus* et *C. australis*; *Lophaster furcifer* et *L. pentactis*; *Pentagonaster granularis* et *P. austro-granularis*; *Hippasteria plana* et *H. Hyadesi*; *Ctenodiscus corniculatus* et *C. australis*; *Porania pulvillus* et *P. antarctica*, etc.

² *Arcturus*, *Lysianassa*.

³ *Priapulius tuberculatospinosus*, *Priapuloides australis* correspondant aux *Priapulius* divers et au *Priapuloides typicus* du nord de l'Angleterre.

⁴ *Trophon magellanicus*, *Buccinum antarcticum*, *B. Actonis*, *Margarita*, *Puncturella cognata*, *P. conica*, *P. Folklandica*, *Buccinopsis*, *Admete*, *Astarte longirostris*, *Cyamium antarcticum*, appartenant tous à des genres et sous-genres des régions septentrionales et manquant aux régions tropicales et tempérées.

l'aire de répartition avait déjà atteint une grande extension, avant que les continents et les mers eussent pris leur disposition actuelle. Ces espèces peuvent habiter aujourd'hui des localités absolument séparées les unes des autres, et entre lesquelles il n'existe aucune communication. C'est le cas des *Limules* (fig. 413 et 414)

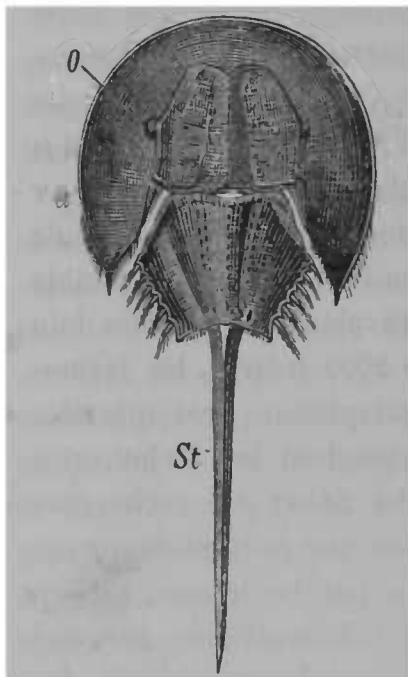


Fig. 413. — *Limulus moluccanus*, vu par la face dorsale (d'après Huxley). — *O*, les yeux; *St*, aiguillon caudal.

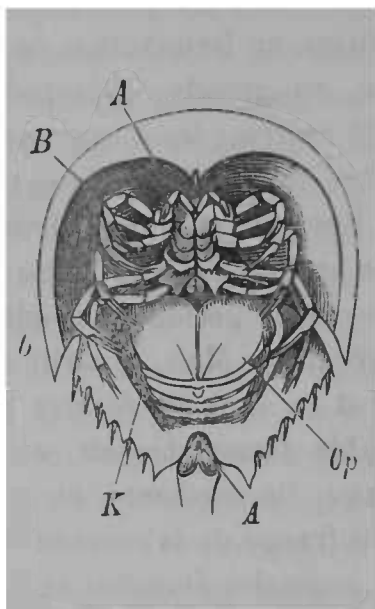


Fig. 414. — *Limulus rotundicauda*, vu par la face ventrale (d'après Milne Edwards). — *A*, Antennes; *Be*, pattes avec leurs mâchoires coxales; *K*, branchies; *Op*, opercule.

dont les espèces, très voisines les unes des autres, se trouvent aux Moluques (*Limulus moluccanus*), au Japon (*L. longispinus*) et sur la côte occidentale de l'Amérique du Nord (*L. polyphemus*).

6° En revanche, pour les formes relativement récentes, l'aire d'extension doit être à très peu près continue; c'est ce que M. Alphonse Milne Edwards a montré pour les Sphénisques qui, partant du voisinage de la Terre Victoria et favorisés par le courant de Humboldt, auraient passé à l'ouest du cap Horn, longé les côtes Magellaniques, celles de l'île Chiloe, du Chili,

du Pérou et des îles Gallapagos en fournissant les formes connues sous les noms de *Spheniscus demersus*, *S. magellanicus*, *S. Humboldtii*, *S. mendicatus*. On retrouve des faits analogues pour les Mammifères marins de l'Amérique du Sud.

7° Quand des lacs se sont graduellement séparés de la mer, une partie de leur faune a dû persister et s'approprier aux nouvelles conditions d'existence qui lui étaient faites : ainsi les *Artemia* s'accommodent, en se modifiant, des eaux douces et des eaux salées. La faune des lacs Wener et Wetter comprend surtout des animaux voisins de ceux de l'Océan glacial arctique (Lovén); il en est de même pour le lac Ladoga (Malmgreen). On trouve dans les lacs italiens et les marais Pontins des Crustacés (*Palæmon lacustris*, *P. varians*, *Telphusa fluviatilis*, *Sphæroma fossarum*), des Poissons (*Blennius vulgaris*, *Atherina lacustris*) dont les affinités avec la faune méditerranéenne sont évidentes. Les mêmes faits se reproduisent en Egypte, à Chypre, en Syrie, où on rencontre dans les eaux douces, outre la *Telphusa fluviatilis*, qui est un Crabe, des Amphipodes tels que l'*Orchestia cavimana*, le *Gammarus Veneris*. Au Brésil on a trouvé dans les eaux douces la *Cymothoe Henseli* de l'ordre des Isopodes, des Crevettes (*Palæmon forceps*, *jamaicensis*, *spinimanus*), un Anomoure (*Æglea lævis*), des Crabes (*Trichodactylus quadratus*, *Sylviocarcinus panoplus*, *Dilocarcinus multidentatus*). Dans le lac Tanganyika, il existe toute une faune de Gastéropodes dont le facies marin est des plus remarquables.

8° Il doit y avoir entre la faune marine et la faune des fleuves et des rivières qui viennent s'y déverser un certain nombre, au moins, de types de passage. Il est difficile, en effet, de ne pas voir des types d'origine marine dans les *Spongilla*, *Hydra*, *Cordylophora*, *Limnocodium*, représentants bien isolés dans nos eaux douces

des Eponges, des Polypes et des Méduses, si abondants dans les mers; les Crustacés de nos rivières et de nos lacs ont avec les Crustacés marins de grandes affinités, et si les Vers y sont représentés par des types spéciaux, on peut considérer les Néritines, les Valvées, les Paludines, les Ampullaires, les Cérithes, les Mélanies, comme des types de Gastéropodes marins adaptés aux eaux saumâtres ou tout à fait douces. Les *Dreissensia*, originaires de la région Aralo-Caspienne, émigrent en compagnie d'un Hydraire, le *Cordylophora lacustris*, et d'un Lombricien, le *Psammoryctes umbellifer*; tous trois ont un type marin très prononcé et ne se trouvent dans les eaux douces de l'Europe occidentale que depuis 1825. époque où Von Baër les signala, pour la première fois, dans le golfe de Courlande. Ils ont depuis cette époque gagné les cours d'eau tributaires de l'Elbe, du Danube, de la Tamise, de la Seine et de la Loire. Ils avaient été précédés de longue date dans les eaux douces par les Anodontes, les Mulettes, les Cyclades, types de Lamellibranches apparentés aux Lamellibranches marins, mais dont les formes d'origine ne sont pas connues. On trouve aussi à l'embouchure des rivières des Poissons de type franchement marin : les Plies remontent dans la Loire jusque près d'Orléans; nombre de Poissons partagent leur existence entre la mer et les eaux douces, soit qu'ils pondent à la mer (Anguilles), soit qu'ils remontent au contraire dans les fleuves pour y abriter leur progéniture (Lamproies, Esturgeons, Saumons, Aloses, Mugils, etc.). Il n'y a d'ailleurs pas, pour ainsi dire, de Crustacé ou de Poisson d'eau douce qui ne se rattache très directement à quelque groupe marin. Mais la faune des eaux douces contient aussi un certain nombre de types dont l'origine est manifestement terrestre : tels sont les Arachnides et les Insectes aquatiques, et peut-être aussi les Mollusques gastéropodes pulmonés.

9° Les cours d'eau de bassins différents et les lacs d'une même contrée n'ayant entre eux que d'insignifiantes communications, il semblerait que chacun d'eux dût avoir sa faune particulière. On signale, en effet, parmi les Poissons, quelques faits de ce genre : le lac de Genève et le lac du Bourget sont habités par deux *Coregonus* différents, la Fera (*C. fera*) et le Lavaret (*C. lavaretus*). D'autre part, les Mollusques habitant des rivières ou des étangs sans communication entre eux, arrivent à prendre un facies spécial, qui permet à un œil exercé de les reconnaître, et qui a conduit à multiplier dans des proportions effrayantes le nombre des espèces de chaque genre (*Unio*, *Anodonta*).

Mais d'ordinaire, par des procédés divers et souvent très simples, il s'est opéré entre les cours d'eau et les lacs d'une même contrée des échanges nombreux qui en ont uniformisé la faune. Les inondations, les trombes ont pu étendre l'aire de répartition de certaines espèces; les Reptiles, les Oiseaux, les Mammifères et même les Insectes aquatiques ont pu être eux aussi d'actifs agents de transport. Cependant, on trouve quelquefois la même espèce dans les cours d'eau d'îles appartenant à une même région géographique, mais trop éloignées pour qu'on puisse expliquer ce fait de distribution par les causes que nous venons d'indiquer. Ainsi le *Galaxias attenuatus*, poisson physostome voisin des *Esocidae*, se trouve à la fois dans l'Amérique du Sud, les îles Falkland, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande, ce qui semble indiquer que ces terres ont été, à un certain moment, réunies en un même continent.

10° La distribution géographique des animaux terrestres doit être fonction de la population antérieure du sol, des obstacles que les espèces animales ont trouvés à

leur expansion, des moyens dont elles disposaient pour vaincre ces obstacles. Ces prévisions sont confirmées par les grandes différences que l'on observe dans la population animale des îles et des continents séparés de longue date. Ainsi la faune de l'Amérique, celle surtout de l'Amérique du Sud, est très différente de celle de l'Ancien monde; elle possède des types d'Édentés et de Marsupiaux qui lui sont tout à fait spéciaux. La faune de l'Australie, où les Mammifères sont presque exclusivement des Marsupiaux, est plus spéciale encore, et Madagascar a une faune nombreuse de Lémuriens dont on ne retrouve pas l'équivalent sur le continent africain, pourtant si voisin. Il existe au contraire de grandes analogies entre les formes animales qui habitent un espace où aucune barrière importante ne s'oppose à leurs migrations, comme le montrent la faune européenne, la faune des régions chaudes de l'Asie et de l'Afrique, la faune de l'Amérique.

La même analogie se retrouve lorsque les barrières qui découpent un territoire en districts sont de date relativement récente. La faune de l'Afrique tropicale et australe a les plus grandes ressemblances avec celle de l'Inde, et diffère beaucoup de celle du littoral africain de la Méditerranée dont elle est séparée par le Sahara. M. Emile Blanchard a récemment appelé l'attention sur l'identité des espèces qui habitent les deux rivages de la Méditerranée, identité d'autant plus frappante que nombre d'espèces d'Insectes aptères se retrouvent sur le littoral africain et sur le

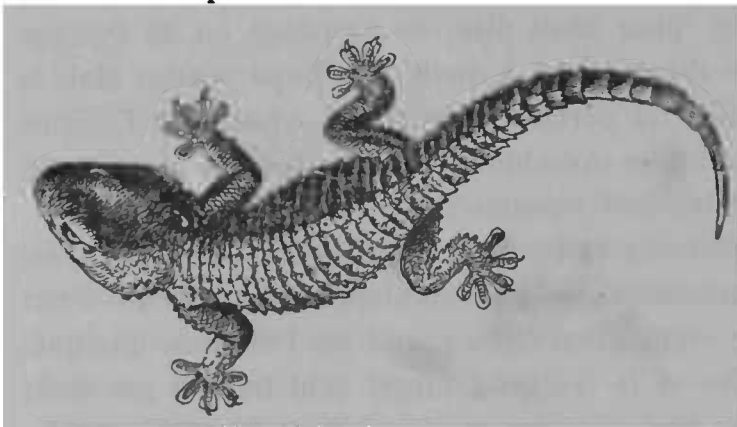


Fig. 415. — *Platydactylus mauritanicus*.

littoral européen de cette mer qu'ils sont cependant incapables de traverser. Comme espèces communes à ces deux régions, M. Blanchard cite le Porc-Épic, le Caméléon commun, le Lézard ocellé, deux Geckos (*Platydactylus mauritanicus*, fig. 415, *Hemidactylus verrucatus*), le Gongyle ocellé, de nombreux Mollusques pulmonés (*Helix* des groupes *Macularia* et *Calcarina*, *Glandina algira*), des

Melanopsis, des Crustacés d'eau douce (*Telphusa fluviatilis*), une multitude d'espèces d'Insectes particuliers à cette région, parmi lesquels l'*Ateuchus sacer*, le *Julodis Onopordi*, les *Brachycerus algirus*, *transversus*, *ægyptiacus*, la *Megacephala euphratica*, les *Cicindela maura* et *luctuosa*, le *Procerus scabrosus*, le *Paussus Favieri*, des genres entiers, tels que les *Glaphyrus* et les *Amphicoma*, beaucoup de Mélasomes aptères, appartenant aux genres *Pimelia*, *Tentyria*, *Erodius*, *Asida*. M. Bourguignat a montré, d'autre part, que la faune des Mollusques du nord de l'Afrique n'est, pour ainsi dire, que la continuation de celle du sud de l'Europe et notamment de l'Espagne. Ces faits sont d'autant plus remarquables, que le Sahara semble établir, nous l'avons vu, entre le nord et le sud de l'Afrique une barrière très difficile à franchir pour les espèces méditerranéennes. Il faut également faire intervenir d'importants changements climatiques ou géologiques pour expliquer d'autres faits étonnants de répartition. Ainsi, en dehors du littoral de la Méditerranée, les *Melanopsis* ne se trouvent qu'à la Nouvelle-Calédonie et à la Nouvelle-Zélande; les singuliers Péripates, dont on a fait tour à tour des Annélides et des Arthropodes (fig. 416), ne vivent qu'au cap de Bonne-Espérance, à la Nouvelle-Zélande, aux

Antilles et, dans l'Amérique du Sud, au Chili, au Venezuela, à la Guyane. Ils sont représentés par des espèces distinctes dans ces localités. Aucune communauté de conditions climatiques entre ces régions ne peut expliquer une semblable répartition. Elle suppose que les êtres qui la présentent étaient autrefois répandus sur une aire territoriale unissant les points où on les trouve actuellement et qui aurait en partie disparu. L'identité des conditions climatiques ne suffit pas davantage pour expliquer comment il se fait que l'on trouve des formes des climats tempérés dans toutes les régions élevées de l'Afrique équatoriale, de l'Inde, de l'archipel

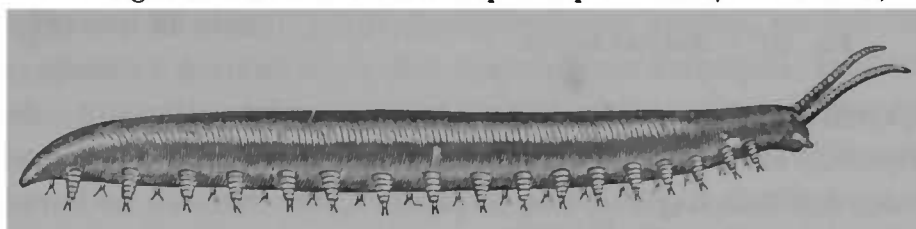


Fig. 416. — *Peripatus capensis* (d'après Moseley).

Malais, de l'Amérique tropicale, alors que ces régions sont actuellement isolées de la zone tempérée par de vastes territoires tout autrement peuplés; comment sur les hautes montagnes de la zone tempérée on rencontre de même nombre d'espèces appartenant aux régions basses de la zone boréale. Dans ce dernier cas, la géologie permet d'entrevoir cependant une raison de ce remarquable départ. On sait que durant la période glaciaire une foule d'animaux arctiques étaient descendus jusque dans la vallée de la Vézère : le Renne, le Glouton, s'y trouvaient associés à la Marmotte et au Chamois. Il est donc possible que, sous l'influence des changements climatiques qui se sont plusieurs fois répétés durant la période glaciaire, de nombreuses migrations aient eu lieu en sens divers, amenant vers le sud des animaux des régions polaires, permettant aux animaux des montagnes de descendre dans les plaines, à des espèces venues de points très divers de prendre une aire de répartition nouvelle qu'elles n'ont pas nécessairement abandonnée lorsque les choses sont revenues à l'état initial.

41° Les Iles appartiennent à plusieurs catégories : ou bien ce sont des lambeaux détachés de continents plus étendus, ou bien ce sont des formations nouvelles, volcaniques ou madréporiques, récemment sorties du sein des eaux. La population des îles de ces deux catégories est nécessairement fort différente. Dans le premier cas son premier fonds est constitué par la population même du continent d'où l'île s'est détachée; dans le deuxième cas, il n'y a pas de premier fonds, et toute la faune est une faune d'importation.

On trouve encore d'une manière bien nette, dans certaines îles, la trace de ces deux origines de la faune. Wallace a montré que l'archipel de la Malaisie était divisé en deux parties bien distinctes par une ligne courbe passant entre les îles de Bali et de Lombok, de Bornéo et de Célèbes, et venant affleurer à la pointe sud de Mindanao, l'une des Philippines. A l'ouest de cette ligne, la faune est essentiellement indienne; elle est australienne à l'est. On trouve, en effet, l'Éléphant et le Tapir à Sumatra et à Bornéo; Sumatra et Java ont en commun un Rhinocéros et un Bœuf; or toutes ces formes se rencontrent aussi sur le continent asiatique. Les Oiseaux et les Insectes de Sumatra sont presque identiques à ceux de la presqu'île de Malacca; Bornéo contient plus de formes particulières, et ces

formes sont plus nombreuses encore à Java. Tous ces animaux manquent dans les îles situées à l'est de la ligne que nous avons définie ; on y rencontre, au contraire,

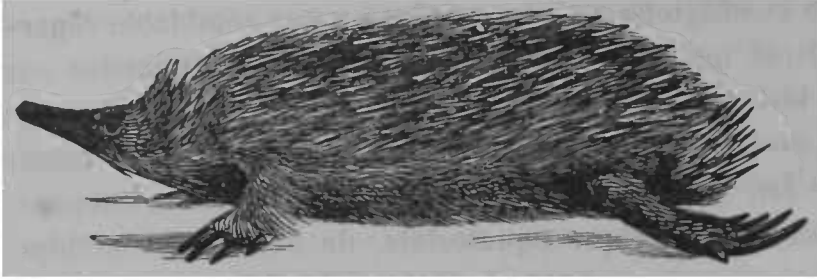


Fig. 417. — *Echidna hystrix*.

des *Acanthoglossus*, monotrèmes très voisins des Échidnés (fig. 417), des Marsupiaux des genres *Dromicia*, *Phalangista*, *Cuscus*, des Rongeurs tels que le *Pogonomys macrourus*, apparenté de très près aux *Hapalotis* d'Australie, l'*Hydromys*

Beccarii appartenant à un genre australien. et parmi les Oiseaux : des Cacatoès, des Microglosses, et d'autres Perroquets à langue divisée en pinceau (*Trichoglossus*, *Lorius*), des Méliphagidés, des Mégapodes, des Oiseaux de Paradis (fig. 418)

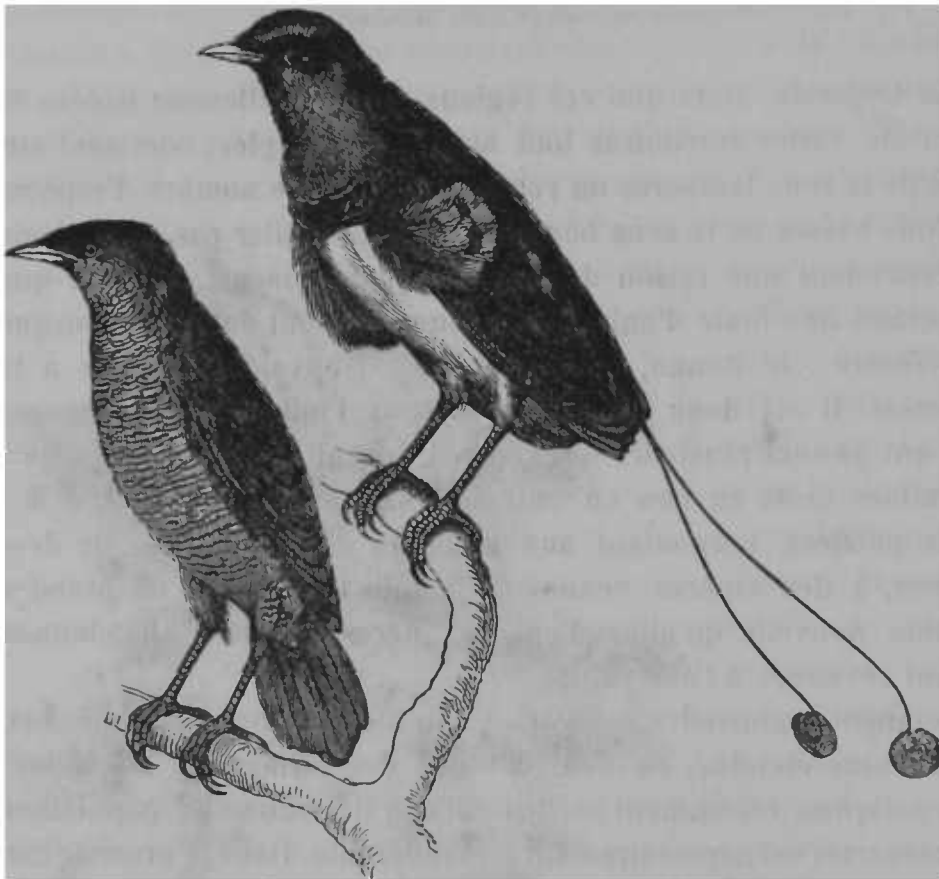


Fig. 418. — *Cincinnurus regius*, mâle et femelle.

tous animaux essentiellement australiens. Or, entre Bali et Lombok la distance n'excède pas 15 milles anglais, de sorte que les Oiseaux pourraient à la rigueur passer de l'une à l'autre. Il faut donc conclure que les îles de la Sonde et les Philippines ont été isolées du continent asiatique par un affaissement qui, du reste, n'a pas dépassé 100 brasses ; tandis que les Célèbes et les Moluques n'ont pas

été reliées à l'Asie depuis que les Mammifères placentaires s'y sont établis, mais faisaient partie d'un continent dont l'Australie et la Tasmanie étaient aussi des éléments.

La Nouvelle-Zélande paraît avoir été le centre d'un autre continent, auquel se rattachaient les îles Norfolk, Kermadec, Lord Howe, Chatham et dont la faune avait des caractères bien spéciaux, mis en relief par M. Em. Blanchard : la Nouvelle-Zélande n'a d'autres mammifères que deux espèces de Chauves-Souris et un Rat aujourd'hui disparu. Parmi les oiseaux, très nombreux, se font remarquer de nombreux types incapables de voler, appartenant aux familles des Rallides (*Ocydromus australis*, *Notornis Mantelli*), des Perroquets (*Strigops*), des Oiseaux coureurs (*Apteryx* et espèces gigantesques éteintes telles que *Palapteryx* et *Dinornis*), ou des types tout à fait spéciaux, tels que les Perroquets du genre *Nestor* et les curieux *Heterolocha acutirostis*. Les Insectes et les Arachnides sont tout différents de ceux de l'Australie ;

quelques formes des îles du Pacifique y sont mélangées à de nombreux genres de l'hémisphère boréal qui arrivent même, à l'île Stewart, à rappeler la physionomie des espèces scandinaves et lapones. Or l'*Ocydromus australis*, le *Strigops habroptilus*, divers autres Oiseaux et Insectes néo-zélandais se retrouvent aux îles Chatham; les *Nestor* aux îles Norfolk, l'*Ocydromus australis* à Macquarie. Des Perruches analogues à celles de la Nouvelle-Hollande (*Cyanoramphus*) se retrouvent aussi aux îles Macquarie et Auckland, toutefois l'aptitude au vol de ces oiseaux en fait des témoins peu sûrs de l'antique union de ces dernières îles avec le continent néo-zélandais.

Comme les îles qui faisaient partie de ce continent austral. les îles Mascareignes étaient remarquables par l'absence des mammifères terrestres, sauf les Chauves-Souris, le grand nombre des oiseaux incapables de voler, tels que le Dronte, le Solitaire, le Géant, l'Oiseau Bleu, voire même des Ocydromes, différents il est vrai de ceux de la Nouvelle-Zélande; il est donc probable que ces îles ont été unies en un seul et même continent, comme le pense M. Alph.-Milne Edwards. Il est de même évident que le Japon a été relié au continent asiatique; les îles Britanniques, l'Islande, les archipels méditerranéens au continent européen; l'Amérique elle-même paraît avoir été unie au continent eurasiatique, à l'époque tertiaire. La question est déjà plus délicate pour Madère, les Canaries, les Açores, les îles du Cap-Vert, qui ont greffé sur une base ancienne de puissantes formations volcaniques. Dans ces îles, comme dans d'autres îles océaniques, des groupes entiers d'animaux font défaut; les Grenouilles y ont été introduites récemment; il n'y avait auparavant aucun Batracien; les Serpents manquent, et de même les Scorpions et autres animaux venimeux, pourtant communs sous les mêmes latitudes. C'est déjà une présomption que la faune de ces îles est une faune d'importation. Cependant les espèces qui les habitent peuvent se grouper en trois catégories: 1^o les espèces qui leur sont communes avec les continents voisins; 2^o les espèces qui leur sont propres, mais présentent une parenté évidente avec des espèces continentales trop nettement caractérisées pour qu'on ne doive pas admettre une parenté entre elles; 3^o les espèces qu'il n'est possible de rattacher à aucune espèce continentale connue. Quand les espèces de la première catégorie sont à la fois très nombreuses, d'un type très particulier aux régions continentales voisines, et que leurs aptitudes locomotrices sont faibles, on peut conclure qu'elles représentent les restes d'une faune continentale. Lorsqu'elles sont peu nombreuses, d'un type banal, qu'elles sont munies d'ailes qui donnent prise au vent ou qu'elles sont facilement transportables soit à l'état d'œuf, soit à l'état de kyste, par les Oiseaux ou par le vent, il y a de fortes raisons pour les considérer comme accidentellement introduites. Les mêmes remarques s'appliquent aux espèces de la seconde catégorie qu'on doit considérer comme des espèces continentales, modifiées depuis leur importation dans les îles; de sorte que parmi les espèces que l'on cite souvent comme propres à un archipel et qui semblent démontrer l'indépendance de sa faune, beaucoup attestent, au contraire, quand on examine les choses de plus près, l'origine exotique de cette faune. C'est ainsi que la faune des îles Galapagos, dépourvue de Mammifères comme celle des Mascareignes et de la Nouvelle-Zélande, est cependant intimement liée à la faune de l'Amérique, celle des îles du Cap-Vert à la faune africaine.

L'existence de ces formes modifiées qu'on a quelquefois appelées des *espèces secondaires* (A. Milne Edwards) conduit évidemment à se demander si les espèces de la

troisième catégorie ne sont pas, elles aussi, des espèces étrangères plus modifiées que celles de la seconde. Mais on ne pourrait ici résoudre le problème avec certitude que si l'on arrivait à connaître toutes les transitions entre ces formes et celles d'où elles ont pu dériver. Cette recherche est fort difficile, car la lutte pour la vie, plus âpre dans un espace restreint que partout ailleurs, fait rapidement disparaître les formes intermédiaires mal adaptées, et amène, en outre, une grande diversité dans les formes qui s'adaptent chacune à des conditions d'existence très particulières. C'est ainsi qu'on a pu dire que chaque vallée des îles de l'Atlantique avait sa faune propre de Mollusques terrestres. Dans un important travail, M. Mabille a étudié les Mollusques terrestres des Canaries. Il compte dans cet archipel 33 espèces qui se retrouvent sur le continent et sur le pourtour de la Méditerranée, en France, au Maroc, en Espagne; 8 espèces qui ne se retrouvent que dans les archipels voisins (Salvages, Açores, Sainte-Hélène), enfin 222 espèces spéciales à l'archipel. Ainsi sur un total de 263 espèces, 222 espèces ne se rencontreraient pas en dehors des Canaries, et un fait analogue se reproduit pour Madère, les Açores, les îles du Cap-Vert, Sainte-Hélène, dont les faunes malacologiques sont d'ailleurs absolument distinctes. Tant d'espèces spéciales à ces archipels semblent témoigner que bien réellement elles se sont formées sur place, et l'on ne peut guère s'expliquer leur multiplicité qu'en admettant qu'elles dérivent d'un petit nombre d'espèces primitives d'origine continentale. M. Mabille remarque, en effet, que les espèces purement canariennes présentent une telle homogénéité que, « dans chaque groupe, les espèces se relient les unes aux autres par une série de caractères qu'un œil un peu exercé saisit facilement ». Parmi ces espèces purement canariennes, M. Mabille n'en signale cependant qu'un fort petit nombre qu'on puisse rapprocher des espèces continentales, et encore les ressemblances lui semblent-elles très superficielles. Ainsi l'*Helix scutula* rappelle l'*H. omalissima* des Pyrénées, l'*H. spinifera* avoisine l'*H. aculeata* des Pyrénées; les *H. argonautula*, *Despreauxi*, *moderata* ont des formes parentes dans l'Asie Mineure; le *Bulimus obesatus* rappelle le *B. attenuatus* d'Asie; la *Limnea Teneriffæ*, la *L. truncatula* d'Europe et d'Afrique; les *Napæus badiusus*, *helvolus* et *anaga* se rapprochent de nos *B. montanus* et *obscurus*; mais ces ressemblances n'impliquent pas nécessairement une parenté effective; elles peuvent être simplement des cas de convergence. L'étude des Açores que poursuivent MM. de Guerne et Dollfus donne, de son côté, des résultats remarquables. La faune d'un lac des Açores présente la plus grande analogie avec celle d'un lac du continent européen. N'est-il pas enfin frappant de voir les grands Oiseaux sans ailes, les grandes Tortues terrestres se développer justement dans les îles où manquent les Mammifères, et le *Macroscincus*, géant des Sauriens, son groupe, se limiter à un îlot désert de l'archipel du Cap-Vert?

Il n'est d'ailleurs pas douteux que les espèces insulaires importées n'arrivent à constituer tout au moins des races ou des espèces secondaires, différant par des caractères constants des formes originelles. Il existe, entre autres, aux îles Canaries une espèce de papillon, qui reproduit presque exactement notre Vanesse Vulcain et qui est regardée comme distincte. Wallace a fait les plus intéressantes remarques au sujet des variations locales des papillons de l'archipel Malais. Toutes ces îles sont habitées par des espèces de Papillons qui se correspondent d'une île à l'autre et qu'on peut, en conséquence, considérer comme ayant une même origine. Les espèces de Sumatra, Java, Bornéo sont invariablement plus petites que les espèces alliées

de la Nouvelle-Guinée et d'Australie, et surtout que celles de Célèbes et des Moluques; les espèces d'Amboine et de Célèbes sont les plus grandes de toutes. Les ailes antérieures des espèces de Célèbes ont une forme toute particulière, et les ailes postérieures, pourvues d'une queue, des espèces de la région hindoue perdent cet appendice à mesure qu'on avance vers l'est de l'archipel. A Amboine et à Célèbes, les femelles de plusieurs espèces sont plus ternes que dans les îles adjacentes.

On peut conclure de ce qui précède que le plus grand nombre des espèces propres aux archipels, loin de prêter un appui à la théorie des créations spéciales, est un des arguments les plus puissants que l'on puisse faire valoir en faveur de la variabilité des formes spécifiques. Il est bien clair d'ailleurs que les îles madréporiques n'ont pu se peupler que par voie de migration, ce que confirme absolument la composition de leur faune et de leur flore. Toute espèce considérée comme spéciale à ces îles est une preuve de plus de la variabilité des espèces et de l'influence de l'isolement sur la conservation des types nouvellement apparus.

Adaptation de formes aquatiques à la vie terrestre. — On pourrait s'attendre à voir se multiplier dans les îles et sur les rivages le nombre des espèces terrestres qui ne mènent ce genre de vie qu'en raison d'une adaptation spéciale d'organes évidemment construits pour une existence aquatique. Il existe réellement un très grand nombre de ces formes. Sur nos côtes les Lygies, les Talitres, passent une partie de leur vie à découvert; des Crabes terrestres, les Cardisomes, sont communs sur les côtes du Bengale, à l'île Rodrigue, aux Antilles qu'habitent aussi d'autres Crabes terrestres, les Gécarcins. Les Grapes (*Grapsus marmoratus*) de nos côtes quittent l'eau plusieurs fois par jour, pour venir au soleil; d'autres, des pays chauds (*G. cruentatus*), courent sur les branches et les racines des Palétuviers; les *Sesarma Pisoni* ne vont jamais à l'eau que pour pondre, où descendent d'ailleurs pour cela toutes les autres espèces de Crabes. Les Gélasimes et les Ocypodes sont encore des Crabes presque exclusivement terrestres et d'une extraordinaire agilité. Dans toutes les îles de l'Océanie, de la mer des Indes, ainsi qu'aux Antilles, vivent les Birgues, voisins des Pagures, qui grimpent sur les cocotiers pour en dévorer les bourgeons et les jeunes fruits. Les Cloportes (*Oniscus*, *Porcellio*, *Armadillo*, etc.) ne vont plus du tout à l'eau. Il suffit de modifications de détail dans leur appareil respiratoire pour permettre à ces Crustacés la vie terrestre. Tout le problème consiste à maintenir leurs branchies dans un milieu humide. Les lames externes des pattes abdominales des *Oniscus* sont disposées pour réaliser ce résultat; les deux premières de ces lames sont creusées chez les *Porcellio* et les *Armadillo* de poches remplies d'air qui plongent au milieu du liquide sanguin. Les Crabes présentent des dispositions plus variées; leur cavité branchiale ne communique avec l'extérieur que par d'étroits orifices; un canal conduit même l'eau dans la partie postérieure de cette cavité chez les *Ranina*. Beaucoup d'entre eux utilisent pour leur respiration une même quantité d'eau dont ils ont rempli leur cavité branchiale et qu'ils ne renouvellent qu'à de plus ou moins longs intervalles; cette eau est expirée comme d'habitude chez les *Cyclograpsus* et les *Sesarma*, mais à sa sortie, elle est dirigée de nouveau vers l'orifice d'entrée de la cavité branchiale par un feutrage de poils disposé sur les bords du cadre buccal. Les *Gecarcinus* font passer leur provision d'eau dans un système de canalicules, creusé dans les téguments; elle s'y charge d'oxygène et est ramenée dans la cavité branchiale par un appendice sans cesse

agité des pattes-mâchoires internes. Chez d'autres Crabes brésiliens étudiés par M. Jobert, il existe dans les parois de la cavité branchiale deux systèmes de vaisseaux unis entre eux par un réseau capillaire et dont l'un communique avec le cœur, l'autre avec la cavité générale; cette cavité devient ainsi une sorte de poumon dans lequel l'air est renouvelé grâce à un continuel mouvement de va-et-vient de la membrane qui la sépare de la cavité générale; c'est là une véritable respiration aérienne. Il en est de même chez les Birgues où la paroi de la cavité branchiale se couvre même d'excroissances arborescentes dans lesquelles circule le sang.

Les Vers fournissent peu d'exemples d'une adaptation des espèces aquatiques à la vie terrestre. On connaît cependant des Sangsues, des Planaires¹ et même des Némertes terrestres². On peut d'ailleurs se demander si les Lombriciens ne sont pas un produit de ce genre d'adaptation, bien que leur appareil génital hermaphrodite et compliqué les distingue nettement des Annelés marins; ils ne peuvent vivre, en effet, que dans un milieu très humide, quelques-unes de leurs espèces sont marines (*Clitellio*, *Pachydrilus*, *Pontodrilus*, etc.), un grand nombre habitent les eaux douces (NAÏDIDÆ, TUBIFECIDÆ), de sorte que toutes les transitions existent ici entre les formes marines et les formes terrestres.

On ne peut guère expliquer que par une adaptation successive d'espèces aquatiques à la vie terrestre les rapports que présentent les Gastéropodes terrestres avec des formes aquatiques très différentes les unes des autres: les Hélicines et les Proserpines (fig. 419) se rattachent, en effet, très étroitement aux Nérítidés; les Cyclophores

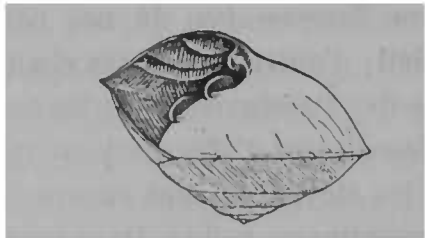


Fig. 419. — *Proserpina (Ceres) Salleana* (d'après Fischer), 3/4 gr. nat.

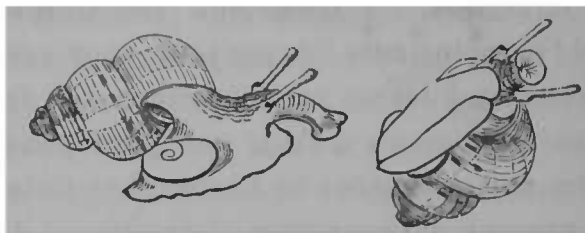


Fig. 420. — *Cyclostoma elegans* (d'après Woodward).

aux Paludinidés; les Cyclostomes (fig. 420) aux Littorinidés; tandis que les Pulmonés ont avec les Gastéropodes opisthobranches de remarquables, quoique bien plus lointaines affinités. Comme chez les Crustacés décapodes ce sont encore ici les parois de la cavité branchiale qui deviennent d'ordinaire le lieu des échanges gazeux.

Quelques Poissons peuvent aussi, tout en conservant franchement les attributs de leur classe, devenir aptes à demeurer plus ou moins longtemps à terre. Ceux dont la cavité branchiale ne présente qu'une étroite ouverture, comme les Anguilles, vivent déjà assez bien hors de l'eau. Dans tout un groupe de ces animaux les os pharyngiens supérieurs sont creusés d'assez vastes cavités anfractueuses, dans lesquelles l'eau peut être maintenue comme dans une éponge et tomber goutte à goutte sur les branchies; grâce à cette disposition les Anabas peuvent vivre plusieurs heures hors de l'eau.

Les animaux aquatiques susceptibles de vivre à l'air libre grâce à de légères modifications de leur appareil respiratoire sont donc nombreux dans tous les groupes du Règne animal où l'appareil locomoteur se prête à la marche sur un sol résistant.

¹ *Geoplana*, *Cæloplana*, *Dolichoplana*, *Rhynchodesmus* d'Europe et de l'Amérique du Nord; *Bipalium* du Japon et de l'Inde; *Polycladus*, *Limacopsis*, etc.

² *Geonemertes pelacensis*.

Ces faits prennent d'autant plus d'importance, au point de vue de l'origine des animaux terrestres, que l'histoire des Poissons Dipnés (*Ceratodus*, fig. 421. *Lepidosiren*), des Batraciens actuels et des Stégocéphales de la période primaire nous montrent de très nombreuses formes de transition entre les Vertébrés aquatiques et les Vertébrés aériens. Toute l'embryogénie de ces derniers s'explique facilement si l'on admet que les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères sont issus de Vertébrés aquatiques dont la vessie natatoire se serait graduellement adaptée à la respiration aérienne (p. 95), dont les branchies auraient disparu, dont l'appareil circulatoire se serait

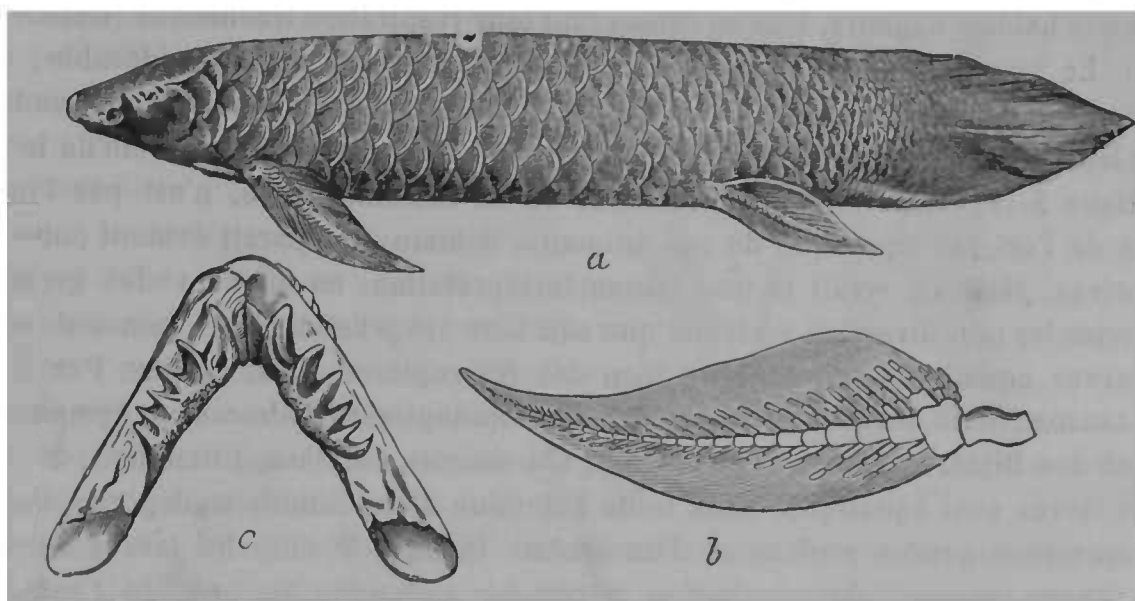


Fig. 421. — a. *Ceratodus miolepis*; b, sa nageoire pectorale (d'après Günther). — c. Mâchoire inférieure avec les plaques dentaires du *Ceratodus Forsteri* (d'après Krefft).

modifié en conséquence (p. 107), dont les membres se seraient de mieux en mieux adaptés à la marche, et dont les embryons, protégés par des enveloppes spéciales, l'*amnios* et l'*allantoïde*, auraient acquis la faculté de se développer hors de l'eau (p. 190).

Il semble que l'adaptation à la vie terrestre ne s'accomplisse pas simultanément pour tous les ordres de fonction. Tout se passe comme si elle commençait par les organes de locomotion. Parmi les animaux aquatiques aptes à se mouvoir sur une surface résistante, on voit apparaître quelques modifications de structure permettant la respiration de l'air en nature; l'appareil circulatoire se modifie en conséquence, et c'est seulement en dernier lieu que les organes de reproduction et la marche du développement s'adaptent à la vie terrestre. Ainsi le développement de la plupart des Crustacés, et celui des Batraciens ne peut encore s'accomplir que dans l'eau. Inversement, bien que les Tortues marines et les Phoques mènent une existence presque exclusivement aquatique, les premières reviennent à terre pour pondre, les seconds pour mettre bas et allaiter leurs petits. Ce retard de la fonction de reproduction sur les autres s'observe même chez les Végétaux où les Cryptogames vasculaires ont conservé un mode aquatique de fécondation, auquel s'est enfin substitué chez les Phanérogames un mode de fécondation essentiellement aérien.

Adaptation des animaux terrestres à la vie aquatique. — L'ensemble des faits connus il y a une quarantaine d'années avait déjà conduit Bronn à formuler sa fameuse *loi terripète*, d'après laquelle la Vie, après avoir peuplé les mers, n'aurait que tardivement envahi les eaux douces et les continents. Cette loi demeure vraie dans ses traits généraux, mais il faudrait bien se garder de lui attribuer une géné-

ralité absolue. Les animaux le plus complètement adaptés à la vie terrestre peuvent se réadapter à la vie aquatique; l'adaptation, dans ce cas, porte le plus souvent simplement sur l'appareil locomoteur; elle respecte ou ne modifie que fort peu les autres appareils, et notamment l'appareil respiratoire. Des adaptations de cette nature se montrent dans la plupart des groupes d'animaux terrestres et présentent les degrés de perfection les plus divers. Beaucoup d'Araignées sont aptes à marcher sur l'eau; l'Argyronète plonge, et se construit, à l'aide de sa soie, une cloche à air; de nombreux Acariens vivent enfin complètement dans l'eau et peuvent devenir d'habiles nageurs, tout en conservant leur respiration trachéenne (HYDRACHNIDÆ). Le nombre des Insectes aquatiques est beaucoup plus considérable; ces animaux peuvent vivre dans l'eau soit à l'état de larve seulement, soit pendant toute leur vie. On pourrait se demander si le fait du passage de l'Insecte de la vie aquatique à la vie aérienne, au moment de sa métamorphose, n'est pas l'indication de l'origine aquatique de ces animaux, comme cela paraît évident pour les Batraciens. Mais ce serait là une fausse interprétation, en effet: 1° les groupes d'Insectes les plus divers, si aérienne que soit leur vie à l'état adulte, peuvent avoir des larves aquatiques; ce sont ou bien des Névroptères (EPHEMERIDÆ, PERLIDÆ, LIBELLULIDÆ, *Sialis*, PHRYGANIDÆ), ou bien des Lépidoptères (*Hydrocampa*, *Nymphula*), ou bien des Diptères (*Eristalis*, *Stratiomys*, *Chironomus*, *Corethra*, CULICIDÆ); 2° tantôt les larves sont aquatiques dans toute l'étendue d'une famille zoologique, tantôt dans quelques genres seulement d'une même famille; 3° chez les larves aquatiques, aucun appareil de respiration purement aquatique ne précède l'appareil trachéen qui présente souvent les traces évidentes d'une adaptation à la vie aérienne, antérieure aux modifications qu'il a dû subir pour se prêter à la vie aquatique. Il faut donc voir simplement dans l'habitude qu'ont beaucoup d'Insectes de venir pondre dans l'eau un moyen de procurer à leurs larves une sécurité relative. Comme on pouvait s'y attendre, c'est surtout parmi les Insectes à élytres résistantes que l'on trouve des formes capables de vivre dans

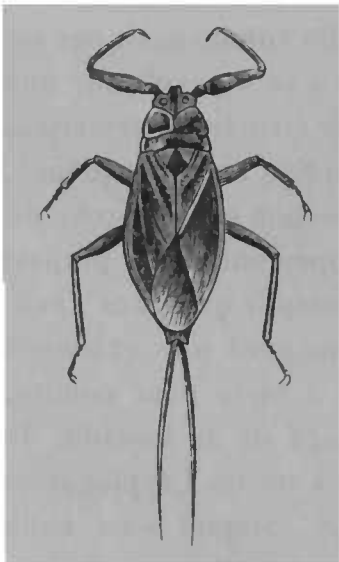


Fig. 422. — *Nepa cinerea*
(Règne animal).

l'eau, même à l'état parfait, ce sont des Coléoptères (HYDROPHILIDÆ, DYTISCIDÆ, GYRINIDÆ) ou des Hémiptères (HYDROMETRIDÆ, NEPIDÆ, NOTONECTIDÆ).

L'adaptation peut porter très inégalement sur les divers appareils. C'est ainsi que les Nèpes (fig. 422), dont l'appareil locomoteur est à peine modifié, ont tous leurs stigmates clos, sauf ceux qui sont en rapport avec la double gouttière qui termine le corps. De même l'appareil trachéen ne présente que deux orifices chez les larves d'Hydrophilides et de Dytiscides; il est en rapport avec des branchies trachéennes chez celles des Gyrinides. Chez toutes ces larves l'appareil locomoteur est adapté simplement à la marche; au contraire les Insectes adultes de ces trois familles ont un appareil respiratoire presque normal, tandis que les tarses de leurs pattes postérieures, aplatis et frangés de longs poils, transforment ces appendices en véritables rames (fig. 423). C'est aussi principalement sur l'appareil respiratoire que portent les modifications adaptatives chez les larves aquatiques des Névroptères et des Diptères (p. 92).

Les Mollusques pulmonés n'ont à subir, pour ainsi dire, aucun changement pour se réadapter à la vie aquatique. Il n'en est pas de même des Vertébrés, dont les trois classes terrestres des Reptiles, des Oiseaux et des Mammifères contiennent des formes habitant les eaux. Les procédés d'adaptation sont partout les mêmes. Au point de vue de la respiration et du développement, l'animal reste complètement aérien, si bien que tous les Vertébrés aquatiques de ces trois classes sont obligés de venir à la surface de l'eau respirer l'air en nature et que tous ceux qui sont ovipares doivent revenir à terre pour y pondre et assurer le développement de leurs œufs. Chez les Mammifères les rapports de l'embryon et de la mère n'ont évidemment pas à changer. C'est donc principalement l'appareil locomoteur qui se modifie. Dans les cas les plus simples, les doigts sont élargis soit par une membrane qui en suit tous les contours (Grèbes, Foulques), soit par

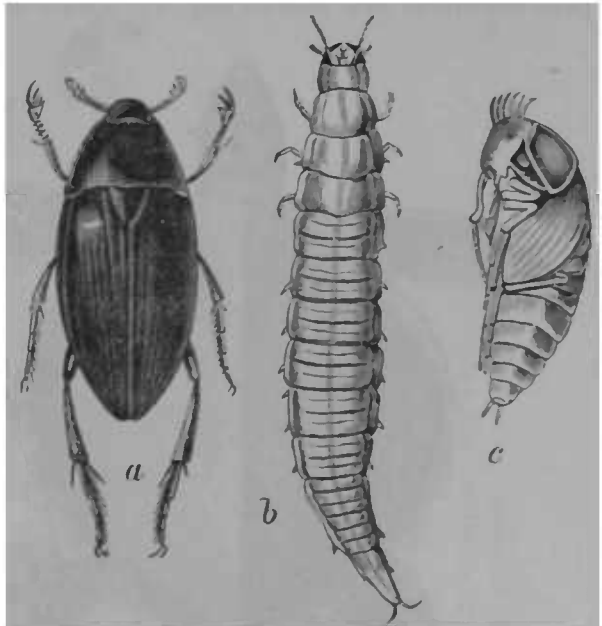


Fig. 423. — *Hydropphilus piceus* (Règne animal). — a. Insecte parfait. — b. Larve. — c. Nymphe.

une frange de poils (Ondatra); puis une membrane se développe entre les doigts, soit aux pieds de derrière seulement (CROCODILIENS, OISEAUX aquatiques, Castor, Hydromys, Coypou), soit aux quatre pieds (Tortues d'eau douce, Desmans, Visons, Loutres, Euhydres). On constate déjà une modification plus profonde des membres chez les Phoques; leur partie basilaire se raccourcit, mais la main et le pied prennent

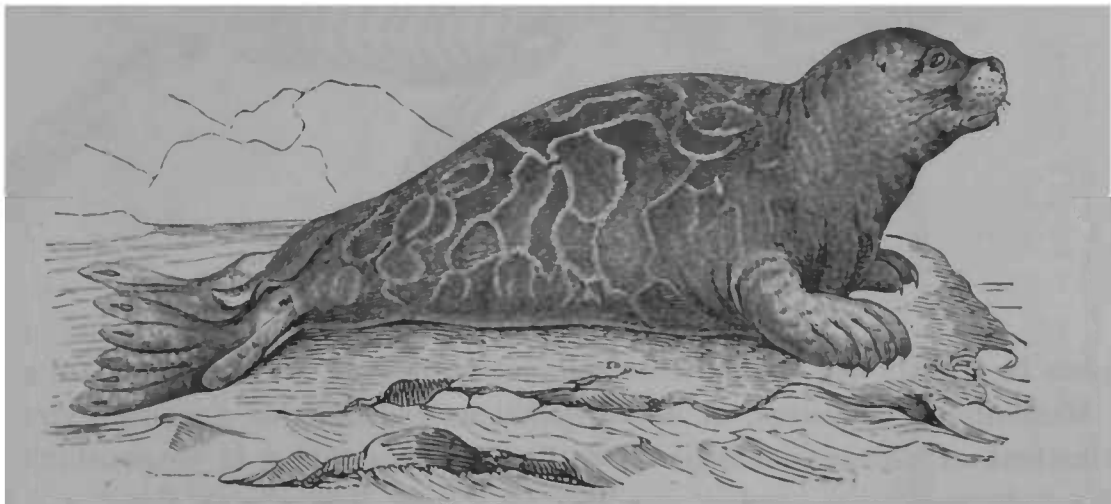


Fig. 424. — *Phoca vitulina*.

au contraire un grand développement; leur palmure s'épaissit de manière à les transformer en larges palettes où les doigts ne sont indiqués que par des sillons peu apparents et par les ongles qui disparaissent aux membres postérieurs chez les *Leptonyx*; l'orientation même des membres se modifie, et les postérieurs tendent à se disposer horizontalement de chaque côté de la queue (fig. 424). Chez les Tortues marines les quatre membres sont définitivement transformés en fortes rames à doigts immobiles, et dont les ongles peuvent subsister au nombre de deux (*Chelonia*, *Thalassochelys*, fig. 425) ou disparaître entièrement (*Sphargis*). Les pattes des Plésio-

saures et des Ichthyosaures présentait une modification analogue, compliquée chez les premiers d'une augmentation du nombre des phalanges (fig. 426) et d'une bifurcation d'un ou deux doigts chez les seconds, où les os du carpe et du tarse n'étaient même plus distincts des autres (fig. 427). Les membres antérieurs ont subi une modification

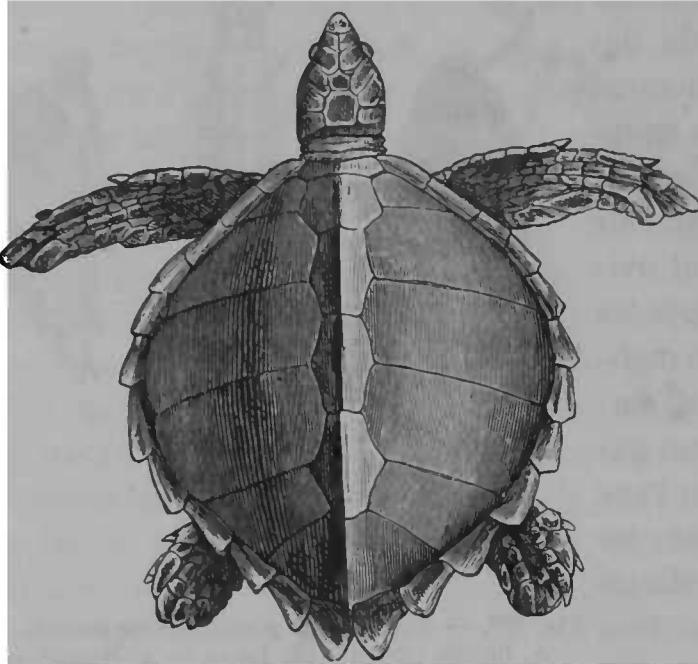


Fig. 425. — *Thalassochelys caretta* (règne animal).

de même nature quoique moins profonde chez nos Sirénides et nos Cétacés; les doigts restent en nombre normal, mais s'allongent, s'aplatissent et sont complètement indistincts à l'extérieur; la main n'est plus mobile sur l'avant-bras chez les Sirénides; l'avant-bras cesse lui-même de l'être sur le bras chez les Cétacés (fig. 428); dans les deux cas le squelette des membres postérieurs est réduit à quelques os rudimentaires de sa partie basilaire. On observe une transformation toute semblable de l'aile chez les Oiseaux plongeurs, et l'on en peut suivre toutes les transitions

des Plongeurs aux ailes courtes, mais au vol rapide, aux Pingouins dont les ailes sont impropres au vol et aux Manchots où ce sont de véritables nageoires (fig. 429).

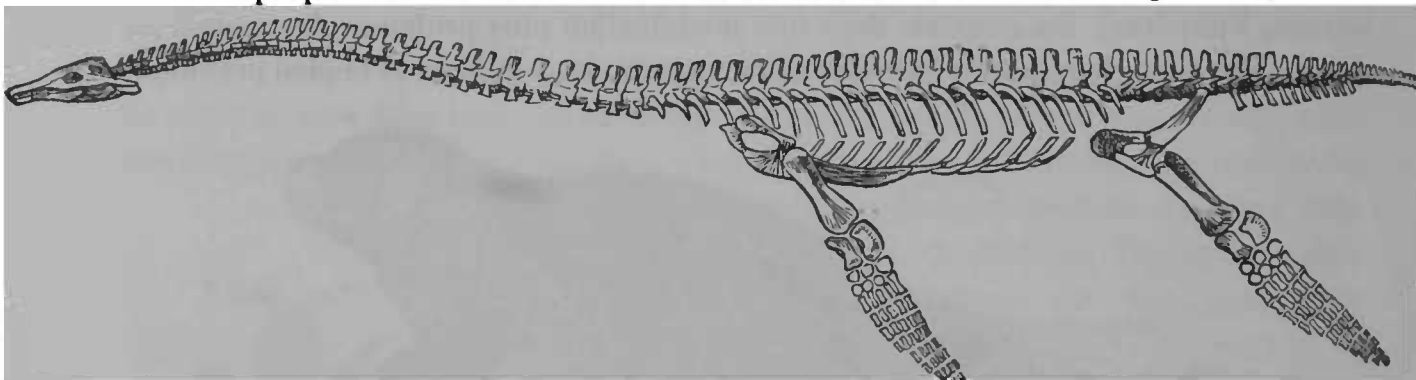


Fig. 426. — *Plesiosaurus dolichodeirus*, Conybe. Lias inférieur. Angleterre.

Chez la plupart des Mammifères aquatiques, le sang est plus abondant que chez les Mammifères terrestres, et des dispositions spéciales de l'appareil circulatoire permettent un emmagasinement de ce liquide, favorable à la suspension momentanée de la respiration pendant que l'animal plonge. Déjà chez le Rat d'eau (*Arvicola amphibius*) et l'Ornithorhynque, la veine cave inférieure se dilate en sinus en arrière du diaphragme. Cette disposition se retrouve chez le Castor, la Loutre, le Phoque, mais, en outre, l'aorte et l'artère pulmonaire présentent une dilatation plus ou moins importante à leur origine. Les veines hépatiques se renflent même en sinus à l'intérieur du foie chez les Loutres, les Otaries, et il s'y ajoute chez tous les Amphibies des réseaux admirables dans les membres. Des dispositions analogues se rencontrent chez les Cétacés¹, où l'on observe en outre dans l'abdomen jusqu'à cinq grands

¹ BOUVIER. Thèse présentée au concours d'agrégation des Écoles de pharmacie. Les Cétacés souffleurs, 1889.

plexus veineux, à réseau très serré, tandis que des plexus artériels non moins développés existent dans le thorax et dans les organes génitaux.

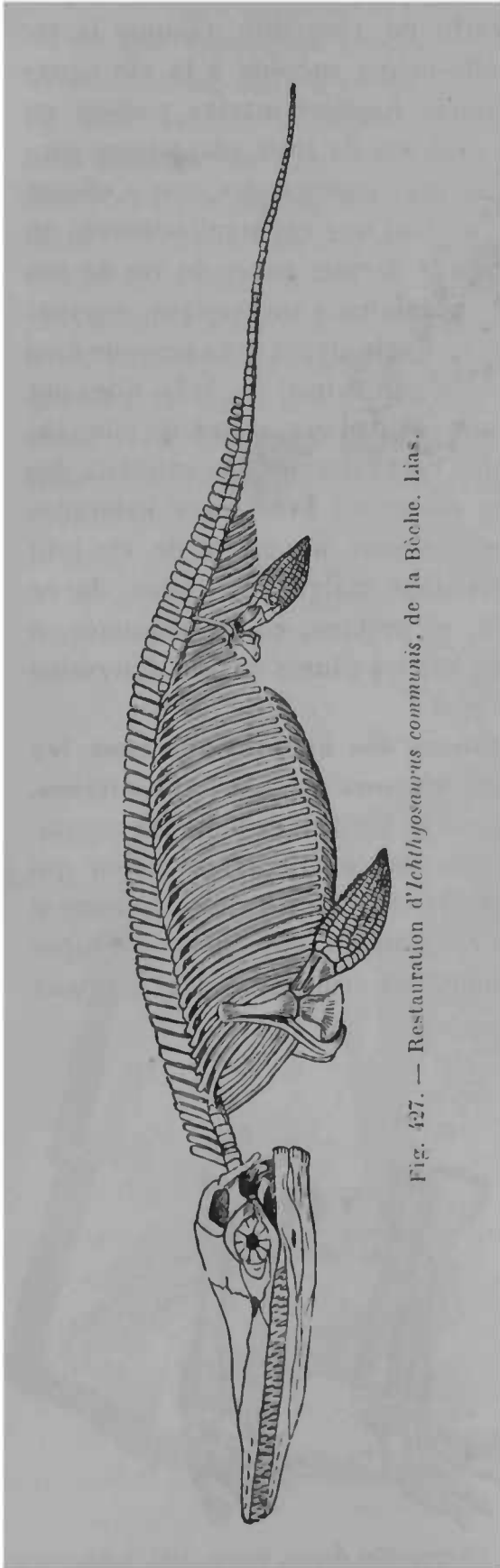


Fig. 427. — Restauration d'Ichthyosaurus communis, de la Bèche. Lias.

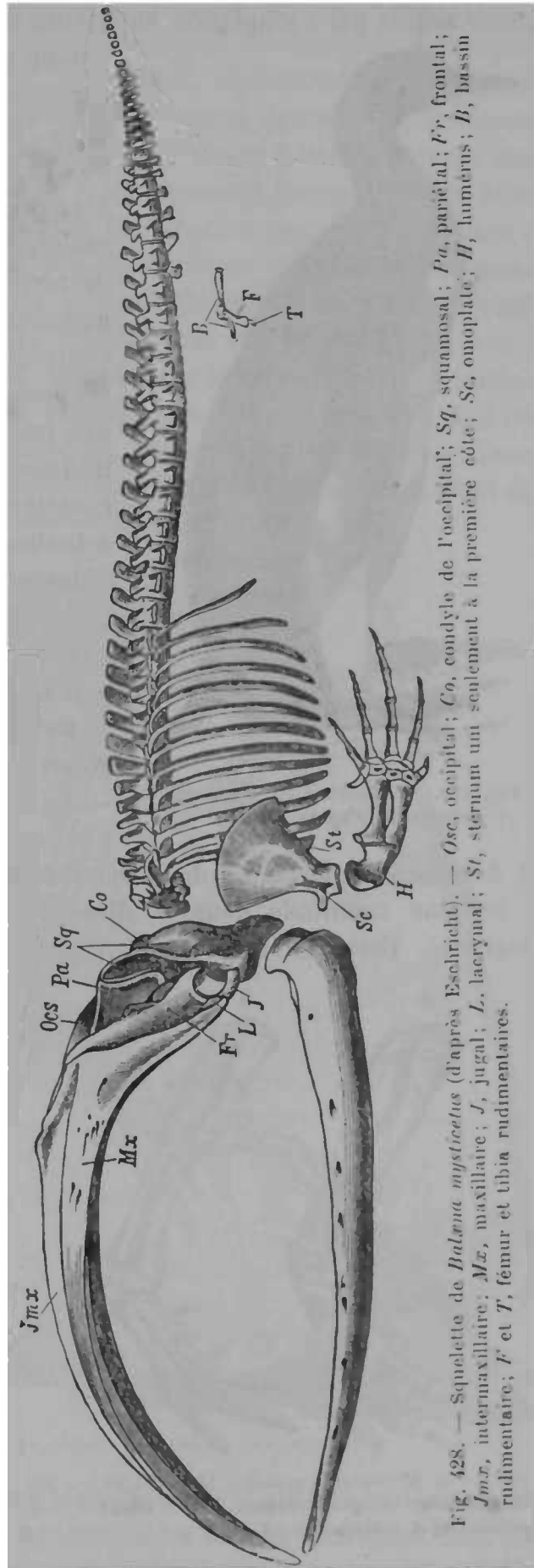


Fig. 428. — Squelette de *Balania mystreatus* (d'après Eschricht). — Ocs, occipital; Pa, parietal; Sq, squamosal; Fr, frontal; Jmx, intermaxillaire; Mx, maxillaire; J, jugal; L, lacrymal; St, sternum uni seulement à la première côte; Sc, omoplate; H, humerus; B, bassin rudimentaire; F et T, femur et tibia rudimentaires.

L'obligation de revenir respirer l'air en nature à la surface de l'eau était évidemment pour les grands Reptiles marins, comme pour nos Cétacés, un assujettissement

fâcheux à certains égards, mais racheté par la puissance respiratoire plus grande qu'implique la présence de poumons. Malgré leur retour à la vie aquatique, les organes acquis par l'adaptation antérieure de ces animaux à la vie aérienne, persistent en vertu de l'hérédité. Comme la vie

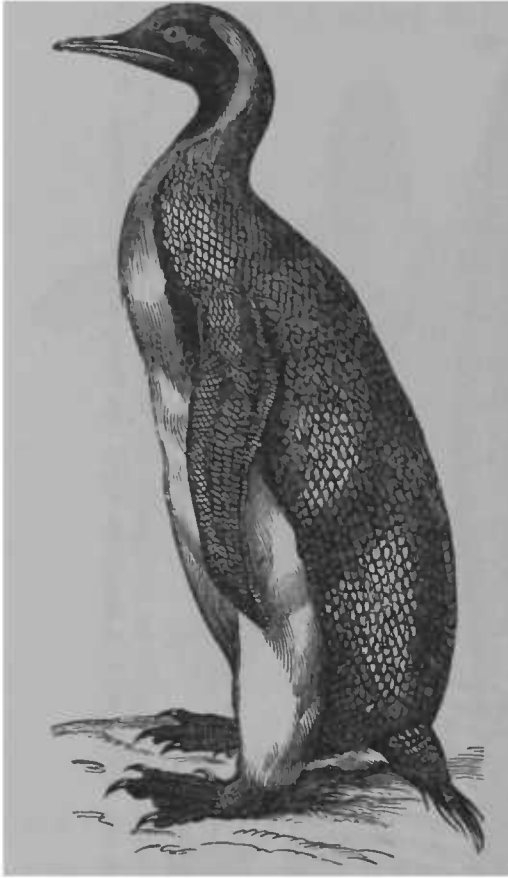


Fig. 429. — Manchot (*Aptenodytes patagonica*, d'après Brehm).

aérienne a elle-même succédé à la vie aquatique, les grands Reptiles marins portent en eux la trace évidente de trois adaptations successives qui se sont superposées sans s'effacer entièrement, et dont une est manifestement en désaccord avec le dernier genre de vie de ces animaux. Ces adaptations successives, souvent contradictoires, se retrouvent dans presque tous les groupes du règne animal (p. 322). Elles ont une importance particulière, parce qu'elles introduisent dans l'organisation des animaux des caractères en désaccord avec leurs habitudes actuelles, réalisés pour un genre de vie tout différent, persistant malgré l'abandon de ce genre de vie, et propres, en conséquence, à jeter du doute sur les causes qui ont déterminé leur apparition.

Ressemblances des adaptations chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères.

— La lutte pour la vie s'étant toujours accomplie en présence de conditions de milieu qui sont demeurées constantes dans leurs traits généraux, il existe nécessairement une certaine similitude dans la direction des adaptations des divers groupes zoologiques. Cette similitude est frappante quand on compare des animaux

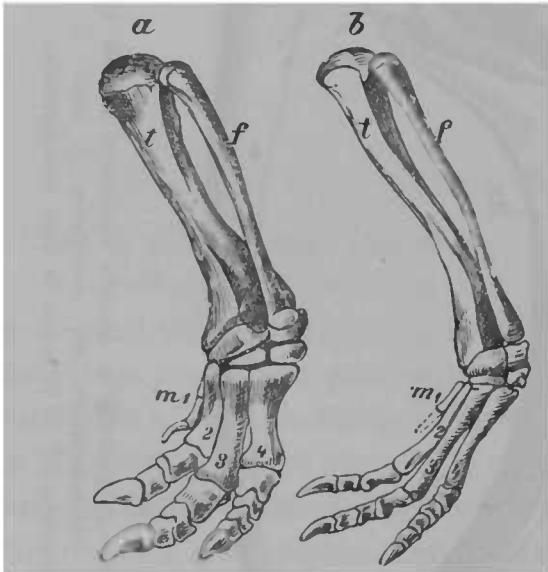


Fig. 430. — a. *Morosaurus grandis*, Marsh. 1/30. b. *Stegosaurus unguulatus*, Marsh. 1/24. t, tibia; f, péroné; m1-5, métatarsiens 1-5.

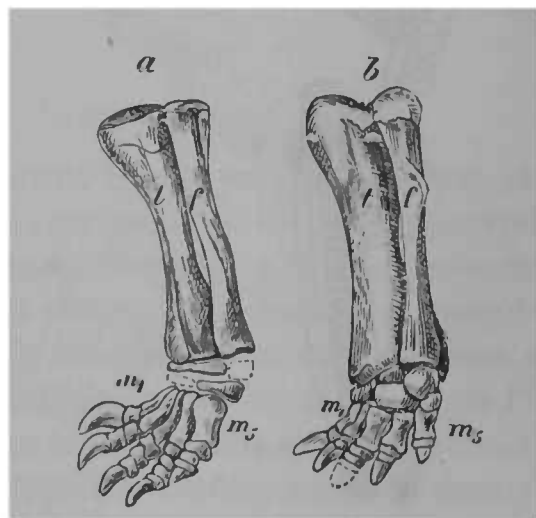


Fig. 431. — a. *Camptonotus dispar*, Marsh. 1/18. b. *Luosaurus altus*, Marsh. 1/12. t = tibia. m 1-4 = métatarsiens 1-4. f, péroné. Jurassique des montagnes Rocheuses.

de même type fondamental, par exemple, les Reptiles des temps secondaires, avec les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères des périodes suivantes. Durant les

temps secondaires les Reptiles dominaient presque exclusivement; ils s'étaient emparé de tous les rôles occupés depuis par l'ensemble des Vertébrés terrestres. A côté de ceux qui avaient l'apparence de nos Sauriens (*Urocordylus*, *Keraterpeton*) ou de nos Crocodiles actuels (*Loxomma*, *Zygosaurus*, *Melosaurus*, *Mastodonsaurus*, *Trematosaurus*, etc.), d'autres (*Atlantosaurus*, *Brontosaurus*, *Apatosaurus*, *Morosaurus*, fig. 430), avaient abandonné l'allure rampante et s'étaient hissés sur leurs membres modifiés, de manière à faire mouvoir respectivement l'humérus et le fémur, non plus dans des plans horizontaux, comme les Reptiles typiques, mais dans des plans verticaux, comme la plupart de nos Mammifères marsupiaux et placentaires. Il en était résulté un allongement apparent des membres qui ne laissaient plus toucher à terre la face ventrale. Les Dinosauriens s'étaient même dressés sur leurs pattes postérieures et marchaient debout en s'appuyant sur leur immense queue à la façon des Kanguroos. Cette attitude était, en quelque sorte, une transition vers celle des Oiseaux. Les *Stegosaurus*, *Diracodon*, *Omosorus*, *Scelidosaurus* étaient encore plantigrades; les *Camptonotus* (fig. 431) et les *Iguanodon* étaient digi-

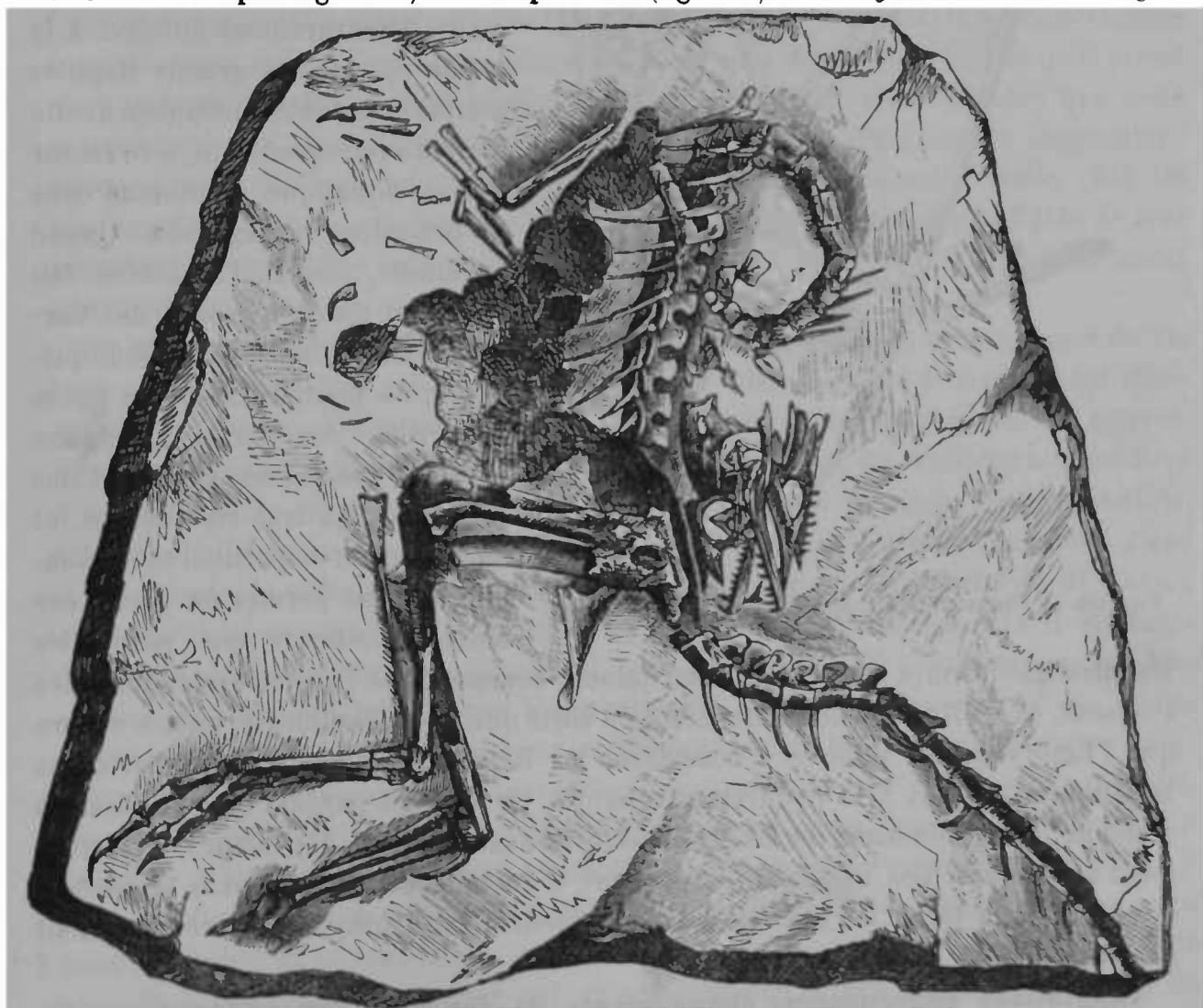


Fig. 432. — *Compsognathus longipes*, Wagn. Tithonique (Kalheim). 2/3.

tigrades comme les Oiseaux. Mais ici il n'y a pas seulement similitude d'adaptation. Les *Compsognathus* aux os pneumatisés (fig. 432) et les formes analogues sont réellement sur la voie qui conduit aux Oiseaux. La réduction de la queue, l'apparition des plumes, l'adaptation à la locomotion aérienne du membre antérieur, dégagé de l'obligation de supporter le poids du corps, sont les phénomènes qui restent à

réaliser pour faire de ces Dinosauriens de véritables Oiseaux; le premier être connu sur qui ils l'aient été est le fameux *Archæopteryx lithographica*.

Avant l'apparition de ce dernier, il y avait eu d'ailleurs des Reptiles volants : les Rhamphorhynques et les Ptérodactyles (433), remarquables par l'orientation de leur tête presque perpendiculairement à l'axe du cou, et par la soudure des os

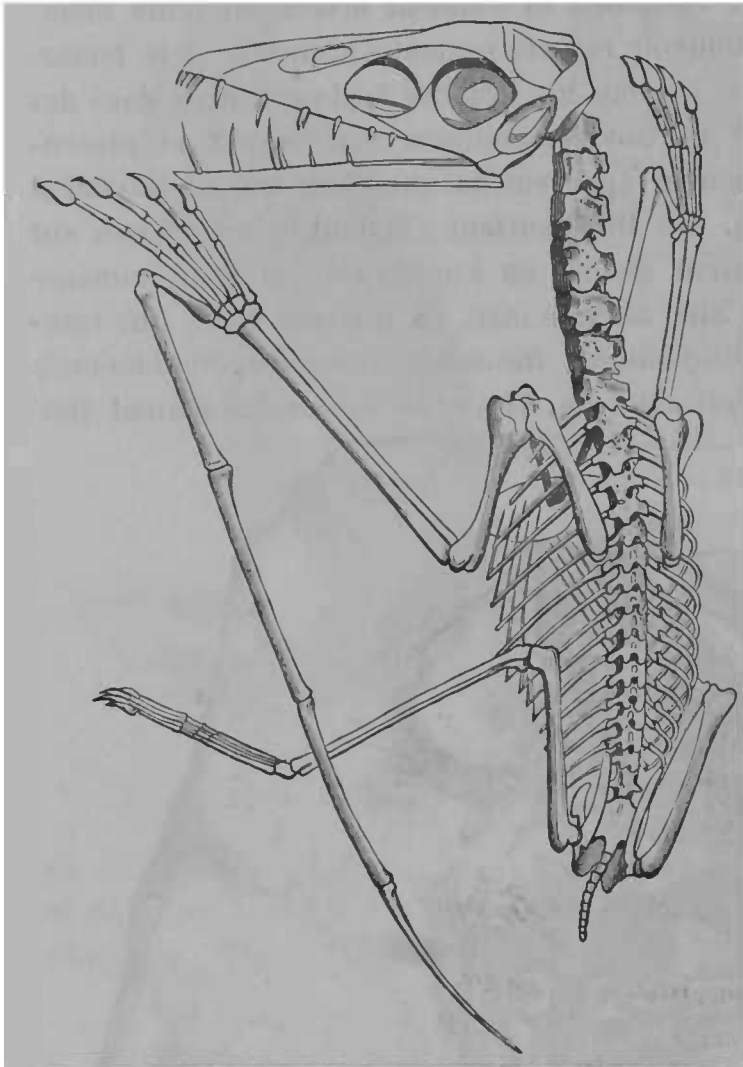


Fig. 433. — *Pterodactylus crassirostris* (d'après Goldfuss).

de leur crâne en une sorte de capsule, caractère qu'on retrouve chez les Oiseaux. Mais ici le membre postérieur n'était pas adapté au saut et le membre antérieur était une aile plus voisine de celle des Chauves-Souris que de celle des Oiseaux. Effectivement, elle était constituée par une vaste membrane, soutenue par le cinquième doigt de chaque main, démesurément allongé. A la même époque les grands Reptiles marins nous font assister déjà à cette sorte de rétrogradation, à ce retour à la vie aquatique, mentionné dans le précédent paragraphe. Quand on étudie, comme l'a si bien fait M. Albert Gaudry, la série des Vertébrés terrestres de la période primaire, on peut suivre pas à pas la disparition des arcs branchiaux chez les Batraciens stégocéphales à formes déjà très reptiliennes, et lorsque cette disparition est accomplie, rien ne permet de placer ces animaux ailleurs que parmi les

Reptiles. Les formes successives s'enchaînent comme si les Batraciens venaient des Poissons, et les Reptiles des Batraciens, de sorte que la Paléontologie, mieux encore que l'Embryogénie, autorise à considérer les Reptiles comme issus de Vertébrés aquatiques, adaptés à la respiration aérienne. Or tout en gardant leur respiration aérienne, les Plésiosaures et les Ichthyosaures avaient repris des mœurs exclusivement aquatiques. Les Plésiosaures pourvus d'un long cou nageaient à la surface des eaux à la façon de nos Oiseaux palmipèdes; les Ichthyosaures remplaçaient exactement dans les mers nos Cétacés.

Adaptations superposées; changements de fonction des organes. — On trouve dans tous les groupes du Règne animal des superpositions d'adaptations en sens contraire, analogues à celles que nous avons déjà signalées à propos des Vertébrés aériens revenus à la vie aquatique. L'histoire des Hydroméduses (p. 37) nous en fournit un premier et frappant exemple. La planule des Hydraires se fixe, et donne naissance à un corps ramifié sur lequel naît la Méduse par coalescence d'un verticille de rameaux. La Méduse qui devient libre, doit donc sa symétrie rayonnée

à son mode de formation sur un organisme ramifié. Mais, en vertu de l'accélération embryogénique, un grand nombre de Méduses peuvent se développer directement par suite de la suppression de l'Hydraire ramifié qui devait les supporter. L'origine de la symétrie rayonnée de ces Méduses se trouve ainsi complètement masquée.

L'abondance relative dans les temps anciens des Échinodermes fixés (Cystidés, Blastoïdes, Crinoïdes) autorise à penser que la symétrie rayonnée de ces animaux est due, comme celle des Méduses, à la fixation au sol de leurs ancêtres primitifs; cette présomption est corroborée par les phases successives que traversent les Comatules au cours de leur développement (p. 40). Cependant la plupart des Echinodermes actuels sont libres. Nous avons déjà indiqué (chapitre II, p. 42) quelles modifications présente la symétrie du corps chez ces animaux; chez les Oursins la superposition de la symétrie bilatérale à la symétrie rayonnée n'a lieu que chez ceux dont l'anus, au lieu d'occuper le sommet du test, est descendu dans l'un des interambulacres. En marchant de manière à porter constamment en avant l'ambulacre opposé à l'anus, l'Oursin se débarrasse plus facilement que de toute autre façon des matières excrémentielles qui pourraient salir son test; il est donc amené à se mouvoir, comme les Artiozoaires, dans un sens déterminé. Le fait qu'il prend alors comme eux la symétrie bilatérale rend évidemment vraisemblable que cette symétrie est due, dans les deux cas, à la constance de la direction de locomotion; on comprend, dès lors, que cette symétrie soit particulièrement accusée chez les Spatangoïdes, qui vivent dans le sable où ils se frayent un chemin, à l'aide de leur bord buccal transformé en une sorte de cuiller, et qui ont tout avantage à s'avancer dans la direction où ils ont commencé à creuser.

De même, les Holothuries symétriques par rapport à un plan, ont un genre de vie tout spécial; mais leur mode de symétrie peut être rapporté à trois causes différentes. Les *Psolus* se déplacent peu et vivent étroitement appliqués sur les pierres, à la façon des Oscabrions et des Patelles; ils attirent à eux les matières alimentaires à l'aide des cils vibratiles dont leurs longs tentacules ramifiés sont recouverts. L'immobilité relative de leur attitude entraîne forcément la différenciation d'une face ventrale, le transfert sur la face opposée du corps de la bouche et de l'anus, ainsi que l'avortement de l'ambulacre dorsal qui demeure inutilisé. Les Holothuries des grandes profondeurs se comportent tout autrement : elles se meuvent sur une surface de vase qui leur fournit leurs aliments. Aussi leur bouche est-elle sur la face ventrale. On trouve même tous les passages entre les cas où l'extrémité antérieure du corps est coudée de manière à tourner la bouche vers le bas (*Elpidia*, *Scotoplana*, *Peniagone*, *Lætmogone* et autres), et ceux où la bouche est franchement ventrale (*Deima*, *Benthodytes*, *Euphronides*, *Oneirophanta*, *Psychropotes*), comme si l'animal avait d'abord volontairement replié en dessous l'extrémité de son corps pour appliquer sa bouche sur le sol, et avait ensuite héréditairement transmis cette attitude à ses descendants chez qui se seraient peu à peu effacées les traces de l'effort primitif. L'anus est ici dorsal. D'autres Holothuries des grands fonds présentent des gradations non moins marquées conduisant, elles aussi, à la symétrie bilatérale, mais par un tout autre chemin. Ce sont celles qui, au lieu de ramper à la surface de la vase, s'y enfoncent et se trouvent, par conséquent, dans un milieu homogène dans le sens horizontal. L'anus et la bouche restent aux deux extrémités du corps; mais, obstrué par la vase, l'orifice anal ne pourrait fonctionner si l'Holo-

thurie demeurait verticale. L'animal se courbe dès lors en U (*Siphothuria incurvata*¹); peu à peu, les deux extrémités buccale et anale se rapprochent (*Ypsilothuria Talismani*, *Y. attenuata*²); enfin elles se soudent (*Rhopalodina*), de sorte que l'animal prend la forme d'une bouteille dont le goulot porte à la fois la bouche et l'anus.

Les appendices des Arthropodes et les membres des Vertébrés présentent des successions d'adaptation plus remarquables et plus évidentes encore. Nous en avons déjà indiqué plusieurs p. 53 et p. 317. Qu'elle se transforme en rame, comme chez les animaux aquatiques, ou en aile comme chez les Vertébrés volants, la patte, d'abord simple organe de marche, change de fonction en même temps que le genre de vie se modifie. Ces *changements de fonction* auxquels Dohrn a, avec raison, attribué une grande importance sont souvent un des caractères du développement normal. C'est ainsi que les pattes du *nauplius* et des premières formes larvaires des Crustacés deviennent successivement des antennes, des mandibules, des mâchoires et des pattes-mâchoires; que l'appendice operculigère des Gastéropodes marins devient un organe de reptation, le pied; que le membre antérieur des Vertébrés qui est un organe de marche dans la plupart des cas, peut, sans que sa structure change essentiellement, devenir un organe de préhension (RONGEURS, LÉMURIENS, SINGES, Homme, etc.), une nageoire (ENALLIOSAURIENS, THALASSOCHÉLYDES, PHOQUES, SIRÉNIDES, CÉTACÉS), une aile (PTÉROSAURIENS, CHAUVES-SOURIS, OISEAUX); l'aile peut même se transformer à son tour en nageoire (OISEAUX PLONGEURS, et surtout Pingouins et Manchots). Mais l'organe acquiert souvent d'emblée ou superpose à sa fonction ordinaire, une fonction d'un tout autre ordre: chez les Annélides céphalobranches, chez les Mollusques lamellibranches et chez les Tuniciers, les branchies ajoutent à leur fonction respiratoire celle d'attirer vers l'animal les particules alimentaires, tenues en suspension dans l'eau ambiante, particules dont il se nourrit. On peut dire qu'il en est de même chez les Cirripèdes dont les six paires de pattes constituent tout à la fois un appareil respiratoire et un appareil préhenseur des aliments. D'autres fois des organes de locomotion sont employés à la fécondation, et prennent de suite leur forme caractéristique, telles sont les pattes copulatrices des Écrevisses (fig. 71, p. 52), les pattes-mâchoires des Araignées mâles, les soies copulatrices des Lombriciens, le bras hectocotylisé des Céphalopodes; les appendices des divers segments du corps, d'abord tous locomoteurs chez le *nauplius* des Crustacés à développement lent, sont de suite des pédoncules oculaires, des antennes, des mandibules, des pattes-mâchoires, des pattes ambulatoires et des pattes natatoires chez ceux dont le développement est rapide. Ces changements de fonctions des organes et les changements de forme qui les accompagnent sont d'ailleurs la raison des difficultés que rencontraient les anatomistes dans leurs comparaisons, avant qu'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire leur ait donné le *principe des connexions* comme fil conducteur, et ait énoncé cette importante proposition: *La fonction est indépendante de l'organe*. Il constatait simplement ainsi qu'un même organe est susceptible de remplir les fonctions les plus différentes.

Comment se produisent ces changements de fonctions? Les modifications de l'organe précèdent-elles celles de la fonction et en sont-elles la cause, ou, au contraire,

¹ EDM. PERRIER, *les Explorations sous-marines*. 1886, p. 284, fig. 202.

² *Ibid.*, fig. 203 et 204.

en sont-elles la conséquence et l'effet ? Des physiologistes éminents penchent pour cette seconde alternative : « *La fonction fait l'organe* », dit J. Guérin; M. Marey rappelle combien les os sont aptes à se modifier sous l'effort des muscles, combien ces derniers se développent par l'exercice, et M. Durand (de Gros) montre que les formes, en apparence si bizarres, des os des membres sont liées à l'usage que fait l'animal des muscles qui viennent s'y attacher. En particulier, la torsion de 180° que présente l'humérus quand on le compare au fémur, chez les Mammifères, paraît intimement liée à la traction que les muscles exercent sur lui : elle s'accroît avec l'âge. La supposition que des caractères acquis par l'exercice des organes peuvent être transmis par hérédité tire un appui intéressant de la comparaison des formes dentaires qui se sont succédées dans les diverses séries d'herbivores. Partout se montrent d'abord des dents à collines saillantes, courtes, entièrement recouvertes d'émail ou à peu près (Mastodontes, *Lophiodon*, BUXODONTES); puis les collines s'élèvent, leurs intervalles se remplissent de ciment, leur sommet se rase, *comme s'il était usé*, et laisse apparaître l'ivoire (Éléphants, Rhinocéros, RUMINANTS)¹ Quelle qu'en soit l'explication, le fait même du changement de fonction est indéniable, puisque nous le voyons s'effectuer chez les Crustacés inférieurs et chez bien d'autres animaux au cours même du développement de chaque individu. Entre les animaux qui emploient les mêmes organes aux fonctions les plus opposées, on connaît, d'ailleurs, suffisamment d'intermédiaires pour être autorisé à penser que ces changements se sont effectués d'une manière graduelle : beaucoup de Crustacés entomostracés se servent encore de leurs antennes comme d'organes de mouvements ou de préhension; dans la série des Oiseaux plongeurs, les Mergules, les Guillemots, les Plongeurs, les Grèbes volent encore assez bien, malgré la brièveté de leurs ailes; le Macareux et les Alques ne se servent des leurs que pour raser la surface de l'eau et voler d'une vague à l'autre; les grands Pingouins et les Manchots ne volent plus; l'aile qui, dans les genres précédents, servait à la fois au vol et à la natation, mais se spécialisait de plus en plus dans cette fonction, s'y confine désormais d'une manière exclusive. Il est fort remarquable qu'on trouve des Oiseaux plongeurs qui se sont arrêtés à toutes ces étapes successives; mais c'est une règle pour tous les ordres de modifications, que *les formes nouvelles ne font pas nécessairement disparaître les formes anciennes*.

Perte de fonction des organes; organes rudimentaires. — Les organes ne changent pas seulement de fonction; ils peuvent aussi perdre toute fonction; les organes sans fonction sont, en général, de dimensions plus ou moins réduites, et l'on peut souvent établir une série continue de leur état de complet développement jusqu'à leur disparition, par l'étude des animaux appartenant à un même groupe zoologique. Ces organes réduits, sans fonctions, sont connus depuis longtemps sous le nom d'*organes rudimentaires*. L'existence des organes rudimentaires est en contradiction formelle avec les conséquences de la doctrine finaliste; ne servant à rien, ils ne sauraient être pressentis à l'aide des principes déduits de cette doctrine, notamment à l'aide du principe de la corrélation des formes. Après avoir étayé la doctrine de l'unité du plan de composition, ils comptent maintenant parmi les meilleurs arguments que l'on puisse invoquer en faveur du transformisme.

¹ ALB. GAUDRY et MARCELLIN BOULE, *Matériaux pour l'histoire des temps quaternaires*. — V. fascicule, 1888.

La disparition graduelle de certains organes peut être observée dans tous les groupes du Règne animal. Il y a de nombreuses Éponges sans oscules. Chez une foule d'Hydroméduses, l'ombrelle des Méduses reproductrices demeure rudimentaire ou disparaît tout à fait soit dans l'un des sexes, soit dans tous les deux. Suivant le degré du développement de leur ombrelle, P. J. Van Beneden appelle ces Méduses des *semi-atrophions* ou des *atrophions*. La femelle seule est imparfaite et constitue un semi-atrophion chez les *Podocoryna carnea*, *Coryna mirabilis* et *C. gravata* : c'est le mâle, chez les *Corydendrium parasiticum*, *Eudendrium ramosum*, *E. racemosum*, *Pennaria Cavolini*, *Eucoryna elegans* ; les deux sexes sont à l'état de semi-atrophion chez les *Campanularia dichotoma*, *Tubularia indivisa*, *T. coronata*, *Syncoryna ramosa*. Enfin, il ne se développe que des atrophions des deux sexes chez les *Hydra*, les *Hydractinia echinata*, *polycleus*, *fucicola*, le *Cordylophora lacustris*, la *Coryna squamata*, la *Syncoryna Listeri*. C'est au contraire le manubrium ou sac stomacal qui manque aux Méduses locomotrices des Siphonophores et aux Cténophores. Les tentacules manquent aux gastromérides des *Cryptohelia*, aux microzoïdes des Pennatulides ; ils sont rudimentaires chez la *Sicyonis crassa*, plus encore chez les *Polys-tomidium patens* et *Polyopis striata* ; ils disparaissent enfin chez les *Liponema*, Actinies qui vivent à environ 3000 m. de profondeur.

Parmi les Echinodermes, l'ambulacre antérieur est plus ou moins réduit chez les Spatangoïdes et les deux ambulacres dorsaux le sont plus encore chez les Holothuries à sole ventrale, où leurs tubes ambulacraires sont quelquefois transformés en organes tactiles. Les pédicellaires eux-mêmes sont rudimentaires chez de nombreuses Étoiles de mer, et sur un même individu on observe souvent, dans la famille des GONIASTERIDÆ, toutes les phases de leur dégénérescence en un simple granule du test.

Chez les Arthropodes, les appendices s'adaptent successivement d'avant en arrière au tact, à la mastication, à la préhension et au maintien des proies, puis à la locomotion. Rarement la locomotion s'effectue seulement au moyen de la natation et le plus souvent l'animal peut à la fois marcher et nager ; aussi chez une partie des Crustacés décapodes, les pattes abdominales qui font suite aux cinq paires de pattes thoraciques deviennent-elles des pattes natatoires et gardent-elles un grand développement (SERGESTIDÆ, CARIDIDÆ) ; mais d'autres Décapodes sont exclusivement marcheurs, leurs pattes abdominales se réduisent dès lors beaucoup, et tombent à l'état d'organes rudimentaires (PALINURIDÆ, ASTACIDÆ, GALATHEIDÆ, THALASSINIDÆ, PAGURIDÆ, HIPPIDÆ, tous les BRACHYURES). Parmi les Arthropodes terrestres, il n'y a que les Myriapodes qui présentent des membres sur tous les segments de leur corps ; chez presque tous les autres, les membres abdominaux manquent, mais il est facile d'établir que l'absence de ces membres est le résultat d'une disparition. Plusieurs articles abdominaux des embryons de Scorpions et les quatre premiers articles abdominaux des embryons d'Araignées portent des membres rudimentaires qui s'atrophient par la suite du développement. Parmi les Insectes, le *Machilis maritimus* ne présente pas moins de 8 paires de pattes abdominales petites, mais possédant toutes leurs parties caractéristiques, et que l'animal appuie fréquemment sur le sol (Jourdain). Chez les *Campodea* (fig. 434) les pattes abdominales existent aussi, mais sont beaucoup plus rudimentaires ; il y en a trois paires chez un Coléoptère de la famille des Staphylins, le *Spirachta eurymedusa* ;

enfin, chez les larves de *Sialis*, on peut voir aussi des pattes abdominales rudimentaires, mais elles sont employées à la respiration. L'atrophie des pattes peut aller plus loin chez les Insectes : on sait que les papillons des familles des Satyrides et des Nymphalides (*Satyrus*, *Apatura*, *Vanessa*, *Argynnis*, etc.) n'utilisent pas leurs pattes antérieures, très réduites et dites *en palatine*.

Les élytres des Coléoptères et des Orthoptères ne servent guère que d'organes de protection pour les ailes inférieures; elles s'atrophient chez les *Sitaris* (fig. 436, b),

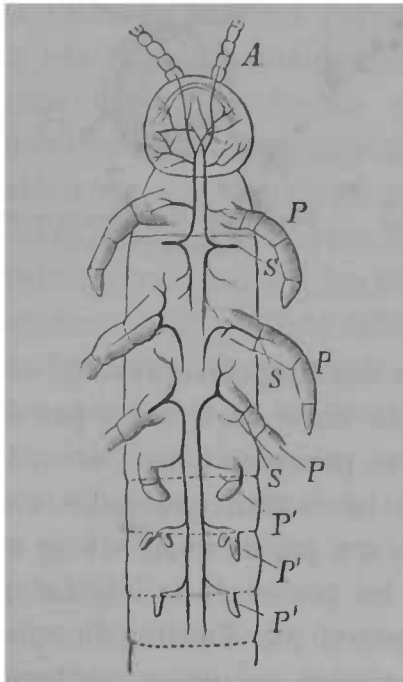


Fig. 434. — Partie antérieure de la *Cam-podea fragilis* (d'après Palmén). — Tr, trachées; S, stigmates; P, pattes; P', pattes rudimentaires abdominales.

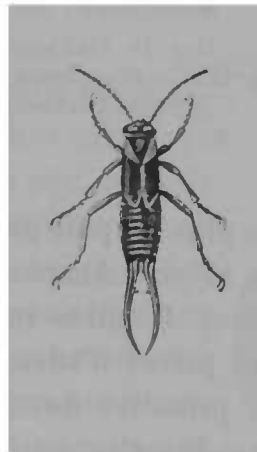


Fig. 435. — *Forficula auricularia* (régne animal).

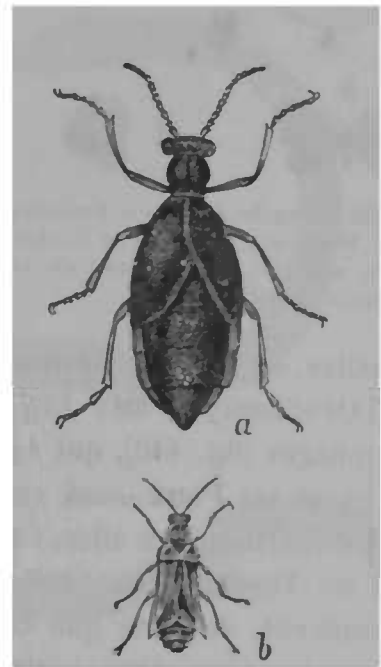


Fig. 436. — a. *Meloe violaceus*. — b. *Sitaris humeralis* (régne animal).

les Staphylinides, les Forficulides (fig. 435), les Courtilières et les Rhipiptères. L'atrophie des ailes postérieures est plus fréquente encore chez les Insectes chasseurs à pattes robustes, comme les Carabes, ou chez ceux à abdomen lourd comme les Blaps, les Meloë (fig. 436, a). Elle est générale chez les Diptères où ces ailes sont remplacées par des *balanciers*, et chez les Cochenilles mâles (fig. 437). D'autres fois les quatre ailes avortent simultanément; l'avortement ne porte que sur les neutres, chez les Fourmis et les Termites; sur les femelles, chez les Lampyres (fig. 395, b, p. 273), les Cochenilles, les Mutilles et certains papillons de nuit (*Solenobia*, *Psyche*, fig. 438, *Orgyia*); sur les femelles ovipares d'automne chez les Pucerons; il porte sur les deux sexes chez les *Pyrrochrous apterus*, les *Acanthia lectularia* (Punaise des lits), les *Ephippiger* et surtout les *Psocus*; l'appareil musical des élytres persiste seul chez les *Ephippiger*. On trouve tous les états de développement des ailes chez les Phasmides : les Protophasmes du carbonifère de Commeny avaient de grandes ailes; les Phyllies de l'Inde ont des élytres bien développées, mais les ailes inférieures manquent aux femelles de la Phyllie feuille sèche; les élytres sont, au

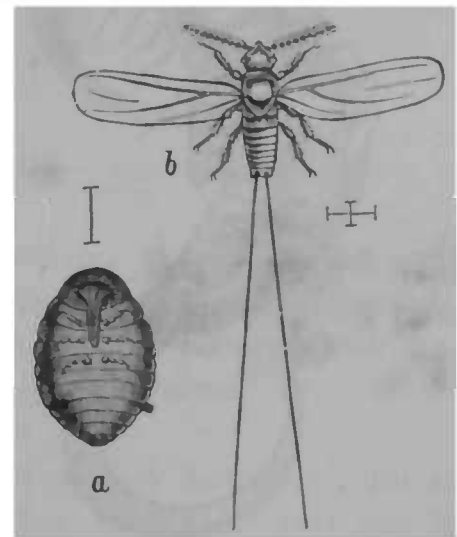


Fig. 437. — *Coccus cacti* (d'après Burmeister). — a. Femelle. — b. Mâle.

contraire, seules réduites dans les deux sexes des Phasmes et des Cyphocranes; enfin les ailes manquent totalement aux deux sexes chez les Eurycanthes, les Bactéries et les Bacilles. Une gradation analogue peut être établie chez les Diptères pupipares

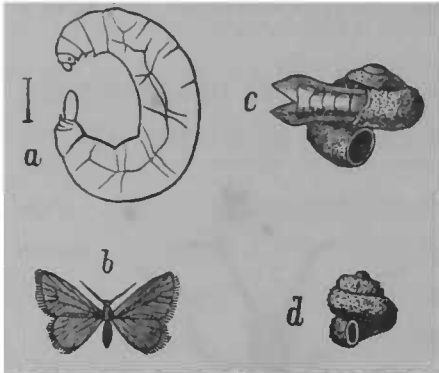


Fig. 438. — *Psyche helix*. — a. Femelle. — b. Mâle. — c. Fourreau de la chenille mâle. — d. Fourreau de la chenille femelle.

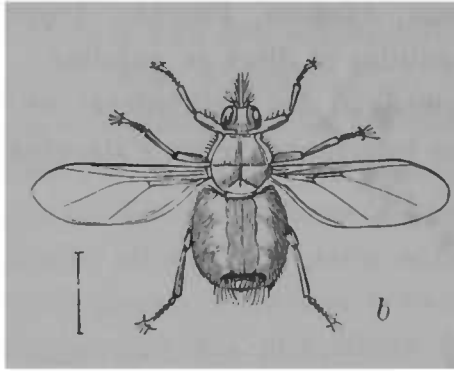


Fig. 439. — *Hippobosca equina* (d'après Packard).

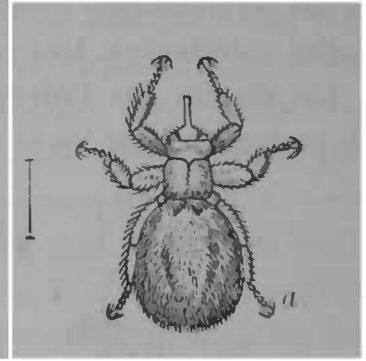


Fig. 440. — *Melophagus ovinus* (d'après Packard).

parasites, où les ailes deviennent de plus en plus petites des Hippobosques (fig. 439) aux Ornithomyes, aux Lipoptènes et aux Anapères; la série se termine par les Mélophages (fig. 440), qui sont aptères. D'autres Insectes parasites : les Puces, les Ricins et les Poux, sont également privés d'ailes. On ne saurait confondre avec cette disparition des ailes, l'absence primitive des ailes, qui paraît avoir été le cas chez les Thysanoures. Chez quelques Insectes, ce sont les pièces de la bouche qui s'atrophient, de sorte que ces animaux doivent être nourris par d'autres Insectes, comme les Clavigères, esclaves des Fourmis, ou ne prendre aucune nourriture à

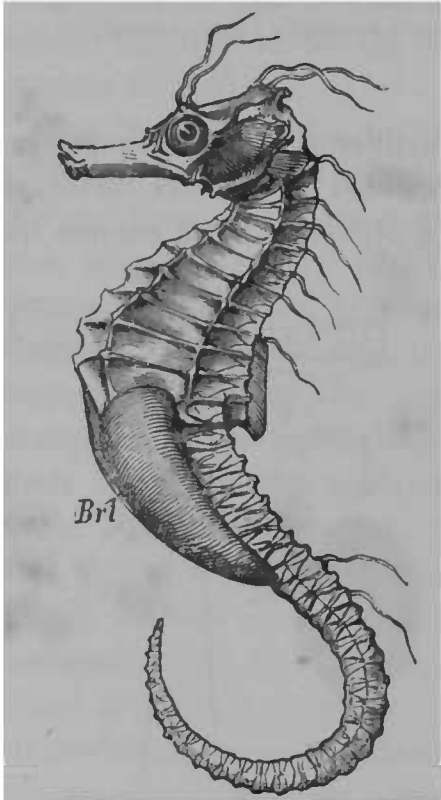


Fig. 441. — Hippocampe mâle avec sa poche ovifère, *Brt.*

l'état adulte comme les Perles, les Ephémérides, les Phryganides, les Tinéides, les Bombycides, etc.

Si l'on considère que les Géphyriens armés et, parmi les Sangsues, les Acanthobdelles, présentent quelques soies chitineuses, on est conduit à penser que l'absence de ces organes chez les Géphyriens inermes et le plus grand nombre des Hirudinées, est le fait d'un avortement.

Le pied, si caractéristique des Mollusques, devient rudimentaire ou nul chez les Ostréides qui accolent leurs coquilles aux corps étrangers; il est de même très réduit chez les Clavagelles, les Fistulanes, les Tarets et les Arrosoirs, qui sont tubicoles.

Nulle part cette atrophie graduelle des membres n'est plus intéressante que chez les Vertébrés. Déjà, chez les Poissons, les nageoires postérieures manquent quelquefois (Anguilles, Plectognathes, Syn-gnathes), plus rarement encore ce sont les antérieures (*Plagusia*) ou les deux paires à la fois (Hippocampe, fig. 441). Il ne faut pas confondre ce

cas avec celui des *Amphioxus* et des Lamproies qui paraissent représenter des types primitifs de Vertébrés, encore dépourvus de membres; il en est peut-être également ainsi des Cécilies, parmi les Batraciens. Mais l'absence de membres

postérieurs paraît bien le résultat d'un avortement chez les Sirènes, car on passe des Ménobranches et des Ménopomes, à quatre membres courts pourvus de quatre doigts, aux Amphiumes et aux Protées, qui n'ont plus que trois doigts en avant et deux en arrière, enfin aux Sirènes chez qui l'avortement des membres postérieurs est complet.

Les mêmes faits se retrouvent dans trois familles distinctes de Sauriens, celles des Amphisbèniens, des Scincoïdiens et des Chalcidiens. Dans la première famille, les Chirotés ont des membres antérieurs et un bassin rudimentaire; les membres disparaissent, mais le bassin subsiste dans les autres genres, témoignant ainsi de l'existence antérieure des membres qu'il portait et qui sont sa raison d'être. Dans la famille des Scincoïdiens, les Gongyles, les Scinques ont quatre membres à cinq doigts différant peu de ceux des Lézards; les membres se raccourcissent déjà chez les *Seps*, les *Podophis*, les *Cyclodus*; chez les *Brachymeles*, les membres antérieurs n'ont plus que deux doigts et les postérieurs un seul; les membres postérieurs subsistent seuls chez les *Scelotes* et les *Ophiodes*; ils sont même dépourvus de doigts chez les *Pygopus* (fig. 442); enfin les Orvets (*Soridia*, *Anguis*, *Acontias*), les Typhlines n'ont plus de membres du tout; une ceinture scapulaire et une ceinture pelvienne témoignent toutefois encore de leur existence antérieure. On peut former dans la famille des Chalcidiens une série semblable avec les *Zonurus*, *Cordulus*, *Gerrhosaurus*, *Gerrhonotus* pourvus de quatre membres à cinq doigts, les *Saurophis* dont les membres n'ont plus que quatre doigts, les *Chalcis* à membres postérieurs dépourvus de doigts, les *Chamæsaura*, sans doigts à tous les mem-

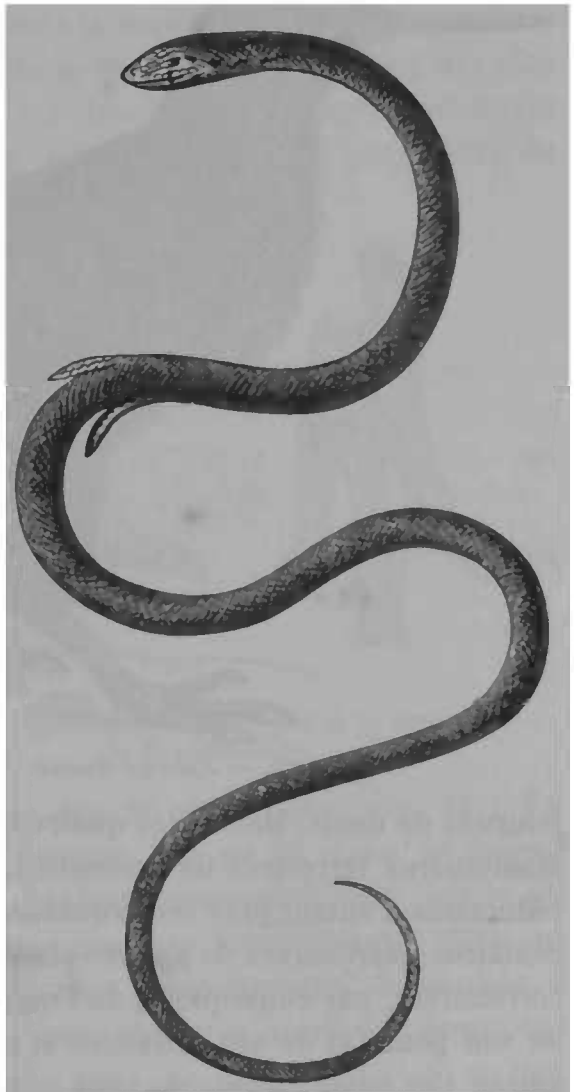


Fig. 442. — *Pygopus (Bipes) lepidopus* (règne animal).

bres, les *Pseudopus*, qui n'ont plus de membres antérieurs et les *Ophisaurus* qui n'ont plus de membres du tout. On ne trouve chez les Serpents ni ceinture scapulaire, ni ceinture pelvienne; toutefois l'existence chez les Pythons de membres postérieurs rudimentaires témoigne que les Serpents eux-mêmes dérivent de Vertébrés jadis pourvus de pattes.

La forme encore très nettement reptilienne de l'aile des Autruches, qui se termine par trois doigts dont deux armés de griffes, semble indiquer que le membre antérieur de ces Oiseaux n'a jamais été utilisé pour le vol. En suivant la série des Oiseaux coureurs on assiste, en conséquence, à sa disparition graduelle. Il ne présente plus qu'une griffe chez les Nandous; il n'a plus de griffe chez les Casoars, mais porte encore des rémiges; il se rapetisse beaucoup chez les Emous, se réduit à de simples moignons chez les Apteryx (fig. 443) et était entièrement

atrophie chez les *Dinornis*. Il y a aussi chez ces Oiseaux une réduction du pied qui semble suivre une marche inverse de celle de l'aile : les *Apteryx* ont un pouce rudimentaire, les Emous, les Casoars et les Nandous n'en ont pas; les Autruches n'ont plus que deux doigts à chaque pied.

Seuls les Sirénides et les Cétacés présentent, parmi les Mammifères, un avorte-

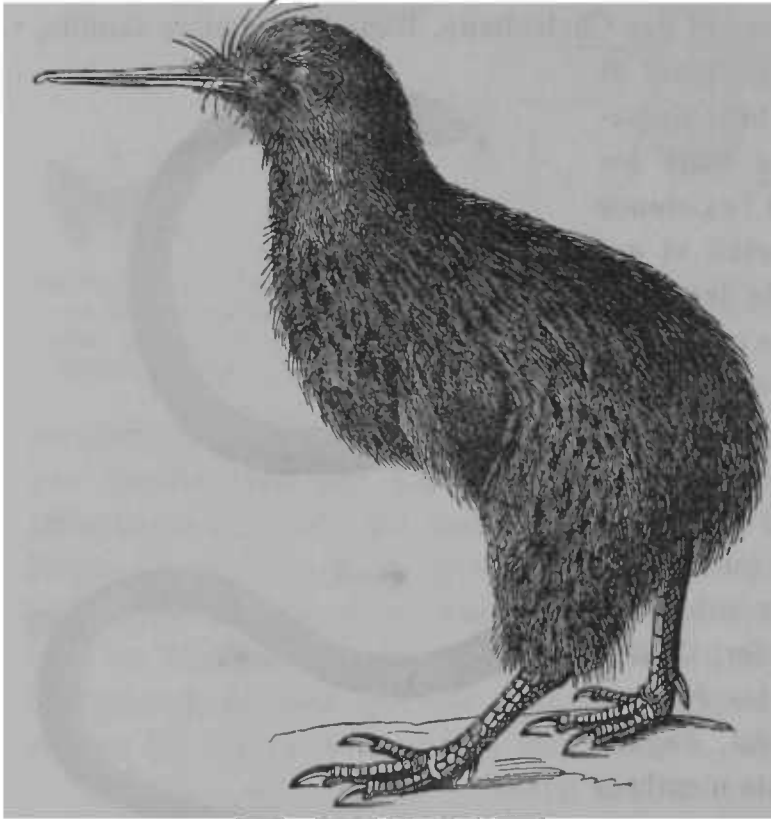


Fig. 443. — *Apteryx Owenii*.

ment à peu près complet des membres, et cet avortement ne porte que sur les membres postérieurs. Les *Halitherium* de l'époque miocène avaient un très petit bassin présentant une cavité cotyloïde dans laquelle s'articulait un rudiment de fémur. Le bassin subsiste encore sous forme d'une frêle ceinture chez les Dugongs; il n'est plus clos en avant, mais porte un rudiment de fémur et de tibia chez les Baleines; le tibia disparaît chez les Mégaptères et le Rorqual commun; le fémur manque, à son tour, chez le Rorqual boréal et les membres postérieurs ne sont plus représentés que par une paire de stylets chez les Cétacés

pourvus de dents. Mais si les quatre membres restent bien développés chez tous les Mammifères terrestres ils présentent, au point de vue du nombre des doigts, des réductions d'autant plus remarquables qu'elles paraissent, chez les Mammifères placentaires, corrélatives de l'allure plantigrade, digitigrade ou onguligrade de l'animal, corrélatives, par conséquent, de l'usage de moins en moins grand que fait l'animal de son pouce et de ses deuxième et cinquième doigts, toujours plus petits que les autres. Ces modifications du pied se développent, à leur tour, concurremment avec des modifications assez grandes et également atrophiques du système dentaire, comme si l'allure de l'animal était dans quelque rapport avec son régime alimentaire.

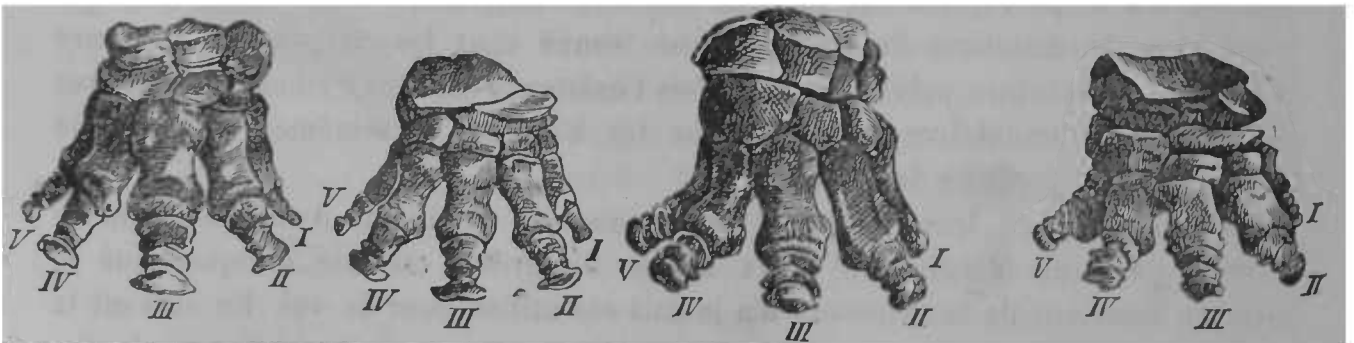


Fig. 444. — Pattes de devant et de derrière (droites) de *Coryphodon hamatus*, Marsh. Eocène inférieur. Wyoming.

Fig. 445. — *Dinoceras mirabile*, Marsh. 1/7. Eocène moyen. Wyoming. Pattes de devant et de derrière.

L'histoire de la succession des Mammifères ongulés est, à cet égard, très instruc-

tive. Les plus anciens paraissent avoir été des animaux pentadactyles, ayant une dentition d'omnivore (*Phenacodon*) et possédant quarante-quatre dents. Les premiers de ces animaux ont été plantigrades; mais aux plantigrades succèdent des Ongulés digitigrades, toujours pentadactyles (*Coryphodon*, *Dinoceras*, *Elephas*) et marchant en appuyant leurs cinq doigts sur le sol (fig. 444 et 445). Comme les doigts de ces animaux étaient primitivement inégaux, le travail était inégalement réparti entre eux; les doigts médians, plus longs que les autres, prenaient la part la plus active à la locomotion, et les doigts latéraux tendaient à s'atrophier. L'allure digitigrade s'accroissant, le pouce, puis le 2^e et le 5^e doigts, toujours plus petits que les autres, cessent de toucher le sol. Dès lors, ces doigts deviennent inutiles, et ils s'atrophient (*Acerotherium*, fig. 446). Le pouce, le plus court de

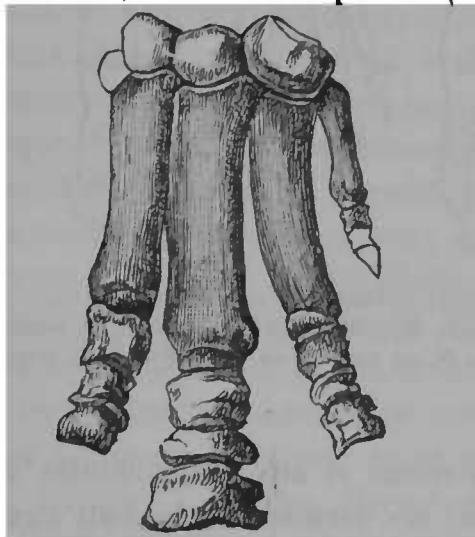


Fig. 446. — *Acerotherium tetradactylum*. Sansan. Patte de devant gauche. 1/6.

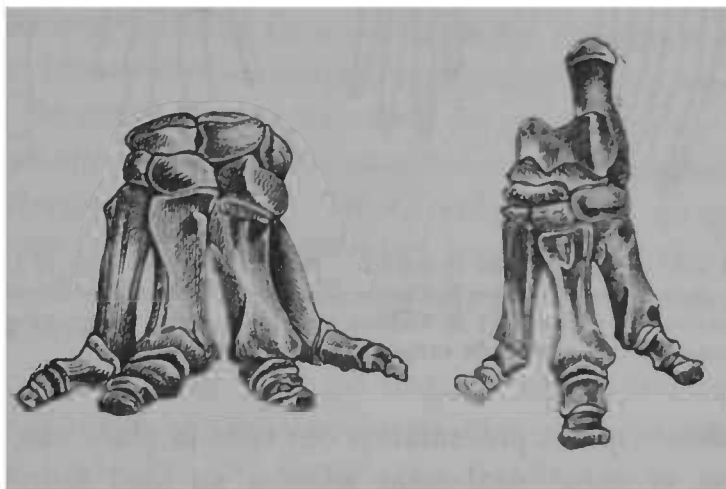


Fig. 447. — Pattes gauches de devant et de derrière de *Brontotherium*.

tous, disparaît le premier, puis vient le tour des 2^e et 5^e doigts (fig. 447). La sustentation du corps peut, dès lors, être dévolue soit au 3^e et au 4^e doigts, fonctionnant simultanément, soit au 3^e seul, habituellement plus long que le 4^e. Ces deux combinaisons ont été réalisées d'une manière indépendante; elles ont donné naissance, la première, à la série des ONGULÉS ARTIODACTYLES; la seconde, à la série des ONGULÉS PÉRISSODACTYLES. Les dents, chez ces animaux, pouvaient demeurer tuberculeuses ou se raser, en quelque sorte, ne présentant plus, au lieu des tubercules, que des croissants d'émail (p. 325). Ces deux formes de dents se combinent avec la forme artiodactyle du pied; de là deux séries de types parallèles: celle des ARTIODACTYLES BUNODONTES et celle des ARTIODACTYLES SÉLÉNODONTES. La première série aboutit aux types actuels des Hippopotames et des Porcins, où l'on constate une tendance bien manifeste de l'estomac à se diviser en poches distinctes, ce qui est réalisé chez le Pécari; chez le même animal les métatarsiens moyens sont soudés en un seul os et le cinquième doigt postérieur est réduit à son métatarsien. Les ancêtres de tous ces animaux sont caractérisés par le fait que les os du tarse et du carpe qui soutenaient les doigts latéraux, devenus inutiles, se mettent de plus en plus en rapport avec les doigts demeurés fonctionnels, et leur constituent ainsi une région d'attache de plus en plus solide; il y a en d'autres termes adaptation de la totalité du carpe et du tarse à la forme fourchue du pied (fig. 448). Mais les doigts latéraux pouvaient aussi devenir inutiles et se réduire sans que le carpe ou le tarse fussent modifiés. C'est ce qui est arrivé dans

une autre série d'Artiodactyles¹. Cette combinaison évidemment déféctueuse, après avoir été en quelque sorte essayée, a disparu : les *Anoplotherium* (fig. 449) et les

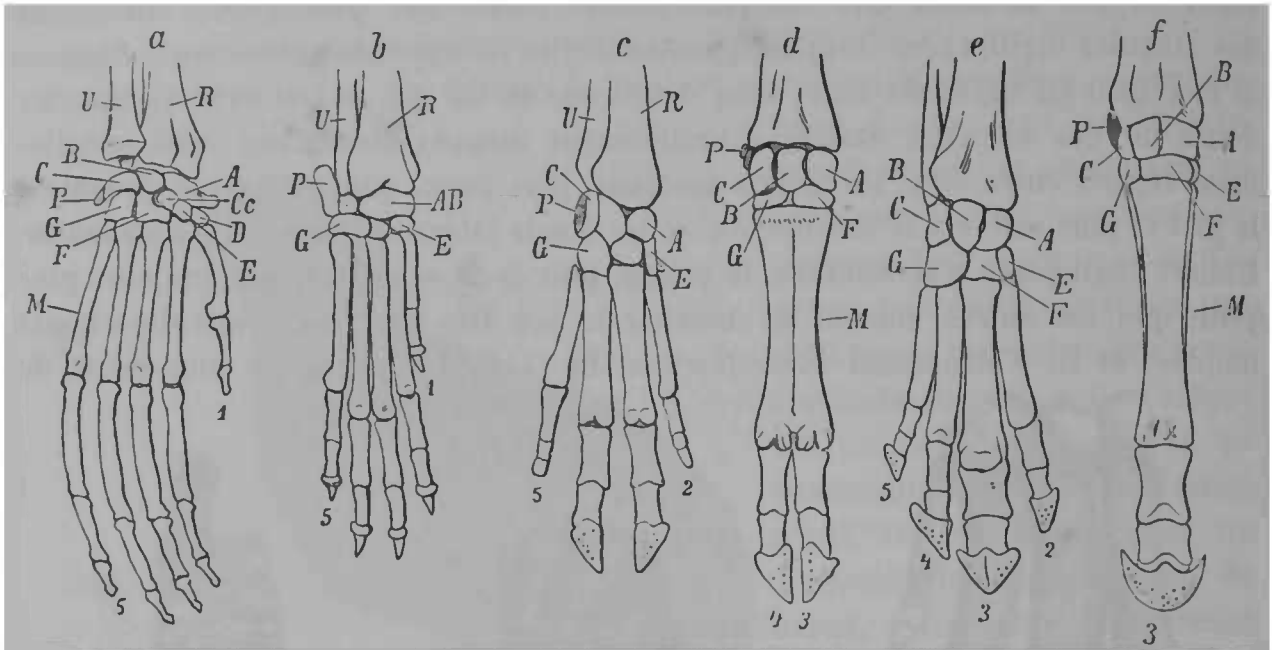


Fig. 448. — Squelette de la main, *a*, chez l'Orang; *b*, chez le Chien; *c*, chez le Porc; *d*, chez le Bœuf; *e*, chez le Tapir; *f*, chez le Cheval (d'après Gegenbaur). — *R*, radius; *U*, cubitus; *A*, scaphoïde; *B*, semi-lunaire; *C*, pyramidal; *D*, trapèze; *E*, trapézoïde; *F*, grand os; *G*, os crochu ou unciforme; *P*, pisi-forme; *Cc*, os central du carpe; *M*, métacarpe.

Xiphodon qui la présentaient ont cédé la place aux Porcins et aux Sélénodontes à tarse et carpe également adaptés au pied fourchu; ces derniers ont abouti aux Ruminants.

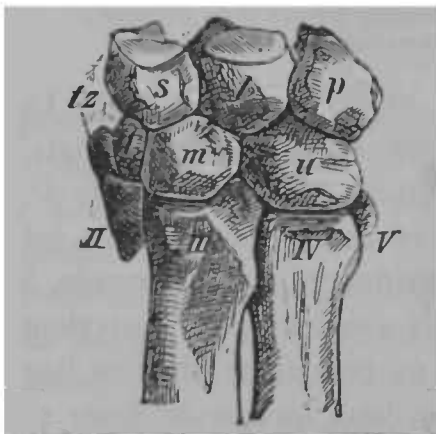


Fig. 449. — *Anoplotherium*. Patte de devant avec réduction inadaptative. *s*, scaphoïde; *l*, semi-lunaire; *p*, pyramidal; *tz*, trapèze; *t*, trapézoïde; *m*, grand os; *u*, os crochu.

Les premiers artiodactyles sélénodontes avaient eux-mêmes une dentition complète : c'est-à-dire, à chaque mâchoire, trois paires d'incisives, une paire de canines et sept paires de molaires. Cette dentition s'est peu à peu réduite, mais aussi de façons différentes : chez les *Cainotherium* on assiste, en quelque sorte, à la disparition des canines supérieures et de l'une au moins des prémolaires; les Camélidés ont conservé leurs canines et leurs incisives latérales, mais ils ont perdu leurs incisives médianes supérieures; les Moschidés ont également conservé leurs canines supérieures chez les mâles, mais toutes les incisives supérieures ont disparu; enfin chez tous les autres Ruminants, toutes

les incisives supérieures manquent, ainsi que les canines des deux mâchoires. Nous trouvons donc là encore des combinaisons variées qui ont pour la plupart subsisté, mais deux d'entre elles ne se rencontrent plus que chez un très petit nombre d'espèces, et sont, en conséquence, beaucoup moins stables que la troisième, quoique plus rapprochées du type primitif. Pendant que ces changements s'accomplissaient dans la dentition des Sélénodontes, leurs membres se modifiaient aussi. Les deux

¹ WOLDEMAR KOWALEWSKY, *Osteology of the HYOPOTAMIDÆ*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1873.

doigts latéraux de chaque pied sont d'abord complets, et les doigts médians ont des métacarpiens et des métatarsiens libres (*Oreodon*); les métatarsiens se soudent chez les *Gelocus*, les métacarpiens demeurent libres, disposition qui n'est plus présentée aujourd'hui que par les *Hyæmoschus* de la côte orientale d'Afrique. Cependant, la soudure des métatarsiens et des métacarpiens est déjà réalisée chez les Camélidés, quoique leur dentition soit moins spécialisée que celle de ces animaux; leurs doigts latéraux ont même complètement disparu, alors qu'ils se conservent chez les Ruminants les plus parfaits au point de vue de la dentition, les Cervidés par exemple, et ne disparaissent à l'extérieur que chez les Bovidés. La réduction des doigts est, à la vérité, commencée chez les Cervidés; elle porte sur les métacarpiens et les métatarsiens, et s'accomplit de trois façons; la portion moyenne de ces os manque chez les *Gelocus*; leur partie supérieure fait défaut chez les Cervidés américains, les deux espèces de Chevreuil, et l'*Hydropotes* de la Chine; leur partie inférieure est absente, au contraire, chez les Cervidés européo-asiatiques et le seul Wapiti d'Amérique. Il résulte bien clairement de ces faits que *les choses se passent comme si toutes les modifications possibles d'un organisme donné se manifestaient simultanément ou successivement dans la suite des temps*, et l'exemple des Cervidés montre qu'une forme donnée de modifications peut se limiter aux animaux occupant une région géographique déterminée; M. Em. Blanchard a constaté des faits de ce genre pour les Perroquets de l'Ancien et du Nouveau-Monde.

Des réductions analogues sont bien connues chez les Ongulés périssodactyles. Ces animaux paraissent avoir été d'abord tétradactyles; mais une première série de formes (*Tapiravus*, *Hyrachyus*, *Lophiodon*) qui aboutit aux Tapirs actuels n'a

déjà plus que trois doigts postérieurs; le pied antérieur perd à son tour un doigt chez les *Palæotherium* et les *Rhinoceros*. A partir des *Palæotherium* le pied se relève de plus en plus; la marche tend à s'accomplir uniquement sur l'extrémité du doigt médian; on passe ainsi des *Paloplotherium* et des *Pachynolophus*, aux *Anchitherium*, puis aux *Hipparion*, encore tridactyles, et enfin aux Chevaux où les doigts latéraux ne sont plus représentés que par leurs métacarpiens et métatarsiens.

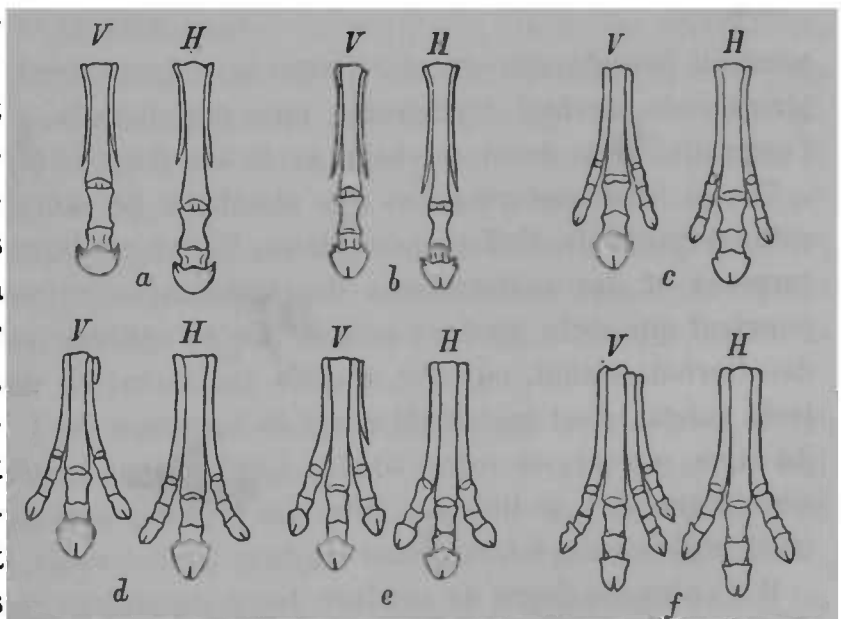


Fig. 450. — Extrémités antérieure (V) et postérieure (H) d'Équidés (d'après Marsh). — a, *Equus*; b, *Pliohippus*; c, *Protohippus* (*Hipparion*); d, *Miohippus* (*Anchitherium*); e, *Mesohippus*; f, *Orohippus*.

Des modifications exactement parallèles à celles qui s'opéraient sur les Paléothéridés de l'Ancien-Monde paraissent s'être produites d'une manière tout à fait indépendante sur ceux du Nouveau, et avoir conduit de même à de véritables Chevaux qui avaient disparu avant la conquête de l'Amérique. La série américaine (fig. 450) est même plus complète que la série européenne.

Le rapport entre la disparition des doigts et l'allure digitigrade est encore con-

servé chez les Carnassiers qui gardent cinq doigts tant qu'ils sont plantigrades, mais perdent en général un doigt en arrière (Chiens et Chats) ou même aux quatre pieds (Hyènes), dès qu'ils sont digitigrades.

L'atrophie des doigts semble être, dans tous les cas que nous venons d'indiquer, une conséquence indirecte de l'action musculaire de l'animal. *Le processus de modification des membres est le même que si le Mammifère s'était constamment efforcé de se dresser de plus en plus sur ses pattes, pour user de toute leur longueur, et augmenter, en conséquence, la rapidité de son allure.* On peut suivre toutes les phases de ce redressement à partir des Monotrèmes. L'humérus et le fémur se meuvent encore chez

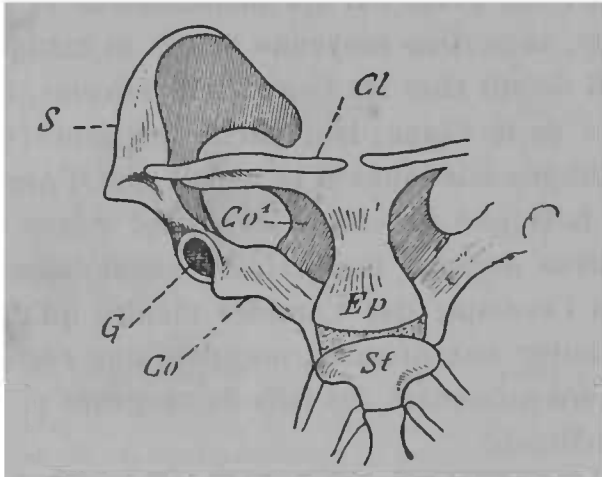


Fig. 451. — Ceinture scapulaire de l'*Ornithorhynchus paradoxus* (d'après Wiedeisheim). — *St*, sternum; *Ep*, épisternum; *Co*, coracoïde; *Co'*, épico-racoïde; *S*, omoplate; *Cl*, clavicule; *G*, cavité articulaire pour l'humérus.

ces animaux, comme chez les Reptiles actuels, dans un plan horizontal, et un os coracoïde, supporté par le sternum, prend part à la constitution de l'articulation humérale (fig. 451). Chez presque tous les autres Mammifères, les membres se meuvent tout entiers dans des plans verticaux, et le coracoïde, comme emporté par les membres antérieurs, entre lesquels le tronc vient se placer, abandonne le sternum et se soude à l'omoplate pour constituer l'apophyse coracoïde. Cette transformation est complètement réalisée chez les Marsupiaux actuels et chez les Placentaires, où se

poursuit jusqu'à son dernier terme le redressement graduel de la patte, qui de plantigrade devient digitigrade, puis onguligrade, l'animal se hissant enfin sur l'extrémité de la dernière phalange de son doigt le plus long.

Toutes les transformations des membres ne sauraient, à la vérité, rentrer dans cette formule de l'effort héréditaire. Elle n'explique pas la soudure des métacarpiens et des métatarsiens des Ruminants en un canon. Il est remarquable pourtant que cette soudure semble liée à l'aptitude au saut; tous les métatarsiens des Gerboises sont, en effet, soudés également en une tige unique que terminent trois doigts; c'est justement aussi le caractère de la patte des Oiseaux, où les os du tarse se sont, en outre, soudés à l'os unique résultant de la fusion des métatarsiens d'une part, au tibia de l'autre. Le pied des Gerboises, comme celui des Oiseaux, n'est plus mobile latéralement et, dans les deux cas, le péroné est rudimentaire.

Il y a plus : le degré de soudure des métatarsiens paraît proportionnel à l'aptitude au saut de ces animaux. Ces trois os sont encore bien reconnaissables et relativement courts chez les Perroquets qui ne sautent pas; ils sont séparés par de profonds sillons du côté antérieur du tarso-métatarse chez les Manchots.

Atrophie des organes des sens; animaux aveugles des cavernes et des eaux profondes. — Les organes des sens sont susceptibles, comme les membres, de présenter des atrophies d'autant plus remarquables qu'elles n'influent pas sur l'aspect général de l'organisme, et semblent en rapport avec des conditions d'existence bien déterminées. On a remarqué depuis longtemps que les yeux s'amoin- drissent et peuvent même disparaître chez beaucoup d'animaux vivant constamment

dans l'obscurité. Les Taupes en sont un exemple vulgaire, parmi les Mammifères, auquel il faut ajouter les *Spalax*, les Bathyergues et les Rongeurs analogues qui vivent dans des galeries souterraines. Chez ces animaux, la cécité n'est pas complète, il en est de même chez les Cécilies, batraciens qui vivent à la façon des Lombrics, et le Protée, batracien des lacs souterrains de la Carniole. dont la peau paraît d'ailleurs sensible à la lumière (R. Dubois). Elle est, au contraire, absolue chez un assez grand nombre d'autres animaux qui vivent dans des cavernes obscures : tels sont l'*Amblyopsis spelæus*, poisson de la caverne du Mammoth, dans le Kentucky, le *Typhlichthys subterraneus*, autre poisson de la même famille, les Anophthalmes, insectes cavernicoles, très voisins des *Trechus*, qui sont pourvus d'yeux, les *Claviger*, qui habitent les fourmilières. On sait enfin que les Lombriciens terrestres qui vivent dans des galeries souterraines sont aveugles. D'après cela, on pouvait s'attendre à ce que tous les animaux qui vivent sous les eaux à des profondeurs très grandes, complètement obscures, fussent dépourvus d'yeux. Il y en a, en effet, un assez grand nombre. Déjà le *Niphargus stygius*, crustacé des régions profondes du lac Léman, est dépourvu d'yeux. Parmi les Crustacés isopodes des grands fonds de la mer, l'œil est dépourvu de pigment ou manque chez divers Arcturidés, chez les *Tanaïs*, les *Neasellus*, tous les Munnopsidés. Il en est de même chez les Crustacés podophthalmes suivants, dragués à de grandes profondeurs : *Nebaliopsis*, *Polycheles*, *Willemoësia*, *Pentacheles*, *Nephropsis*, *Thaumastocheles zaleuca*, *Galathodes Antonii*, *Galacantha*, *Elasmonotus Parfaiti*, *Bathyplox typhlus*. Dans une même espèce de Crabe, le *Cymonomus granulatus*, on peut suivre toutes les phases de la disparition des yeux. Les individus vivant à de faibles profondeurs ont les yeux normaux ; ceux qu'on pêche au sud de Valentia (Irlande), de 200 à 400 mètres de profondeur, ont les pédoncules oculaires terminés par une surface arrondie, mais qui n'est plus un œil ; les individus qui vivent dans le nord de l'Atlantique, entre 1000 et 1500 mètres de profondeur, ont des pédoncules oculaires immobiles, terminés en pointe, et entre lesquels disparaît le rostre primitif. L'absence d'yeux a été également constatée chez divers Mollusques des grandes profondeurs, appartenant à des genres qui en sont habituellement pourvus : le *Pecten fragilis* (3000 mètres de profondeur) ; les *Eulima stenostoma*, *Pleurotoma nivalis*, *Oocorys sulcata*, de 3200 mètres ; le *Fusus abyssorum* de 4735 mètres.

On est disposé, au premier abord, à rapporter cet avortement des yeux au défaut d'excitation de ces organes par les rayons lumineux. Mais, s'il en était ainsi, tous les animaux qui vivent à des profondeurs de la mer où la lumière solaire ne pénètre pas devraient être aveugles comme ceux que nous venons d'énumérer. Or, il n'en est rien, la cécité ne frappe que les animaux marcheurs, comme les Crustacés isopodes et les Décapodes des familles des Astacidés, des Cuirassés, des Galathéidés, des Notopodes et des Crabes. Les Crustacés nageurs, analogues à nos Crevettes, et les Poissons gardent leurs yeux, qui sont même souvent extraordinairement développés, et que vient aider, dans un grand nombre de cas, un luxe remarquable d'appareils tactiles. Beaucoup de ces animaux sont, en outre, pourvus d'appareils d'éclairage, et leurs yeux sont, sans doute, impressionnés par la phosphorescence que produisent tant d'animaux des grands fonds. Comme on ne peut admettre que la quantité de lumière insuffisante pour entretenir à l'état normal les yeux des Crustacés marcheurs a, au contraire, agrandi ceux des Crus-

tacés nageurs, on est amené à attribuer à la sélection naturelle ce singulier départ de la faculté visuelle. Mais, il faut bien remarquer que si la sélection naturelle explique ce départ, elle ne nous montre pas comment et pour quelles causes l'œil s'est réduit dans un cas, s'est développé dans un autre.

D'ailleurs, l'obscurité n'est pas la seule condition d'existence qui entraîne d'ordinaire la disparition des yeux. La fixation au sol, l'immobilité qui en résulte sont aussi une cause indirecte d'atrophie pour ces organes. Parmi les Phytozoaires, il n'y a que les Méduses, les Étoiles de mer et quelques Oursins (*Diadema*), qui possèdent des yeux. Chez les Artiozoaires qui se fixent tardivement, tels que les Cirripèdes et les Tuniciers, les yeux, d'abord bien développés, disparaissent au moment de la fixation. Ces faits précisent d'autant mieux le rapport que nous avons indiqué entre la cécité et le genre de vie de l'animal, que les yeux persistent chez divers Tuniciers libres (*Pyrosoma*). On en trouve aussi chez les Peignes, les Limes, les Arches relativement mobiles, et sur les siphons d'un certain nombre de Lamelli-branches à la fois sédentaires et fouisseurs (*Maetra*, *Tellina*, *Solen*); ils manquent ou sont réduits à des éléments sensitifs isolés chez d'autres. Ici, il est difficile d'invoquer le défaut d'excitation de l'organe visuel; on ne peut non plus lui attribuer la disparition de l'œil impair, interpariétal, qui paraît avoir été l'apanage de l'ancêtre commun de tous les Vertébrés. Cet œil existe encore à l'état rudimentaire chez divers Sauriens, les Lézards notamment, où il occupe à peu près la place de la fontanelle interpariétale des Stégocéphales du Permo-carbonifère et du Trias. Il est innervé par l'épiphyse ou corps pinéal, dont l'existence est générale chez les Vertébrés craniotes et qui prend ainsi la signification d'un ganglion optique rudimentaire.

Animaux fixés; parasites internes. — Il résulte de tous ces exemples que les causes des modifications organiques sont extrêmement variées. La façon dont grandissent et se multiplient les éléments constituant d'un être vivant, l'action directe des milieux extérieurs, l'usage que fait un animal de ses organes, l'activité relative de leur nutrition, la transmission héréditaire des modifications acquises, comptent au nombre des causes qui font apparaître les caractères zoologiques nouveaux, parmi lesquels s'accomplit ensuite la sélection naturelle. Toutes ces causes interviennent dans la production des traits qui distinguent certaines catégories d'animaux, tels que les *animaux sédentaires* et les *animaux parasites*. Chez les premiers, les organes de locomotion (CIRRIPÈDES) ou de respiration (BRYOZOAIRES, BRACHIOPODES, ANNÉLIDES CÉPHALORANCHES, MOLLUSQUES LAMELLIBRANCHES, TUNICIERS) sont employés à déterminer le courant qui entraîne vers l'animal les matières alimentaires dont il a besoin. Quand les organes de locomotion ne sont pas employés à cet usage, ils s'atrophient; les organes de mastication, les organes de fécondation externe et les organes des sens disparaissent d'une façon plus ou moins complète; les glandes génitales prennent un développement exceptionnel.

Chez les Parasites internes, on constate de même la disparition des organes de locomotion et de sensibilité, le grand développement des glandes génitales; mais les organes copulateurs subsistent (NÉMATODES, TRÉMATODES, CESTOÏDES); en revanche, l'appareil digestif peut s'atrophier en partie (*Gordius*) ou d'une manière complète (CESTOÏDES). Il est intéressant de voir ces modifications apparaître avec l'âge chez les Copépodes parasites (LERNÉENS), et ne se produire que chez les

femelles (fig. 452 et 453), comme si elles étaient le résultat d'une adaptation tardive et héréditaire. A cet égard, les Rhizocéphales, parasites des Crustacés décapodes, sont particulièrement remarquables comme exemple de transformation en parasite d'un animal destiné à être fixé, tel qu'un Cirripède.

Le même genre de vie pouvant produire sur des animaux originaires très différents des modifications similaires, ces animaux arrivent quelquefois à présenter entre eux, au moins extérieurement, une ressemblance suffisante pour qu'on y ait

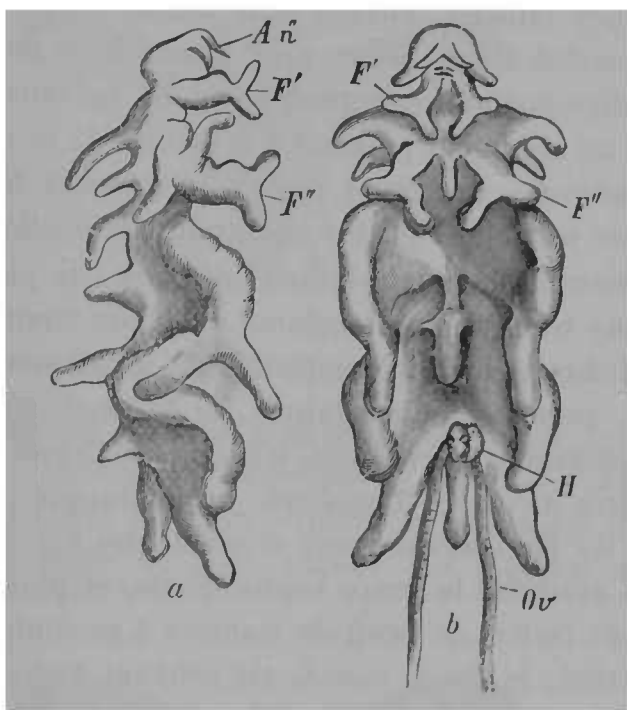


Fig. 452. — Mâle et femelle de *Chondracanthus gibbosus*, grossi environ six fois. — *a*, femelle vue de côté. *b*, femelle vue par la face ventrale avec le mâle *H*, fixé sur elle; *An'*, antennes antérieures; *F'* *F''*, les deux paires de pattes; *Ov*, ovisacs tubuleux.

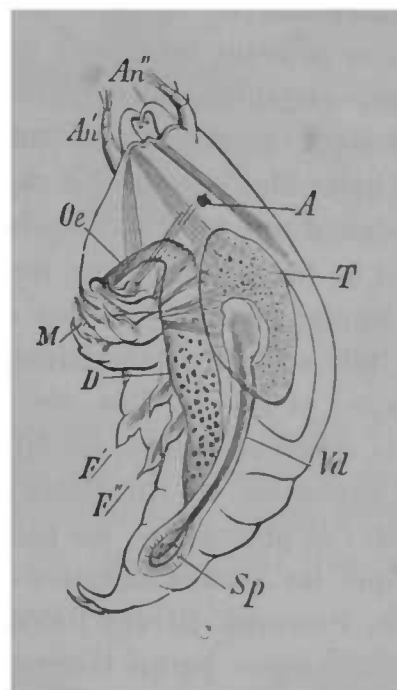


Fig. 453. — Mâle du *Chondracanthus gibbosus* fortement grossi. *An'*, antennes recourbées en crochet; *F'* *F''*, les deux paires de pattes; *A*, œil; *Oe*, œsophage; *D*, tube digestif; *M*, pièces de la bouche; *T*, testicule; *Vd*, canal déférent; *Sp*, spermatophore.

pu voir les signes d'une étroite parenté. C'est ainsi qu'en raison de leur commune infériorité, Cuvier avait placé les Helminthes parmi les Zoophytes et que l'on a longtemps compris sous ce nom d'Helminthes des animaux absolument dissimilaires : les Lernéens qui sont des Crustacés, les Linguatulides qui sont des Arachnides, les Acanthocéphales, les Gordiacés, les Nématodes, peut-être alliés eux aussi aux Arthropodes, mais bien différents les uns des autres, et de plus les Trématodes et les Cestoides qui sont franchement des Vers. Ce n'est pas seulement le parasitisme qui produit de telles ressemblances. La formation d'une coquille, la fixation au sol ont donné lieu à des rapprochements pareils. C'est ainsi que les Cirripèdes ont été pris pour des Mollusques, que les Tuniciers et les Brachiopodes ont été rapprochés des Lamellibranches, erreurs analogues à celles que commet le vulgaire quand il appelle, pour les mêmes raisons, les Cétacés des Poissons et les Chauves-Souris des Oiseaux. Ces ressemblances de détail sont souvent appelées *ressemblances d'adaptation*. Mais cette expression signifie seulement que les ressemblances constatées résultent de l'adaptation à une même fonction d'organes secondaires, les membres par exemple, tandis que les organes principaux, tels que ceux de la circulation et de la respiration, demeurent profondément différents. On s'exposerait à lui donner une interprétation erronée si l'on en con-

cluait qu'il existe chez les animaux deux catégories de caractères, des caractères fondamentaux, typiques, traduction d'une idée, d'un plan préconçu, réalisé d'emblée, et des caractères secondaires, résultant des modifications apportées par l'action des milieux à un organisme initial, créé de toutes pièces. C'est, en effet, une des questions à résoudre que celle de savoir si tous les caractères présentés par les animaux ne sont pas dus à des causes naturelles, encore agissantes et dont la science a pour objet de chercher à déterminer rigoureusement les effets.

Mimétisme. — Si l'action directe des milieux, l'usage et le défaut d'usage des organes peuvent intervenir dans les modifications organiques, il est aussi des cas où des variations sans importance physiologique apparente, et dont la cause est totalement inconnue, viennent porter un argument puissant à la théorie de la sélection naturelle; ce sont les cas de *mimétisme*. Un grand nombre d'animaux faibles présentent une telle ressemblance avec les objets qui les entourent habituellement qu'on ne les distingue que très difficilement dans leur milieu ordinaire : la plupart des animaux pélagiques ont des tissus transparents incolores ou bleus comme la mer, tels sont les Radiolaires, les Méduses, les Siphonophores et notamment les Porpites et les Vélèles, les Minyas, parmi les Coralliaires, les Cténophores, les larves d'Echinodermes, les larves de nombreux Crustacés, tels que les Crevettes et les Langoustes, les Annélides des genres *Alciopé* et *Tomopteris*, les Mollusques hétéropodes et ptéropodes, les *Loligopsis*, les Tuniciers nageurs et même des Vertébrés, tels que les formes larvaires dont on avait fait le genre Leptocéphale, et plusieurs autres Poissons. Divers Palémons sont tachés de brun de manière à se confondre avec les *Fucus* parmi lesquels ils vivent; le *Cancer mænas* est souvent tacheté de brun, de gris et de blanc, comme le gravier dans lequel il court; les Calappes ressemblent à des cailloux roulés, les Maïas sont couverts d'appendices qui, mêlés à la végétation dont leur dos se revêt, les rend méconnaissables; la Crevette grise a la teinte même du sable. Le mimétisme n'est pas moins fréquent chez les Araignées. Parmi les Insectes orthoptères, les Phasmides imitent souvent soit des branches sèches, soit des feuilles; les Mantes, les Sauterelles ont la couleur et la forme des feuilles; la *Gastropacha quercifolia* doit son nom à sa ressemblance avec les feuilles mortes; d'autres Lépidoptères nocturnes, les Lichénées, se confondent avec les Lichens dont les troncs d'arbres auxquels elles s'accrochent sont couverts; la teinte de leurs ailes supérieures est foncièrement la même que celle de la face inférieure des ailes des Papillons diurnes qui, au repos, portent ces ailes dressées; les Chenilles arpeuteuses ont des attitudes qui les feraient prendre pour de petites branches desséchées. Des Charançons du Brésil (*Cryptorhynchus*) ressemblent aux bourgeons des plantes sur lesquelles ils vivent; certains *Chlamys* à des graines ou à des excréments de Chenille (Gounelle). La population des Sargasses flottantes de l'Atlantique tropical est remarquable par la livrée uniforme qui la dissimule admirablement parmi ces algues; des Syngnathes se laissent flotter comme des frondes mortes, dans cette région, et rien ne ressemble à une algue déchiquetée comme leur voisin, le *Phyllopteryx foliatus*, de Tasmanie. Les Rainettes se confondent tout à fait avec le feuillage; enfin les animaux des neiges sont le plus souvent blancs et ceux des déserts de sables, couleur isabelle.

D'autre part, des animaux inoffensifs et rares prennent parfois l'aspect d'autres animaux dangereux ou répulsifs, très communs : un orthoptère, le *Condylodera tri-*

condyloides, a été confondu longtemps par Westwood avec une Cicindèle qui partage son habitat, et qui appartient au genre *Tricondyla*. Les Lépidoptères du genre Sésie ont la coloration et l'aspect des Guêpes et autres Hyménoptères à aiguillon (fig. 454); d'où leurs noms de *Bembecia hylæiformis*, *Trochilium apiforme*, *T. bembeciforme*, *Sesia tenthrediniformis*, *S. nomadæformis*, *S. cynipiformis*, *S. formiciformis*. La *S. tipuli-*

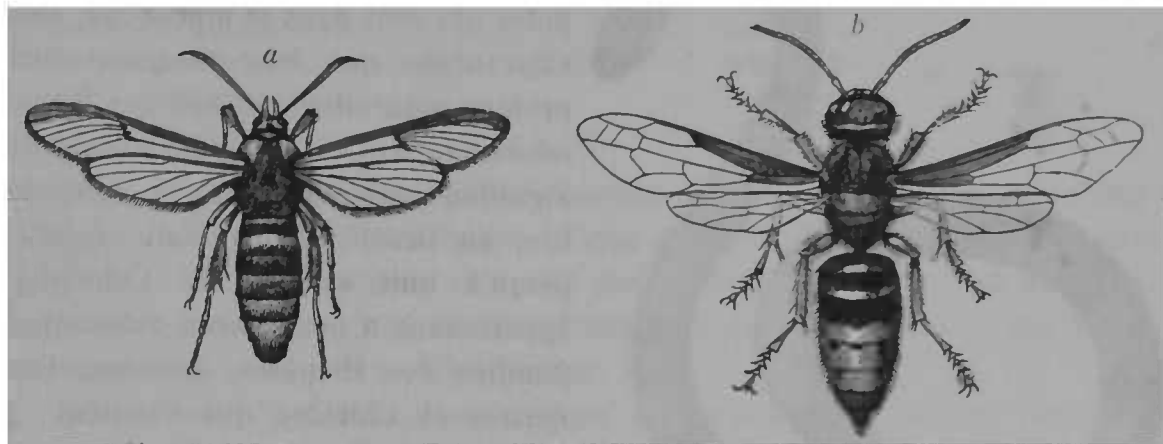


Fig. 454. — a. *Trochilium apiforme* (*Sesia crabroniformis*). — b, *Vespa crabro*.

formis qui porte un nom de Diptère rappelle plutôt l'*Odynerus sinuatus*, qui est une petite guêpe; les *Macroglossa fuciformis* et *bombyliiformis* ressemblent à de gros Bourdons; diverses espèces relativement rares de Leptalides, lépidoptères de l'Amérique du Sud, voisins des Piérides et dont les Oiseaux sont friands, ont

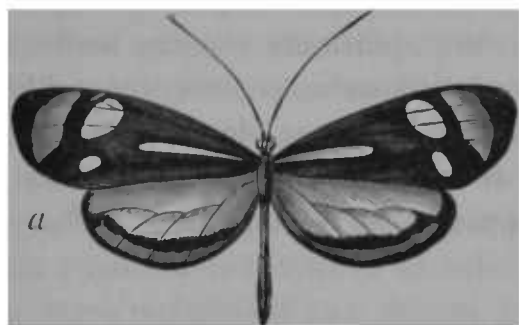


Fig. 455. — *Leptalis Theonoë*, var. *Leuconoe* (Piéride).

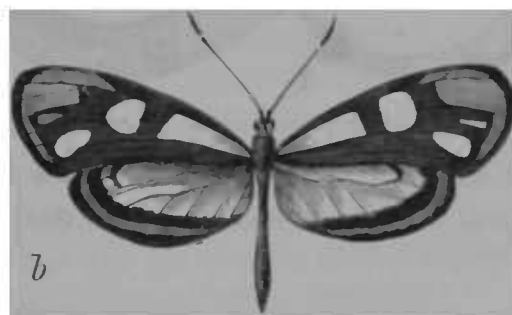


Fig. 456. — *Ithomia Ilerdina* (Héliconide), d'après Bates

revêtu la livrée d'Héliconiens très communs de leur pays qui secrètent une humeur nauséabonde, propre à les protéger contre le bec des Oiseaux (fig. 455 et 456). Toutes les espèces du genre *Napeogenes*, Héliconiens sans doute mal protégés, imitent d'autres Héliconiens des genres *Mechanitis*, *Methona*, *Ithomia*, qui diffèrent beaucoup les uns des autres par leur système de coloration. Les imitations sont de même nombreuses entre les *Papilio* et les *Diadema*, d'une part, et, d'autre part, des Héliconiens tels que les *Danais*, les *Acrea* et les genres voisins. Quelquefois la même espèce d'Héliconien est imitée par plusieurs Lépidoptères du même pays. Ainsi le *Danais nivius* de l'Afrique tropicale est imité par le *Papilio hippocoön* et le *Diadema Antedon*; le *Danais tytia* par le *P. agestor* et le *D. nama*; l'*Euplœa midamus*, de l'archipel malais, par les *P. paradoxa* et *œnigma*. L'imitation protectrice est assez souvent restreinte à la femelle de l'espèce imitatrice : la forme caudée de la femelle du *P. Memnon* rappelle le *P. coön*; la femelle du *P. œnomatus* ressemble au *P. liris*, qui appartient, comme le *P. coön*, à un groupe de Papillons repoussés par les animaux insectivores; les femelles des *P. cynoria*, *Elymnias phlegœa*, *Panopea hirce* imitent l'*Acrea gea*. La femelle d'une même espèce de *Panopea* peut présenter deux

formes dont chacune imite une espèce d'*Acrea*; ainsi la *P. hirce* du Calabar reproduit soit une *A. gea*, soit une *A. euryta*.

Les Coléoptères longicornes ont une tendance manifeste à imiter soit les Téléphorides qui sécrètent une humeur repoussante pour les Oiseaux, soit les Hispides qui sont dans le même cas, soit les Charançons que leur carapace coriace protège naturellement, soit des Punaises odorantes, soit enfin des Hyménoptères à aiguillon venimeux.

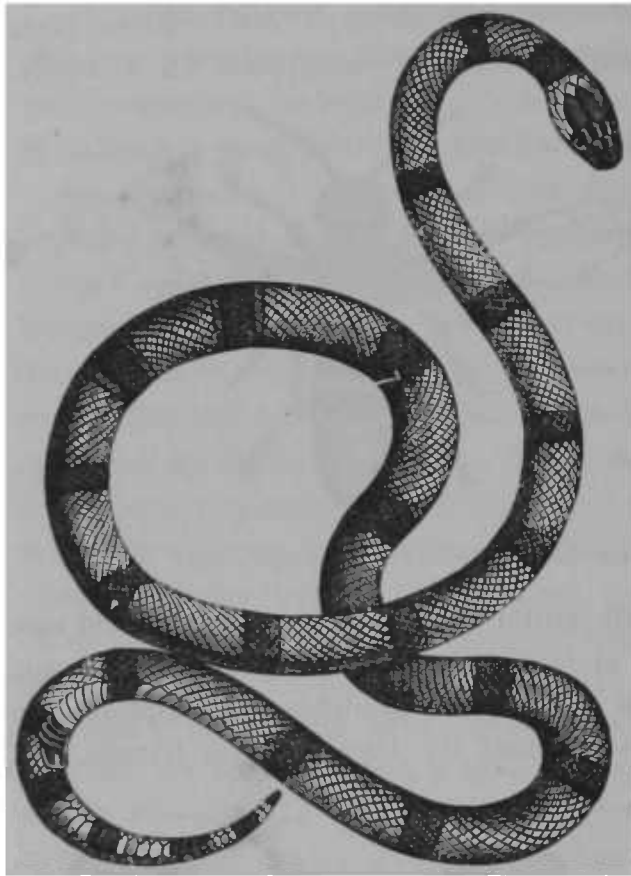


Fig. 457. — *Elaps corallinus* (règne animal).

Dans la même localité, au Brésil, M. Gounelle a recueilli jusqu'à huit espèces de Coléoptères, appartenant à des genres différents des familles des Hispides, Lycides, Longicornes et Clérides qui s'imitent entre elles. Divers Diptères imitent de même des Hyménoptères. De nombreux Serpents non venimeux de l'Amérique du Sud reproduisent à s'y méprendre le système si particulier de coloration de leurs redoutables compatriotes les *Elaps* (fig. 457); plusieurs espèces inoffensives peuvent imiter une même espèce d'*Elaps*.

Parmi les Oiseaux, les *Mimeta* des îles de la Malaisie imitent fidèlement les espèces de *Tropydorhynchus* des mêmes îles. On peut dresser la liste suivante des plus frappantes de ces imitations :

Coléoptères.

LONGICORNES — ESPÈCES IMITATRICES	ESPÈCES IMITÉES
<i>Collyrodes Lacordairei</i>	<i>Collyris</i> (Cicindélide).
<i>Pæciloderma terminale</i> , de la Jamaïque.....	<i>Lycus</i> (Lampyride).
<i>Eroschema Poweri</i> , de Célèbes.....	<i>Lycus</i> —
<i>Anætia præusta</i> , de France.....	<i>Telephorus melanurus</i> .
<i>Acanthotarites dorsalis</i> , du Brésil.....	<i>Heilipus</i> (Charançon).
<i>Gymnocerus cratosomoides</i>	<i>Cratosomus</i> —
<i>Phallocera Batesii</i>	<i>Ptychoderes</i> —
<i>Cacia anthriboides</i> , des Moluques.....	Charançon de la famille des Anthribides.
<i>Capnolymma stygium</i> —	<i>Mecocerus gazella</i> .
<i>Doliops curculionoides</i> , des Philippines.....	<i>Pachyrhynchus</i> (Charançon).
<i>Agnia fasciata</i> , d'Amboine.....	<i>Nemophas Grayi</i> (Longicorne).
<i>Plagionotus detritus</i> , de France.....	} Guêpes.
— <i>arcuatus</i> , —	
<i>Clytus arietis</i> , —	<i>Sirex gigas</i> .
<i>Necydalis major</i> , —	<i>Melipona</i> .
<i>Charis melipona</i> , de l'Amérique du Sud.....	<i>Odynerus</i> .
<i>Odontocera odyneroides</i>	Guêpes bleues du pays qu'il habite.
<i>Sphæcomorpha chalybea</i>	Diverses Tenthredines.
<i>Oberea orientalis</i>	Fourmis.
<i>Hesthesis</i>	<i>Pachyotris Fabricii</i> (Punaise).
<i>Gymnocerus capucinus</i> , de l'Amérique du Sud.	

Reptiles.

FORMES INOFFENSIVES IMITATRICES

<i>Tropidonotus viperinus</i>
<i>Pliocerus æqualis</i>
— <i>euryzonus</i>
— <i>elapoïdes</i>
<i>Homalocrinus semicinctum</i>
<i>Oxytropus petolanus</i>
— <i>trigeminus</i>
— <i>formosus</i>

FORMES VENIMEUSES IMITÉES

<i>Vipera aspis</i> .
<i>Elaps fulvius</i> .
— <i>mipartitus</i>
— <i>lemniscatus</i> .
— <i>corallium</i> , var.
— <i>mipartitus</i> .
— <i>lemniscatus</i> .
— <i>Hemprichii</i> .

Ces faits qu'on pourrait multiplier beaucoup sont trop nombreux ¹ pour n'être que de simples coïncidences, et témoignent tout à la fois de la variabilité des espèces et de la variété des caractères auxquels peut s'appliquer la sélection naturelle. On a toutefois contesté, au nom du calcul des probabilités, l'efficacité des variations protectrices que nous venons d'énumérer.

Le mimétisme n'a pas seulement pour conséquence de procurer une sécurité relative aux espèces imitatrices; il permet aussi à des espèces belliqueuses de se livrer, sans être aperçues, à leur chasse favorite. D'assez nombreuses espèces carnassières ressemblent à s'y méprendre à celles dont elles font leur proie. Beaucoup d'espèces, commensales ou parasites d'autres espèces aux dépens desquelles elles vivent, affectent une grande ressemblance avec ces dernières. Ainsi les Volucelles qui déposent leurs œufs dans des nids d'Hyménoptères sociaux ressemblent à des Guêpes ou à des Abeilles. Dans certains cas, la ressemblance paraît tenir à une réelle communauté d'origine. Les Psityres qui habitent les nids de Bourdons et vivent de leur miel, les *Stelis* qui exploitent les *Anthidium*, les Sphécodes qui s'imposent de même aux Halictes, ressemblent si complètement aux espèces aux dépens desquelles ils vivent qu'ils semblent n'en être que des formes dégénérées, ayant perdu l'instinct de récolte et de nidification, ainsi que les organes qui s'y rapportent, pour vivre oisivement aux dépens de leurs congénères (Pérez, Marchal).

Modifications corrélatives; balancement des organes. — Toutes les parties du corps d'un animal sont reliées entre elles par le milieu nutritif commun dans lequel tous les organes puisent leurs aliments et par le système nerveux. On comprend donc que les modifications d'un système d'organes puissent entraîner des modifications de certains autres. C'est ainsi que les modifications de l'appareil respiratoire, surtout quand elles impliquent un changement de milieu, entraînent toujours des modifications corrélatives de l'appareil circulatoire. De même un organe qui, au cours de la vie embryonnaire, s'accroît plus rapidement que les organes placés dans le même champ circulatoire détourne à son profit une part du sang qui aurait pu arriver à ces derniers et déterminer un arrêt dans leur croissance; les dimensions exagérées auxquelles il parvient semblent acquises à leurs dépens; c'est là une règle que Étienne Geoffroy Saint-Hilaire considérait comme une loi fondamentale de la morphologie, la *loi du balancement des organes*. Ce balancement est en somme la conséquence de la lutte pour la vie qui, dans un même organisme, s'établit entre les divers éléments anatomiques, entre les divers organes, comme elle s'établit au dehors entre les organismes eux-mêmes et amène l'atrophie des plus

¹ Voir : WALLACE, *La Sélection naturelle*. — Trad. française, p. 45 et suivantes.

faibles, le développement exagéré de ceux qui sont, au contraire, doués de la plus grande vitalité. Dans ces divers cas, il y a *corrélation nécessaire* entre les formes et les dimensions des organes voisins, chaque modification qui intervient en commande une autre. Il n'en est plus de même des corrélations que Cuvier a si bien mises en lumière entre les diverses parties de l'appareil digestif des Mammifères, la forme de leurs membres et les proportions mêmes de leurs corps. Le nombre et la forme des dents peuvent faire prévoir, chez les Mammifères actuels, la forme du condyle de la mâchoire, en olive transversale chez les Carnassiers, longitudinale chez les Rongeurs, en sphéroïde chez les Omnivores, en disque légèrement concave chez les Ruminants. La longueur de la mâchoire, le développement de l'arcade zygomatique, la puissance des muscles du cou, la dimension des apophyses épineuses cervicales et dorsales, la longueur du tube digestif, la composition de l'estomac, les proportions de l'abdomen, le mode de terminaison des membres par des griffes ou des sabots, l'allure digitigrade ou plantigrade, le nombre des doigts, la soudure ou la liberté des métacarpiens et métatarsiens, sont intimement liés chez les Mammifères placentaires actuels, au régime alimentaire duquel dépend immédiatement la denture, de sorte qu'un fragment de mâchoire peut permettre à un anatomiste habile de reconstituer le corps tout entier. Mais ces corrélations n'ont pas le caractère de nécessité qu'on leur a longtemps supposé; la paléontologie montre qu'elles se sont établies graduellement, après de nombreux essais en tous sens qui n'ont laissé subsister que les combinaisons les plus favorables. C'est ainsi qu'ont disparu les nombreuses formes intermédiaires entre les Pachydermes, les Porcins et les Ruminants qui ont vécu durant les périodes éocène et miocène, que la forme des dents et des pattes paraît avoir varié d'une manière indépendante chez les Palæotheridés, si bien qu'il n'est pas certain que les *Anchitherium* et les *Hipparions* soient vraiment les ancêtres des Chevaux dont les dents ont une forme différente (Marie Paulow). De même nous ne trouvons plus actuellement aucun passage entre les Reptiles et les Oiseaux. On peut donner le nom de *corrélations sélectives* à ces combinaisons de caractère, que nous trouvons aujourd'hui constantes, dans un groupe zoologique donné, mais dont on ne peut trouver la raison que dans la sélection naturelle qui a éliminé les combinaisons moins heureuses.

Caractères sexuels secondaires. — D'autres corrélations sont plus singulières encore et plus difficiles à expliquer, ce sont celles qui existent entre le développement des glandes génitales, la nature mâle ou femelle de ces glandes et les caractères extérieurs des animaux qui les portent. A l'égard de la fonction de reproduction, le rôle des individus sexués est multiple. Ces individus doivent être organisés de manière que leur rencontre soit facile; que, dans les conditions où ils vivent, leur accouplement ne soit pas entravé par des difficultés qu'ils ne seraient pas aptes à surmonter. Après l'accouplement, les conjoints ont encore à assurer le développement des jeunes et à les protéger contre les causes multiples de destruction auxquelles leur faiblesse les expose. A ces divers points de vue, le partage des rôles entre le mâle et la femelle se fait d'une manière très variable et ce partage est l'origine d'autant de différences sexuelles. Assez souvent ce sont les mâles qui se mettent en quête des femelles et ils sont doués d'organes des sens plus développés, de moyens de locomotion plus puissants que ceux dont les femelles sont pourvues.

Les poils olfactifs des antennes et les antennes même d'un assez grand nombre de Crustacés sont plus développés chez les mâles que chez les femelles (*Branchipus* et autres PHYLLOPODES, CLADOCÈRES, NÉBALIADÉS, AMPHIPODES); la seconde paire d'antennes est rudimentaire chez les femelles de *Phronima*; ces organes sont repliés trois ou quatre fois en zigzag chez le mâle des Platyscélides dont les mandibules sont, en outre, pourvues de palpes. Dans la classe des Insectes, les antennes sont pectinées chez les Buprestides des genres *Melasis*, *Cerophytum*, les Lampyrides du genre *Drilus*, les Vésicants du genre *Cerocoma*, les Rhipiphorides; dentées en scie chez divers Longicornes mâles (*Prionus*, *Ergates*); leur massue est plus développée chez les Lamellicornes mâles que chez les femelles; les antennes de divers Longicornes mâles sont aussi souvent de forme différente, plus longues que celles des femelles (*Cerambyx*, *Aromia*, *Agapanthia*, *Semanotus*, *Strangalia*, *Acanthocinus*, etc.), et même divisées en un plus grand nombre d'articles (*Molorchus*, *Necydalis*, *Niphona*, etc.). De même les antennes des *Cebrio* mâles sont filiformes et de onze articles; celles des femelles en massue et de dix articles. Les Hyménoptères porte-aiguillon ont, au contraire, des antennes de douze articles chez les femelles, de treize chez les mâles. Les antennes plumeuses des Lépidoptères nocturnes prennent un développement beaucoup plus grand chez les mâles que chez les femelles. Or ces Lépidoptères se font remarquer par l'aptitude qu'ils ont à percevoir, à de grandes distances, les émanations des femelles qui les font accourir vers elles.

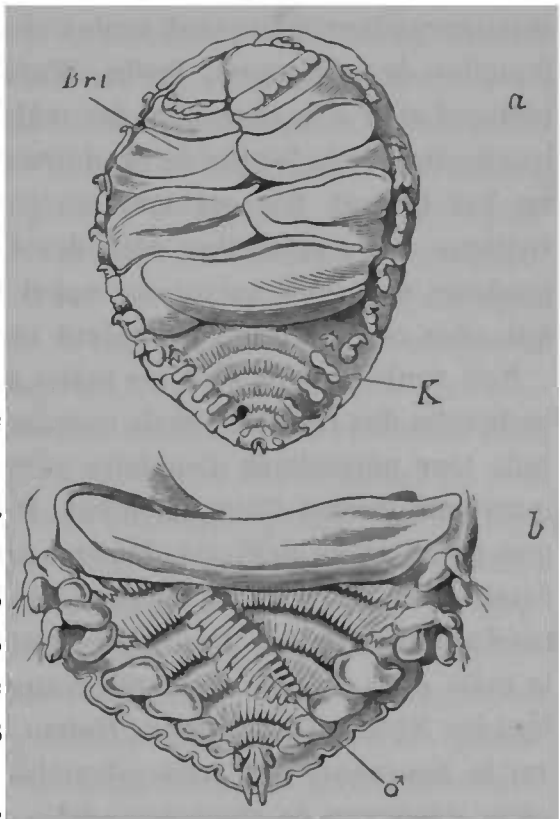


Fig. 458. — *Gyge branchialis* (d'après Cornalia e. Panceri). — a. Femelle vue par la face ventrale; *Brl*, lamelles incubatrices; *K*, branchies. — b. Son abdomen plus fortement grossi, sur lequel est fixé le mâle ♂.

On observe une différence semblable dans la forme des antennes, chez les Hyménoptères des genres *Lophyrus*, *Megalodontes*, chez les Diptères des familles des Culicidae et des Culicitipulaires, ainsi que dans les Tipulaires du genre *Ctenophora*. Les articles des antennes sont globuleux et souvent pédiculés chez les mâles, cylindriques et légèrement rétrécis vers le milieu chez les femelles des Gallitipulaires; les antennes des Hyménoptères mâles du genre *Sphecodes* sont noueuses; celles des femelles du genre *Pompilus* ont la faculté de s'enrouler sur elles-mêmes, qui manque à celles des mâles. Il serait facile de relever bien d'autres caractères sexuels fournis par les antennes. Les palpes peuvent également en fournir; leur dernier article est dilaté en forme de hache, chez les *Cychrus*, *Procerus*, *Procrustes*, *Carabus*, mais la dilatation est plus forte chez les mâles que chez les femelles; les palpes maxillaires sont en forme de peigne ou de houppe chez les mâles des *Lymexylon*, *Hylecirtes*, *Atractocerus*. Or les palpes paraissent être des organes de sensibilité comme les antennes. On peut rapprocher de ces faits le plus grand développement des yeux des Cladocères mâles, de divers Diptères, appartenant à la famille des Floritipulaires, au genre *Diaporus*, à la famille des Muscides (*Stomoxys*,

Idia, *Rhynchomya*, *Lucilia*, *Calliphora*, *Musca*, etc.), et la présence d'ocelles qui manquent aux femelles chez les Éphémérides du genre *Cleo* et chez les Mutillides.

Dans un grand nombre de cas, les mâles sont doués d'une bien plus grande agilité que les femelles, par exemple, chez les Copépodes, chez les Cumacés où leur abdomen porte des pattes natatoires qui manquent aux femelles et chez les Schizopodes où les pattes abdominales sont bien moins développées. Il arrive assez souvent, dans la classe des Insectes, que les femelles sont privées d'ailes; les ailes inférieures leur manquent seules chez les Longicornes du genre *Vesperus*; mais les femelles des *Lampyris*, *Drilus*, *Mutillus*, *Psyche*, sont complètement aptères et ne peuvent aller à la rencontre des mâles; c'est peut-être à cela qu'il faut attribuer la localisation de la faculté de produire de la lumière à la femelle du *Lampyris noctiluca* ou Ver luisant. S'il est vrai, au contraire, que la stridulation des Criquets, des Grillons, des Sauterelles, celle des Cigales, dont les mâles seuls sont capables de produire des sons, soient un appel sexuel, ce seraient, au contraire, les femelles qui, chez ces animaux, voleraient vers les mâles.

Non seulement ce sont les mâles qui, dans la plupart des cas, doivent aller à la recherche des femelles, mais encore ils sont souvent pourvus d'organes ou d'appareils leur permettant d'en faire véritablement la capture ou tout au moins de les maintenir durant l'accouplement. De là une nouvelle série de caractères sexuels que nous avons déjà rapidement indiqués p. 117 et qu'on trouvera signalés en détail dans l'histoire de chacun des groupes où on les rencontre. Ces caractères conduisent parfois à des différences de formes très marquées. C'est le cas lorsque le mâle et la femelle passent presque toute leur vie unis l'un à l'autre comme le font les Nématodes du genre *Hedruris*, dont la femelle se fixe par un crochet caudal sur la muqueuse de l'arrière-bouche des Grenouilles et des Tortues, tandis que le mâle, dépourvu de crochet caudal, s'enroule en hélice autour d'elle. Les deux sexes sont plus dissemblables encore chez les *Bilharzia hæmatobia*; le corps aplati du mâle s'enroule en cornet de manière à former un canal, le *gynécophore*, dans lequel est maintenu le corps cylindrique de la femelle (fig. 85, p. 61). Chez les Crustacés branchiopodes les antennes postérieures se transforment en puissants crochets destinés à saisir les femelles; des crochets employés au même usage sont portés par les paires antérieures de pattes des Cladocères; on retrouve des organes analogues chez les Ostracodes sur les antennes postérieures (*Conchoecia*, *Cypridina*) ou sur les pattes-mâchoires (*Cypris*). Parmi les Copépodes les antennes antérieures sont transformées en bras préhensiles chez les HARPACTIDÆ; cette transformation s'étend à la seconde paire chez les CYCLOPIDÆ; ce sont les pattes-mâchoires postérieures qui deviennent préhensiles chez les BOMOLOCHIDÆ; chez les CONDRACHANTIDÆ, les LERNÆOPODIDÆ, les mâles sont même fixés sur les femelles. Parmi les Amphipodes, la deuxième paire de pattes-mâchoires est transformée en mains préhensiles chez les *Orchestia* mâles. Quelquefois c'est seulement l'un des membres d'une paire qui se modifie. Ainsi chez la *Labidocera Darwinii*, l'antenne antérieure droite, en forme de pince, du mâle, diffère seule beaucoup de celle de la femelle; les mâles ont aussi la paire postérieure des pattes thoraciques armée d'une pince absente chez la femelle. On constate assez souvent cette dissymétrie des pinces chez les Décapodes; elle est généralement plus accentuée chez le mâle que chez la femelle (*Gelasimus*, *Callinassa*, etc.).

Chez les Carabiques, les articles des tarse des mâles sont souvent plus dilatés que ceux des femelles et garnis en dessous de poils qui leur permettent d'adhérer plus fortement aux élytres des femelles pendant l'accouplement; cette dilatation porte généralement sur les tarse antérieurs seulement et les articles dilatés peuvent être au nombre de : un (*Omophron*), deux (*Panagæus*, *Licinus*, *Pogon*, *Patrobus*, SUBULIPALPES), trois (*Cicindela*, *Zuphius*, *Drypta*, *Polystichus*, *Cymindis*, *Aptinus*, *Leistus*, *Nebria*, *Loricera*, *Callistus*, *Chlœnius*, *Oodes*, *Badister*, beaucoup de FERONIENS), ou quatre (*Carabus*, *Calosoma*, *Blethisa*, *Elaphrus*, HARPALIDÆ); la dilatation s'étend même aux tarse de la deuxième paire de pattes chez un assez grand nombre de Harpaliens (*Daptus*, *Acinopus*, *Anisodactylus*, *Gynandromorpha*, *Harpalus*, *Stenolophus*, *Acupalpus*); de même, les trois premiers articles des tarse antérieurs sont dilatés en une palette circulaire, armés en dessous de poils et de cupules, chez les Dytiscides; le dernier article des tarse antérieurs de la plupart des *Hydrophilus* est dilaté en triangle. Certains Diptères présentent aussi une dilatation des tarse (*Dolichopus pennitarsis*, *D. popularis*) ou portent des pelotes à leur face inférieure (*Ocyptera*, *Phania*, *Gymnosomum*, *Cistogaster*, *Strongylogaster*, etc.).

Les pattes des Insectes peuvent présenter d'autres modifications sexuelles dont les rapports avec l'accouplement ou même avec la recherche des femelles ne sont pas aussi probables. Les mâles du *Lepidium Pradieri* n'ont que quatre articles bien développés aux pattes postérieures; ils sont par conséquent hétéromères, tandis que les femelles sont pentamères. Les pattes postérieures de la *Chrysophora chrysochlora*, scarabéide de la Colombie, celles du fameux *Hypocephalus*, coléoptère souterrain du Brésil, sont énormes chez le mâle, ordinaires chez la femelle; ce sont au contraire les pattes antérieures qui sont disproportionnées chez les Scarabéides de la tribu des *Euchirinæ*, chez les *Goliath*, les Longicornes du genre *Acrocinus*, et chez le *Cyrtotrachelus longipes*, curculionide de la Chine. Chez les mâles d'un Cétonide du Congo, l'*Allorhina Turneri*, les cuisses antérieures sont très grosses et épineuses, tandis qu'à leurs jambes manquent les épines caractéristiques des autres Cétonides et que conservent celles des femelles. Toutes les pattes enfin s'allongent démesurément chez les Longicornes mâles du genre *Prionocalus*; les individus de ce sexe ont également de très longues mandibules; la tête et le thorax sont beaucoup plus larges que chez la femelle, les élytres sont, au contraire, plus rétrécies, de sorte que l'aspect des deux sexes est totalement différent.

La possession des femelles n'est pas toujours obtenue sans d'ardentes rivalités. Les mâles se livrent des combats acharnés dans lesquels ils utilisent toutes leurs armes et pour lesquels ils semblent quelquefois spécialement armés. On ne saurait affirmer que les volumineuses pinces des Crustacés décapodes mâles, ni que les mandibules énormes des Lucanides et de plusieurs Longicornes mâles, ou les cornes que portent le prothorax de certains Géotrupes (*Geotrupes typhæus*), la tête des *Goliathides*, des *Oryctes*, de divers *Onthophagus*, de quelques Staphylinides, la tête et le thorax des *Dynastes*, soient des armes offensives ou défensives pour ces combats. Des faits nombreux autorisent cependant à penser qu'il en est ainsi des piquants des Épinoches mâles, du crochet cartilagineux que présente, durant la saison des amours, la mâchoire inférieure des Saumons mâles qui sont d'ailleurs, comme les mâles de la Raie cendrée, armés de dents plus fortes que les femelles; des cornes que portent certains Sauriens mâles (*Ceratophora Soddarti*, *Chamaeleo bifurcus*, *C. Owenii*). On sait

que les ergots des Gallinacés mâles si belliqueux sont des armes dont ils savent parfaitement se servir. Enfin les défenses des Porcins, les cornes des Ruminants sont encore des armes qu'ils emploient sans doute pour se défendre, mais que leur limitation si fréquente au sexe mâle, caractérise comme liées à quelque fonction sexuelle. Les mâles les emploient, en effet, dans leurs fréquentes batailles.

Lorsqu'il apparait chez les Mammifères, un rudiment de famille ou de société, c'est aux mâles que revient la défense de la communauté. Mais c'est là une forme de la division du travail qui n'est réalisée d'une manière fréquente que dans les formes supérieures de l'animalité. L'intervention des femelles dans la protection des jeunes se manifeste déjà, au contraire, chez les Phytozoaires. Les œufs de beaucoup d'Éponges (*Sycon*) se développent dans leurs tissus et les embryons ciliés seuls vivent en liberté; il en est de même chez beaucoup d'Hydriaires dont les jeunes deviennent libres, soit à l'état d'embryons ciliés (*Campanularia volubilis*, *Laomedea flexuosa*, *Sertularia cupressina*, HYDROCORALLIAIRES), soit lorsqu'ils possèdent déjà une couronne de tentacules (*Actinula* de la *Tubularia coronata*). Les Coralliaires gardent aussi leurs jeunes dans leur *atrium*, et ils deviennent libres soit à l'état d'embryons ciliés (*Corallium*, *Astroïdes*), soit lorsqu'ils possèdent déjà un assez grand nombre de tentacules. Les Echinodermes incubateurs sont nombreux; ce sont des Étoiles de mer des types les plus divers des Ophiures, des Crinoïdes (*Comatula*), des Oursins, des Holothuries (p. 186); dans le même genre, certaines espèces peuvent être incubatrices, d'autres ne l'être pas; aucun caractère très apparent tiré de ce chef ne distingue les mâles des femelles, sauf durant la période d'incubation. Il n'en est plus de même chez les Artiozoaires. Déjà, parmi les Crustacés, les femelles portent presque toujours leurs œufs avec elles: les Branchipes possèdent à cet effet une poche incubatrice abdominale; la lame branchiale externe et la lame de la onzième paire de pattes se transforment en cavité incubatrice chez les femelles des *Apus*; les Cladocères femelles ont une chambre incubatrice située entre le test et la face dorsale du corps; sauf les *Notodelphys* qui ont une chambre incubatrice dorsale, tous les Copépodes femelles portent leurs œufs dans des sacs latéraux suspendus à la base de l'abdomen. C'est aux dépens des pattes que se constitue l'appareil incubateur chez les Nébalidiés et les Malacostracés en général. Des lamelles portées par la hanche d'un certain nombre de pattes thoraciques, chez les Amphipodes (fig. 80, p. 57), les Isopodes (fig. 72, p. 53) et les Schizopodes constituent une cavité incubatrice; ce sont enfin les pattes abdominales qui sont chargées de cette fonction chez les Décapodes (fig. 71, p. 52).

Les Scorpions sont vivipares; les Araignées ovipares; elles enferment leurs œufs dans des sacs de soie qu'elles fixent aux corps étrangers (ATTIDÆ, EPEIRIDÆ, AGELENIDÆ, THOMISIDÆ) ou qu'elles transportent avec elles (LYCOSIDÆ); même dans le premier cas, les sacs ovigères sont toujours soigneusement surveillés par les femelles. Dans cette classe du règne animal où les femelles ont pour leurs œufs une si grande sollicitude, elles ont une taille et une force très supérieures à celles des mâles pour qui l'accouplement n'est pas toujours sans danger. De même, dans la classe des Insectes, si les femelles des Névroptères, des Orthoptères, des Coléoptères, ou même des Hémiptères, sont moins agiles et ordinairement moins parées que les mâles, elles sont, dans tous ces ordres, chargées d'assurer la sécurité de leur progéniture, et sont munies pour cela d'organes spéciaux qui les distinguent des mâles; elles

sont en outre douées, dans l'ordre des Hyménoptères, de merveilleuses facultés instinctives dont nous aurons bientôt à rechercher l'origine et dont on ne retrouve pas l'équivalent chez l'autre sexe. En raison de leurs fonctions, elles ont une vie plus longue que celle des mâles; la durée de l'existence de ces derniers tend même à se réduire au temps strictement nécessaire pour l'accomplissement de la fécondation. C'est ainsi que le mâle du Cousin commun a des organes buccaux modifiés de telle façon qu'il est incapable de prendre aucune nourriture. Cette limitation de la fonction des mâles à la fécondation et, d'autre part, le développement d'une extrême fécondité chez les femelles sont susceptibles d'amener entre les deux sexes de prodigieuses différences. Déjà, parmi les Insectes, certaines femelles, celles des Termites et de certaines Fourmis (*Anergates atratulus*) atteignent des dimensions colossales par rapport à celles des mâles; ces femelles sont nourries par les individus neutres qui les entourent. Mais, dans d'autres cas, la femelle doit se procurer elle-même l'abondante nourriture qui doit permettre à la multitude de ses œufs de se développer. Il peut se faire, dès lors, que son appareil buccal soit simplement plus compliqué que celui des mâles, comme cela arrive pour les Diptères de la famille des Tabaniens, dont la bouche comprend six soies chez les femelles et quatre seulement chez les mâles; mais assez souvent la femelle mène décidément une existence toute différente de celle des mâles et devient parasite de quelque volumineux organisme qui lui fournit en tout temps une abondante nourriture. Telles sont les femelles des Dragonnoux (*Dracunculus medinensis*) dans la classe des Nématoïdes, celles des Ixodes, dans la classe des Arachnides, celles de beaucoup de Copépodes et des Isopodes des familles des Praniziens, des Bopyriens et des Entonisciens, dans la classe des Crustacés. Dans la famille des Praniziens, la femelle et les jeunes vivent en parasites sur les poissons; les mâles, à tête et à mâchoires énormes, sont errants; on avait fait pour eux le genre *Anceus*. Dans la famille des Bopyriens (fig. 45, p. 31) le mâle demeure extrêmement petit et caché sous l'abdomen de la femelle très grosse, quelque peu déformée, et fixée dans la cavité branchiale d'un Palémonide. Dans la famille des Entonisciens les deux sexes ont, jusqu'au moment de l'accouplement, la conformation normale des Isopodes; puis les femelles se fixent à quelque Crustacé dans le corps duquel elles s'engagent plus ou moins profondément en refoulant le tégument; elles grandissent alors et se déforment au point de devenir de simples sacs aux contours bizarres dont les membres mêmes sont méconnaissables. On constate des faits analogues chez les Copépodes parasites où tous les passages peuvent être trouvés entre les cas, où les individus des deux sexes se ressemblent à quelques détails près et où les femelles prennent l'aspect bizarre et varié que présentent les Lernéens (fig. 294, p. 196). La dissemblance sexuelle est ici liée manifestement au mode d'existence tout spécial que mènent les femelles; mais il n'en est pas nécessairement ainsi. Les mâles supplémentaires des Cirripèdes, les mâles des Rotifères demeurent extrêmement petits et n'ont qu'un appareil digestif rudimentaire; ceux des Bonellies sont si réduits qu'ils furent pris par les premiers observateurs pour des Infusoires parasites de la matrice de leurs colossales femelles. Ceux des *Ichthyonema* et de la *Sphærulearia Bombi* sont de même très petits et ceux d'un autre Nématoïde, le *Trichosomum crassicauda* se logent, comme des parasites, dans la matrice de la femelle, où l'on en trouve habituellement de 3 à 6. Il s'agit bien ici non d'une exagération des dimensions et d'une déformation des femelles,

mais d'une atrophie des mâles corrélative de leur adaptation étroite à une fonction unique, la fécondation. Lorsque cette fonction disparaît, comme chez les animaux parthénogénétiques, les mâles peuvent aussi disparaître. On n'en trouve aucun dans les générations parthénogénétiques des Phyllopoïdes (*Apus*, *Branchipus*, *Daphnia*, etc.), et des Pucerons, c'est-à-dire dans celles qui apparaissent et se succèdent durant tout le printemps et tout l'été; les mâles n'apparaissent que dans les dernières générations d'automne, et les œufs qu'ils fécondent semblent acquérir ainsi la faculté de ne pas se développer immédiatement et de passer l'hiver à l'état de vie latente; il est à remarquer que c'est aussi le rôle que joue la fécondation chez un certain nombre de plantes sporifères.

Cette disproportion entre le rôle des mâles et celui des femelles n'est pas générale chez les Arthropodes. Les Pycnogonides mâles recueillent les œufs après la ponte et les portent attachés à leur première paire de pattes (*pattes supplémentaires*). Dans la classe des Poissons, quand les œufs sont de la part des parents l'objet de quelques soins, ces soins incombent assez souvent aux mâles. Les deux sexes des *Crenilabrus massa* et *C. melops* travaillent simultanément à la confection de leurs nids; mais ce rôle revient aux mâles chez le *Gasterosteus leiurus*, les *Gobius*, les *Macropodus*, les *Geophagus*, les *Pomotis*, plusieurs espèces de *Chromis*. D'autres mâles de ce dernier genre couvent les œufs des femelles dans leur bouche (*C. pater-familias*) et le même fait a été constaté pour plusieurs autres espèces de poissons. De même chez tous les Lophobranches, sauf les *Solenostoma*, le mâle a sous le ventre une poche incubatrice dans laquelle il conserve les œufs des femelles jusqu'à leur éclosion. Dans toute la classe des Poissons, le mâle est plus petit que la femelle, néanmoins dans les divers groupes que nous venons d'examiner il est plus brillamment coloré.

Jusqu'ici les caractères sexuels que nous avons signalés sont en rapport avec l'accomplissement de l'un des actes de la fonction de reproduction. D'autres, comme les dimensions ou la forme de l'abdomen chez un grand nombre d'Insectes, sont en rapport avec le développement des organes génitaux ou des instruments de la ponte. La sélection naturelle suffit à expliquer tout à la fois la conservation de ces caractères et leur localisation dans un sexe déterminé. L'hérédité doit finir cependant par étendre aux deux sexes ceux d'entre eux qui ne sont pas en opposition avec l'exercice des fonctions qui relèvent essentiellement du sexe lui-même, de sorte que, dans un même groupe zoologique, si toutes les étapes parcourues par les caractères sexuels étaient conservées, on devrait trouver : 1° des espèces où les individus des deux sexes seraient semblables à tous les âges; 2° des séries d'espèces où les deux sexes seraient semblables dans leur jeune âge, mais où les différences sexuelles iraient en s'accroissant jusqu'à l'âge de la plus grande activité génitale; 3° des séries d'espèces où les caractères sexuels secondaires propres à l'un des sexes dans les séries précédentes, apparaîtraient à l'âge adulte dans tous les deux; 4° des séries d'espèces où les caractères sexuels devenus communs apparaîtraient à un âge de plus en plus précoce. C'est, en effet, ce qui arrive pour les cornes des Ruminants. Il y a dans les deux séries des Ruminants à cornes caduques et des Ruminants à cornes persistantes des espèces sans cornes; d'autres où les mâles seuls sont pourvus de ces appendices, d'autres où les deux sexes en possèdent également. Dans une même espèce, les diverses races peuvent présenter de telles gradations, c'est ce qui a lieu pour le Mouton et la Chèvre domestique.

Des faits non moins importants tendent à établir que ces corrélations rentrent dans la catégorie de celles qui relèvent d'une sélection. En effet, quand les organes sexuels avortent, comme cela arrive chez les Hyménoptères et les Névroptères sociaux, les individus frappés de cet avortement, les neutres prennent des caractères spéciaux qui les distinguent des mâles et des femelles. Or les neutres ne sont pas d'une seule catégorie. Parmi les Abeilles on distingue déjà des cirières, des nourrices, des maçonnes. Parmi les Fourmis et les Termites il y a des ouvriers et des soldats et les diverses sortes d'individus se reconnaissent à des caractères déterminés. Mais ces caractères, très tranchés chez la majorité des individus, s'atténuent chez d'autres, de sorte qu'on trouve de nombreux intermédiaires non seulement entre les diverses sortes de neutres, mais encore entre les neutres et les individus sexués.

De plus, les individus sexués ne sont pas nécessairement identiques entre eux. Il existe chez divers Crustacés deux sortes de mâles (*Tanaïs dubius*, *Orchestia Darwinii*, *Pontoporeia affinis*). Le même fait a été constaté pour sept espèces de Coléoptères des genres *Xenocerus* et *Mecocerus* de la famille des Anthribides, pour certaines espèces de Lucanides (*Odontolabis bellicosus*, de l'Inde, *O. Cuvera*) dont les mandibules, sans ressembler à celles des femelles, peuvent être longues ou courtes; les *Dytiscus* et plusieurs espèces de papillons présentent, au contraire, deux ou plusieurs sortes de femelles (*Papilio Memnon*, *P. pammon*, *P. ormenus*, *P. turnus*, *Panopea hirce*, etc.). On peut rattacher à ce dimorphisme dans un même sexe, le cas plus remarquable, à certains égards, des Cirripèdes où, à côté des individus hermaphrodites, il existe des mâles supplémentaires de petite taille. Dans ces divers cas, les deux sortes de mâles, les deux sortes de femelles paraissent s'être constituées sous l'empire de conditions différentes ou de manière à répondre par deux voies différentes à une même nécessité. Les phénomènes sont plus compliqués encore chez certaines *Nereis* et chez les Termites.

Sélection sexuelle. — Beaucoup de caractères sexuels ne peuvent cependant trouver leur explication dans leur utilité. De ce nombre sont les brillantes couleurs que revêtent les mâles de beaucoup d'Insectes soit à partir d'un certain âge (*Libellula depressa*, *L. conspurcata*, *L. canallata*, *L. cærulescens* dont les mâles deviennent d'un gris bleuâtre, *L. ferruginea*, *L. vulgata* dont les mâles deviennent rouges), soit dès leur éclosion (beaucoup de *Dynastes*, de *Goliath*, *Anthocaris cardamine*, *A. eupheno*, *Apatura iris*, *A. ilia*, *Thecla betulæ*, *T. quercus*, *Lycæna Argus*, *L. Adonis*); les vives couleurs de beaucoup de Poissons mâles (*Gasterosteus leirurus*, *Salmo salar*, *Macropodus viridi-auratus*, *Callionymus lyra*, *Labrus mixtus*, etc.), la crête dentelée dorsale des Tritons mâles; le plumage éclatant de nombreux Paradisiers, Gallinacés, Palmipèdes et même d'un assez grand nombre de Passereaux mâles, les caroncules, les crêtes de nos Coqs, de nos Dindons et de beaucoup d'autres Gallinacés. Ces caractères sont purement ornementaux; tout au contraire des couleurs protectrices, ils sont souvent un danger pour les individus qui les présentent. La sélection naturelle, en tant que conséquence de la lutte pour la subsistance, ne suffit plus pour en conserver et en fixer les perfectionnements progressifs. Darwin a tourné la difficulté en faisant intervenir un mode nouveau de sélection qu'il nomme la *sélection sexuelle*. Il s'appuie sur ce fait indéniable que ce n'est pas seulement par la force que les mâles arrivent à vaincre leurs rivaux et à les éloigner des

femelles. Les femelles, de leur libre choix, s'unissent à certains mâles de préférence à d'autres. Dans les formes élevées du Règne animal, l'élément psychique intervient dans ce choix; non seulement les femelles de chaque espèce, mais encore les diverses femelles d'une même espèce semblent avoir une esthétique particulière, dont les mâles ont, dans une certaine mesure, conscience. Les Dindons et les Paons qui font la roue devant leurs compagnes, les Tétras qui se livrent sous leurs yeux à des exercices connus sous le nom de *danses de Perdrix*, les Combattants dont le nom vulgaire rappelle les ardeurs belliqueuses, les Rossignols qui, en présence d'un émule, cherchent à couvrir sa voix, s'efforcent, semble-t-il, de faire apprécier leur beauté, leur courage ou leur talent. S'il existe chez les femelles une préférence pour certains genres de beauté, certaines qualités morales, certaines formes de talent musical, les mâles les mieux doués sous ce rapport seront le plus fréquemment choisis par les femelles; leur descendance sera la plus nombreuse, et le type de beauté ou de talent qu'ils présentent se répandra de plus en plus, en se perfectionnant. Ainsi pourront se développer des caractères purement esthétiques, inutiles ou même nuisibles à la conservation personnelle de l'individu qui les présente, mais qui l'auront placé dans de meilleures conditions de reproduction.

La corrélation du développement de ces caractères purement esthétiques avec les glandes génitales, de manière qu'ils se limitent à un seul sexe et souvent à la période de reproduction (*robes de noce* et chant des Oiseaux), est un fait des plus remarquables au point de vue des lois de l'hérédité. Cette transmission n'est d'ailleurs pas plus exclusivement unilatérale que celle des caractères liés à l'exercice de la fonction sexuelle ou à la protection des jeunes. Dans les cas où le dimorphisme sexuel purement esthétique est très accusé, on peut en suivre le développement et former, au moins dans certains cas, des séries continues d'espèces, dont les premiers termes sont représentés par des espèces où les mâles et les femelles sont semblables, mais de forme simple, les mâles prenant peu à peu des caractères de plus en plus tranchés qui s'étendent ensuite plus ou moins complètement aux femelles. Ainsi dans le groupe des Lycénides, petits papillons de notre pays vulgairement connus sous le nom d'Argus, les *Thecla pruni* et *rubi*, la *Lycæna agestis* ont les ailes brunes en dessus dans les deux sexes; des taches bleues apparaissent sur le dessus des ailes de la *T. quercus* mâle, une bande jaune sur celles de la *T. betulæ*; le dessus des ailes est brun chez les femelles, entièrement bleu chez les mâles des *Lycæna batica*, *Argus*, *Adonis*, *ægon*; fréquemment, mais pas toujours, la couleur bleue commence à gagner les ailes des femelles des *L. Alexis* et *L. Corydon*; enfin les deux sexes sont bleus et semblables dans la *L. arion*. On peut dresser une liste semblable de Piérides à ailes antérieures blanches dans les deux sexes (*Pieris daphidice*); blanches à la base, jaunes à l'angle supérieur chez les mâles seulement (*Anthocaris cardamine*, *A. genutia*, *A. eupheno*); blanches à la base, jaunes à l'angle supérieur dans les deux sexes (*Iphis glaucippe*). Le même fait se retrouve pour d'autres groupes de Papillons.

Toutefois les différences sexuelles dues à la coloration ou au développement de certains appendices d'un caractère purement ornemental sont très souvent tellement faibles qu'on peut se demander en quoi elles peuvent avoir exercé les facultés esthétiques de femelles dont les sensations visuelles sont aussi bornées, par

exemple, que celles des Insectes. Ainsi dans le seul ordre des Insectes Diptères la femelle du *Culex lutescens* a les tarse bruns, le mâle les a jaunes; la femelle du *C. cantans* a les quatre derniers articles des tarse avec un anneau blanc qui manque au mâle; les corps des *Corethra flavicans* est jaune, mais les côtés du thorax sont blanchâtres dans le mâle; les tarse du *Chironomus viridanus* sont verdâtres avec les derniers articles obscurs chez les mâles; les *Tipula oleracea* sont cendrées, mais les antennes et la région buccale de la femelle sont d'une teinte ferrugineuse; la femelle du *Nemotelus uliginosus* a une ligne blanche, interrompue au-dessus des antennes, qui manque au mâle; la *Phtiria minuta* est noire, mais la femelle a la face et l'écusson jaunes bordés de brun; les tarse intermédiaires du *Psilopus platypterus* sont jaunes chez les femelles; leur 3^e et leur 4^e articles sont blancs, le 5^e noir chez les mâles; le dessous de l'abdomen est jaune chez le *Syrphus mellarius* mâle, noir chez la femelle; la cellule anale des ailes est grande et ouverte chez les *Lonchoptera* mâles, fermée chez les femelles; le front du mâle est légèrement rétréci chez les *Tachina oblongus*, *pallipalpis*, *gagatea*, *nana*, plus étroit chez les *T. cylindrica*, *borealis*, *bisignata*, *larvarum*, *nitida* et autres espèces, semblable à celui de la femelle chez la *T. latifrons*; de légères différences dans le trajet de quelques nervures des ailes distinguent les mâles des femelles des *Lucilia fuscipalpis* et *L. scutellata*; les côtés du thorax de la Mouche domestique sont un peu plus pâles chez le mâle que chez la femelle et légèrement jaunâtres. Ces exemples suffisent pour montrer combien sont souvent insignifiantes les différences de coloration ou de conformation qui distinguent les mâles des femelles et à quelles difficultés viennent se butter la sélection naturelle comme la sélection sexuelle, lorsqu'elles sont obligées d'expliquer par le menu d'aussi délicates différences.

La corrélation entre les glandes génitales et le reste de l'organisme peut être d'ailleurs établie tout à la fois par des *expériences naturelles* et des *expériences préparées*. La castration chez un mâle en voie de développement empêche l'apparition des attributs extérieurs de son sexe. Chez l'homme, en particulier, la voix reste aiguë, la barbe nulle ou rare; en revanche le tissu adipeux se développe beaucoup et la peau glabre demeure longtemps plus lisse et moins colorée que d'habitude.

M. Giard a constaté que le développement des Bopyres dans la cavité branchiale des Palémons, des Rhizocéphales (*Sacculina*, *Phryxus*, *Peltogaster*), aux dépens des Crabes ou des Pagures et, à un degré moindre, celui des Entonisciens amènent l'avortement des organes génitaux chez ces Crustacés; cette *castration parasitaire* est accompagnée de changements dans la forme extérieure qui rendent très difficile la distinction des mâles et des femelles. Les Rhizocéphales occupent la place qu'occuperaient normalement les pontes chez les femelles; ils sont l'objet de la part de leur hôte, quel que soit son sexe, des mêmes soins que les femelles donnent habituellement à leur progéniture, et l'abdomen des mâles se dilate pour les protéger, de manière à ressembler à un abdomen de femelle.

Il est à remarquer que l'altération produite par les Entonisciens *qui se substituent non plus aux pontes, mais aux glandes génitales*, au point d'être difficilement reconnaissables, est moins profonde que celle produite par les parasites qui déterminent l'avortement de ces organes, mais ne se substituent pas à eux.

Caractères résultant d'adaptations réciproques entre organismes d'espèce différente; caractères secondaires des parasites; migrations des parasites. — Dans l'étude des caractères sexuels, nous avons rencontré un assez grand nombre de cas où le développement de ces caractères avait pour résultat l'adaptation du mâle au rôle qu'il doit remplir vis-à-vis de la femelle, d'où il suit que la forme de la femelle commande dans une certaine mesure les caractères sexuels secondaires du mâle et réciproquement. On peut dire qu'ici il y a en quelque sorte adaptation réciproque des individus des deux sexes. Les adaptations réciproques entre animaux d'espèce différente, quel que soit leur sexe, se rencontrent fréquemment dans le règne animal; il en existe même entre animaux et végétaux; elles sont en rapport soit avec l'alimentation, soit avec la respiration, soit avec la locomotion, soit enfin avec la protection de l'individu; elles peuvent être en rapport simultanément avec deux ou plusieurs de ces fonctions. Quelques-unes ont un grand caractère de généralité, en ce sens qu'elles ont trait aux rapports d'une espèce donnée avec tout un groupe d'autres espèces; d'autres sont, au contraire, si particulières qu'elles lient étroitement deux espèces l'une à l'autre. Ainsi quand on considère les adaptations en vue de l'alimentation, il est d'abord évident qu'il existe chez les animaux libres deux adaptations prédominantes, exclusives l'une de l'autre, l'une qui lie au règne végétal les animaux qui la présentent et les astreint au régime herbivore, l'autre qui est propre, au contraire, aux animaux qui se nourrissent de chair. Ces deux adaptations générales se rencontrent à tous les degrés de complication organique, mais elles ne sont pas toujours de nature à motiver la division en deux autres des grands groupes où on les observe. Il existe déjà des Infusoires ciliés à régime végétal, d'autres qui sont de véritables carnassiers, et ils sont reconnaissables à la constitution de leur armature buccale. Le régime des Éponges est indifférent; tous les Polypes sont carnassiers; mais le régime des Échinodermes est variable: la plupart des Étoiles de mer sont carnassières; les Crinoïdes ont un régime indifférent; les Oursins endocycliques, pourvus d'un appareil masticateur, sont herbivores, les Oursins bilatéraux, dépourvus de mâchoires, ou Spatangoides, vivent des détritits de toutes sortes contenus dans le sable dont leur tube digestif est constamment bourré; c'est aussi le régime des Holothuries aspidochirotés, tandis que les Dendrochirotés ont le même mode d'alimentation que les Crinoïdes. Parmi les Crustacés le régime animal est particulièrement fréquent; toutefois les Phyllopoètes se nourrissent de particules vaseuses; les Lygies de débris de Zostères; les Oniscides ont probablement aussi un régime végétal et l'on sait que, parmi les Anomoures, les Birgues sont grands mangeurs de noix de coco. Les caractères résultant d'une adaptation à un régime alimentaire donné sont donc peu importants chez les Crustacés. Il en est de même chez les Arachnides; mais les Myriapodes se divisent en deux grands groupes, l'un carnivore, celui des Chilopodes, l'autre à alimentation végétale, celui des Chilognathes dans lesquels la conformation des pièces buccales est toute différente; il s'y adjoint même chez les Chilopodes une paire de crochets venimeux constitués aux dépens de la première paire de pattes. Les caractères d'adaptation à un régime donné conservent une grande importance dans la classe des Insectes. Ils sont encore peu marqués chez les Névroptères et les Orthoptères, où l'on trouve des familles qui s'accommodent aussi bien du régime végétal que du régime animal (BLATTIDES, GRYLLIDES, LOCUS-

tides), d'autres qui sont végétariennes (FORFICULIDES, PHASMIDES, ACRIDIDES), d'autres carnivores (MANTIDES); ils sont beaucoup plus accusés chez les Coléoptères où ils pourraient servir à caractériser des familles tout entières, les unes à régime animal (CICINDÉLIDES, CARABIQUES, DYTISCIDES, LAMPYRIDES, DERMESTIDES, COCCINELLIDES), d'autres à régime végétal (ELATÉRIDES, BUPRESTIDES, HYDROPHYLIDES, LUCANIDES, SCARABÉIDES, MELOÏDES, OËDÉMERIDES, CÉRAMBYCIDES, CURCULIONIDES, CHRYSOMÉLIDES, etc.). Les mandibules se terminent presque toujours en crochet chez les Insectes carnassiers, elles sont tronquées chez la plupart des herbivores. Les mâchoires se modifient de même; leur lobe externe est converti en palpe chez les Coléoptères carnassiers des familles des Cicindélides, Carabiques et Dytiscides: tandis qu'il est uniarticulé ou atrophié chez les autres formes. Parmi les Vers annelés, les Annélides errantes, les Némertes, les Sangsues sont généralement carnassières, et la partie antérieure de leur tube digestif est armée soit de crochets préhenseurs, semblables à des mandibules (Annélides), soit de stylets venimeux (Némertes), soit de trois lames cornées, destinées à couper les tissus en s'affrontant l'une à l'autre (Hirudinées de la famille des Gnathobdellides). Le tube digestif est au contraire inerme chez les Lombriciens qui ont tous un régime végétal. La langue ou *radula* des Mollusques Gastéropodes a de même un aspect fort différent dans les espèces carnivores et dans celles qui sont herbivores; les rangées transversales de dents qui la constituent sont formées d'un très grand nombre de dents à extrémité arrondie chez les Gastéropodes à alimentation végétale (TÉNOGLOSSES): les rangées sont formées au contraire d'un petit nombre de dents aigues chez les carnivores (STÉNOGLOSSES); de même si les Poissons et les Reptiles herbivores ne présentent pas des caractères très différents de ceux des espèces carnivores qui sont l'immense majorité, les Oiseaux et les Mammifères carnassiers ont été de bonne heure constitués en groupes distincts grâce à la courbure du bec et des ongles des premiers, à la forme tranchante des dents des seconds.

Le régime alimentaire est d'ailleurs l'occasion d'adaptations bien plus spéciales. Les matières végétales et animales se trouvent dans des conditions très diverses. Certains Arthropodes dévorent les diverses parties de végétaux vivants, ou donnent la chasse à des animaux de leur taille; il en est d'autres qui empruntent leurs aliments aux liquides nourriciers des animaux et des plantes; ceux-là peuvent s'adresser à des êtres dont la taille est hors de proportion avec la leur, vivre sur eux à demeure et en devenir ainsi les parasites. Tous les arthropodes parasites présentent ce caractère commun que leurs pièces buccales sont allongées et transformées en stylets propres à perforer les tissus (COPÉPODES siphonostomes, ARGULIDES, ACARIENS, MYRIAPODES de la famille des POLYZONIDES, HÉMIPTÈRES, DIPTÈRES). Mais il y a entre eux et les Arthropodes à conformation normale d'intéressants passages permettant de comprendre comment ils en dérivent et pouvant présenter aussi des formes toutes particulières d'adaptation. M. Johannes Chatin a mis soigneusement en relief les nombreuses étapes de ce genre qu'on observe dans l'ordre des Hyménoptères, dont les mâchoires diffèrent fort peu dans certains types de celles d'un insecte broyeur et arrivent enfin à la conformation de celles des Abeilles, où les mâchoires et la langue prennent un allongement exceptionnel; l'alimentation des Hyménoptères est, en effet, fort variée et va de la chair et des fruits (Guêpes) au nectar des fleurs (Abeilles). C'est à ce nectar que se borne le régime des Papillons

dont l'apparition sur la Terre était subordonnée par conséquent à l'apparition des fleurs; leurs mâchoires démesurément allongées, tandis que par une sorte de balancement les mandibules et les palpes maxillaires sont rudimentaires, constituent un tube propre à aller chercher au fond des corolles profondes le nectar qui s'y rassemble. Un papillon de nuit voisin des Noctuelles, l'*Ophideres fullonica*, de la Chine, de la presqu'île de Malacca, de l'Inde, des îles de la Sonde et d'Australie ne se borne plus à humer les sucs naturellement exsudés. Sa trompe est acérée; il s'en sert pour percer la peau des oranges et humer le jus contenu dans la pulpe. Ces mœurs exceptionnelles chez les Papillons sont, au contraire, les plus fréquentes chez les Hémiptères et les Diptères; dans ces ordres, beaucoup d'insectes ne s'attachent que momentanément à l'organisme qui les nourrit; les Punaises de lit et les Puceron ne diffèrent guère à cet égard des autres insectes de leur ordre; dans la famille des Diptères pupipares on trouve tous les passages entre un demi-parasitisme (*Hippobosca*) et un parasitisme complet (*Melophagus*), le parasitisme est la règle chez les Pucerons, les Coccides et les Pédiculides. Les Crustacés présentent des transitions en tout analogues de la vie libre au parasitisme. Parmi les Copépodes, les Saphirinides femelles sont seules parasites des Salpes et ne présentent aucune déformation du corps; les Corycéides des deux sexes sont des parasites temporaires; les Ergasilides, les Lichomolgides, les Argulides sont décidément parasites, mais capables encore de nager; les Ascomyzontides, Caligides, Dichélestides sont enfin des parasites qui ne quittent pas leur hôte et conduisent aux étranges Lernéides et Lernéopodides. Les Amphipodes ne présentent pas en général un parasitisme très rigoureux (Hypérines), sauf les Cyames ou Poux de baleine, tandis que chez les Isopodes le parasitisme, qui atteint déjà à un haut degré chez les Bopyrides, est porté en quelque sorte au maximum chez les Entoniscides. Chez ces divers parasites on trouve tous les états de modification des appendices qui d'organes de marche ou de natation arrivent à l'état d'organes de fixation, terminés par des ventouses ou des crochets spécialement modifiés pour permettre au parasite de vivre sur une espèce animale donnée, mais lui interdisant tout passage sur une espèce très différemment conformée. Chaque espèce de parasite vit ainsi sur les espèces d'un genre déterminé; parfois même l'espèce du parasite change avec celle de l'hôte et il peut arriver que plusieurs espèces de parasites, d'ailleurs voisines, se partagent les diverses régions du corps de leur hôte. C'est ainsi que l'Homme nourrit trois espèces de Poux: une qui se tient dans les régions du corps simplement couvertes de duvet (*P. vestimenti*, Burm.), une seconde dans les cheveux (*P. capitis*, Deg.), une troisième dans les régions du corps que couvrent des poils de plus grand diamètre (*Phthirius pubis*, Linné); chacune a des moyens d'adhérence appropriés à sa station.

Les parasites dont nous venons de nous occuper demeurent à l'extérieur du corps de leur hôte; ce sont des *ectoparasites*. Mais les voies respiratoires, les voies digestives sont en libre communication avec l'extérieur; certains parasites y pénètrent, s'y établissent d'une manière définitive et constituent ainsi des *endoparasites*. Quelques Arthropodes sont susceptibles de mener ce genre de vie. Des Acariens, les *Demodex folliculorum* s'établissent dans les glandes sébacées des Mammifères; d'autres Arachnides, les Linguatulides, ne comprenant que le genre *Pentastomum*, habitent les voies respiratoires de divers Serpents (*Naja haji*, *Bou*, *Python*), de quelques

Oiseaux, et dans les fosses nasales des Chevaux et des Chiens. Ces parasites ont pour organes de fixation quatre crochets avoisinant leur bouche; leur corps, nettement segmenté, est remarquablement vermiforme. En présence de cet aspect, en présence de la disparition totale de la segmentation et de l'élongation du corps que présentent les femelles de Lernéens, on est conduit à soupçonner que, lorsque des classes entières de Vers sont composées de parasites internes, comme celles des Némathelminthes (ACANTHOCÉPHALES, GORDIACÉS, NÉMATOÏDES), des Trématodes et des Cestoïdes, les formes caractéristiques de ces classes sont peut-être la conséquence d'une adaptation complète au parasitisme. Il est, en tous cas, bien remarquable que les Némathelminthes manquent de cils vibratiles, comme les Arthropodes, et soient comme eux abondamment pourvus de production chitineuse, tandis que les Trématodes semblent se rapprocher beaucoup des formes les moins élevées des Hirudiées, où l'on observe aussi tous les passages de la vie libre à la vie parasitaire.

Migrations. — Avec l'endoparasitisme, apparaît un phénomène nouveau, celui des migrations. Les parasites externes se multiplient, en général, sur place; un certain nombre d'entre eux émigrent lorsque quelque accident met en contact l'individu qui les porte avec un autre. Il en est de même de quelques endoparasites, par exemple le *Syngamus trachealis*, nématode parasite de la trachée artère des volailles, et probablement les *Strongylus commutatus*, *filaria*, *paradoxus*, respectivement parasites des voies respiratoires du Lièvre, du Mouton, du Porc, ainsi que d'autres Strongylides. La multiplication sur place des endoparasites entraînerait, en général, au bout de peu de temps, la mort de leur hôte, et par conséquent leur propre destruction. Aussi n'a-t-elle lieu que dans des cas déterminés. Le plus souvent, les œufs pondus par les endoparasites qui habitent des cavités ouvertes sont entraînés au dehors, et c'est dans un hôte nouveau que la jeune génération doit se développer. Mais le retour dans cet hôte peut s'accomplir au moins de six manières différentes.

1° L'œuf pondu ne se développe pas au dehors; il attend pour accomplir son évolution qu'une circonstance favorable l'ait transporté dans le corps d'un hôte semblable à celui qu'il vient de quitter;

2° Les jeunes nés dans l'hôte où habitent leurs parents passent dans une autre partie de cet hôte en attendant de passer, avec la chair de celui-ci, dans un hôte nouveau;

3° L'œuf pondu arrive au dehors, ne s'y développe pas; mais passe dans le corps d'un hôte appartenant à une autre espèce que celui qu'il vient de quitter; le jeune éclôt dans cet hôte nouveau, et ne parvient à un hôte semblable à celui de ses parents que par des intermédiaires plus ou moins nombreux;

4° L'œuf pondu se développe; le jeune éclôt, et, après quelque temps de vie indépendante, achève son développement dans un organisme semblable à celui dans lequel ses parents ont vécu;

5° L'œuf pondu éclôt au dehors; le jeune passe après son éclosion dans le corps d'un hôte appartenant à une autre espèce que celui dans lequel ses parents ont vécu, et ne revient à un individu semblable à l'hôte primitif que par de plus ou moins nombreux intermédiaires.

6° L'œuf pondu éclôt au dehors, le jeune achève son développement en liberté, et c'est seulement la génération suivante ou une des générations suivantes qui retourné à un hôte semblable à l'hôte primitif.

Entre ces six formes de migration on peut, d'ailleurs, trouver des intermédiaires.

Le premier mode de migration est le plus simple; on l'observe chez beaucoup de Nématodes, tels que le *Trichocephalus dispar* de l'Homme, le *T. affinis* du Mouton, le *T. crenatus* du Porc.

Le second cas est celui de la *Trichina spiralis*. La *Trichina spiralis* est vivipare; les jeunes naissent dans l'estomac de l'animal où leurs parents sont parvenus à l'état adulte, en traversent les parois et vont s'enkyster dans les muscles de leur hôte. Ils n'y acquièrent pas d'organes génitaux. Mais si les muscles où ils sont enkystés sont mangés par un autre animal, ils arrivent à maturité sexuelle dans l'estomac de celui-ci, s'y accouplent, les jeunes naissent et vont s'enkyster dans les muscles de leur hôte nouveau, qui n'est pas nécessairement d'une autre espèce que celui de leurs parents.

Le troisième cas est celui des Linguatules et des Cestoïdes de l'ordre des Téniadés. Des œufs de la Linguatule du Chien, déposés sur l'herbe, éclosent dans l'estomac du Lapin, le traversent pour s'enkyster dans le foie, et si des Chiens ou des Loups mangent le Lapin, passent dans les fosses nasales de ces carnassiers. Les segments ou proglottis des Cestoïdes sont expulsés au dehors à mesure qu'ils arrivent à maturité et les œufs sont disséminés par suite de leur décomposition. Ces œufs arrivent-ils, par l'intermédiaire des boissons ou des aliments, dans l'estomac d'un animal où ils trouvent des conditions propices à leur développement, ils donnent naissance à un embryon à 6 crochets, qui traverse les parois de l'estomac et gagne la cavité péritonéale ou les muscles de son hôte. Là il grossit beaucoup, produit un *Scolex* ou segment fixateur et se transforme lui-même en une vésicule énorme par rapport à sa taille primitive, tandis que des nouveaux segments se forment au contact du *Scolex*; c'est là un *Cysticerque* qui s'entoure d'un kyste et attend d'être mangé par un animal identique à celui qu'habitait le Ténia primitif, pour se transformer lui-même en Ténia dans son tube digestif. Chaque Cestoïde traverse donc deux hôtes: l'un où il vit enkysté à l'état de *Cysticerque*, l'autre où il habite le tube digestif. Pour que le Ténia puisse arriver à maturité, il faut que le premier hôte serve habituellement de proie au second. C'est ainsi que le *Cysticerus fasciolaris* de la Souris devient le *T. crassicollis* du Chat; le *C. pisiformis* du Lapin, le *T. serrata* du Chien et du Loup, etc. Mais tous les Ténias ne paraissent pas assujettis à des migrations aussi régulières; les migrations n'expliquent pas la présence de Ténias dans le tube digestif d'animaux herbivores (*T. perfoliata* du Cheval). Les migrations des Échinorhynques sont calquées sur celles des Ténias; leurs œufs éclosent dans des Crustacés amphipodes qui transmettent aux Poissons l'embryon destiné à devenir adulte dans leur tube digestif.

Un assez grand nombre de Nématodes émigrent suivant le quatrième mode, tels sont l'*Ankylostomum duodenale* de l'Homme, le *Dochmius trigonocephalus* du Chien, le *Sclerostomum equinum* du Cheval.

Le cinquième mode de développement est celui des Cestoïdes de l'ordre des Bothridiés, encore mal connus, et de la grande majorité des Trématodes endoparasites (DISTOMIENS). De l'œuf sort un embryon cilié qui, après avoir quelque temps nagé librement, pénètre dans le corps d'un Mollusque, où il se transforme soit en une *Rédie*, sorte de Ver pourvu d'un tube digestif, soit en un sac sans appareil digestif et de forme parfois très irrégulière (*Leucochloridium paradoxum*), le *Spo-*

rocyste. Rédie ou Sporocyste produisent à leur intérieur de petits Distomes pourvus d'une queue, les *Cercaires*, qui deviennent bientôt libres, quittent leur hôte et, après avoir librement nagé quelque temps, pénètrent en général dans le corps de quelque animal aquatique (petit Crustacé, larve d'Insecte, Ver, Mollusque, Poisson ou même Batracien), s'enkystent dans ses tissus après avoir perdu sa queue et attendent alors, pour arriver à maturité, que leur hôte soit mangé par un animal carnassier; ils acquièrent, dans l'appareil digestif de celui-ci, leur maturité sexuelle. Quelques Nématodes émigrent d'une manière analogue, mais suivent des chemins moins compliqués. Ainsi les jeunes *Cucullanus elegans* pénètrent dans le corps des Cyclopes qui doivent les transporter dans l'intestin de la Perche; le Dragonneau ou Ver de Médine (*Dracunculus medinensis*) paraît éprouver des migrations analogues. Les migrations des *Gordius* se rapprochent par leur complication de celles de Trématodes. Ces animaux habitent d'abord la cavité générale des Insecte; ils en sortent pour acquérir leurs organes génitaux, s'accoupler et pondre dans l'eau où ils vivent quelque temps librement. Leurs embryons se retrouvent ensuite enkystés soit dans des larves d'Insectes (*Chironomus*, *Ephemera*), soit dans la muqueuse intestinale des divers Poissons. Ici la trace se perd; on ignore s'il existe un lien entre ces deux modes d'enkystement, et comment il se fait que ces singuliers animaux peuvent finalement se rencontrer chez des Insectes aussi terrestres que les Procrustes, les Hannetons ou les Criquets chez qui on les a observés.

Enfin le sixième type de migration est le mode de migration compliqué d'hétérogonie du *Rhabdonema nigrovenosum* déjà décrit p. 48.

Ces phénomènes de migration donnent lieu à plusieurs remarques.

1° Il existe entre eux une gradation bien marquée du premier cas au sixième. L'existence de pareilles gradations conduit à penser que l'évolution des migrations, a dû être graduelle, et la voie qu'elles ont suivie pour arriver à leur mode actuel semble toute tracée. Les espèces carnassières et celles qui leur servent de proie vivent nécessairement mélangées. On comprend que les embryons des parasites des premières aient pu fréquemment s'égarer dans les secondes, ce qui d'ailleurs assurait leur retour dans l'espèce primitive, qu'ils aient tenté de sortir du tube digestif de celles-ci où ils ne trouvaient pas les conditions propices à leur développement et qu'ils aient gagné d'autres parties de leur corps (cavité générale, muscles, etc.). La migration, phénomène d'abord accidentel, mais fréquent et avantageux, a pu ainsi devenir peu à peu un phénomène normal. L'ancienne idée qui représentait les Cysticerques comme des Ténias malades ne semble pas invraisemblable, si on l'applique aux temps qui ont précédé la régularisation de la migration, d'autant plus que le Ténia enkysté est bien réellement arrêté dans son développement, et qu'il ne peut rester très longtemps sans mourir à l'état de Cysticerque. S'il en est ainsi, les migrations de la proie à l'animal carnassier ne doivent pas être absolument nécessaires. Parmi les Vers qui émigrent, il doit y en avoir qui peuvent, sans émigrer, se développer dans leur hôte. Tel serait, suivant M. Mégnin, le cas du *T. perfoliata* des herbivores et même du *T. saginata* de l'Homme; mais ce sont des faits qui demandent encore un examen plus approfondi. S'il est vrai, d'autre part, que la migration soit un phénomène accidentel qui s'est régularisé, il y aurait lieu de rechercher s'il ne serait pas possible de revenir à l'état primitif et d'obtenir le développement direct d'espèces actuellement émigrantes.

Le résultat serait d'autant plus intéressant qu'on a pu déjà arriver, dans certains cas, à la suppression même du parasitisme; ce serait une question de savoir si les Nématoides libres dont les nombreuses espèces ont été décrites par Bastian, Marion, de Man et autres ne seraient pas d'anciennes formes parasites, adaptées à vivre dans le vase où les œufs des formes parasites sont si souvent amenés avec les excréments de leur hôte.

2° Avec les migrations sont presque toujours en rapport des changements de forme parfois profonds; ces changements sont si bien liés aux changements dans les conditions d'existence qu'on les observe en dehors du parasitisme proprement dit, dans les migrations des Insectes vésicants qui présentent ainsi plusieurs formes successives : le *Triongulin*, la *première larve vermiforme*, la *deuxième larve vermiforme*, qui mènent respectivement un genre de vie différent.

3° Enfin les migrations des trois derniers types comprennent deux phases bien distinctes, l'une active, l'autre passive. Dans la première, l'embryon doit reconnaître l'hôte où il passe les premiers temps de sa vie parasitaire et pénétrer dans son corps. Dans ce cas, comme dans tous ceux où une période de liberté précède la période de parasitisme, intervient une faculté qui n'est autre chose que ce que nous nommons l'instinct. La part de l'instinct est plus frappante lorsqu'il s'agit, non plus des véritables parasites, mais des *commensaux* (P. J. van Beneden), qui exploitent les provisions de bouche préparées par d'autres animaux, comme le font les Psithyres, les Stelis, les Sphécodes et les hôtes nombreux des Fourmilières et des Termitières, ou même les animaux qui hantent nos maisons. Elle est de toute évidence pour les *mutualistes* qui savent se rendre des services réciproques tantôt d'une manière inconsciente, tantôt d'une manière parfaitement consciente, et qui sont dans des rapports analogues à ceux que nous entretenons avec nos animaux domestiques.

Dans les exemples qui précèdent l'instinct de rechercher l'hôte qui lui convient appartient à l'animal même qui doit vivre en parasite, en commensal ou en mutualiste; mais cet instinct peut être transporté à la mère du futur parasite, lorsque celui-ci passe seulement les premiers temps de sa vie à l'état de parasitisme, comme c'est le cas pour beaucoup d'Insectes. Il peut alors se développer sur les femelles des organes qui font partie de leurs caractères sexuels, et qui ne sont en rapport qu'avec la condition d'existence des larves qui naîtront de leurs œufs : tels sont les oviscaptes, les tarières, les aiguillons de beaucoup d'Insectes et notamment des Hyménoptères.

Ainsi le développement des caractères secondaires des parasites, comme celui des caractères sexuels secondaires, nous ramène à l'étude d'une nouvelle question, celle des phénomènes psychiques qui poussent l'animal à accomplir certains actes, à user de ses organes ou à les laisser en repos, à rechercher ou à éviter certaines conditions de milieu. Ce sont ces phénomènes psychiques qui ont été réunis sous le nom d'*instinct*.

Instincts. — La sélection sexuelle suppose qu'il existe, relativement aux mâles, dans le *sensorium* des femelles de chaque espèce, une sorte d'idéal de perfection plus ou moins conscient et héréditaire, comme le choix par un parasite d'un hôte déterminé suppose une vague notion des conditions d'existence qui lui seront le plus favorables. La transmission héréditaire de semblables facultés psychiques d'où la conscience paraît être fréquemment absente donne lieu, d'une manière générale,

à la constitution de ce qu'on nomme l'*instinct*. Tandis que l'on rapporte à l'intelligence tous les actes combinés des animaux qui supposent la conscience du but à atteindre, et sont accomplis d'une manière variable suivant les circonstances et les individus, on attribue à l'instinct, souvent considéré comme une faculté différente, tous les actes d'où cette conscience paraît absente et qui sont accomplis automatiquement en quelque sorte, et de la même façon, parfois même indépendamment de toutes circonstances déterminantes, par tous les individus semblables d'une même espèce. Comme ces actes se combinent sous des formes peu variées pour chaque espèce, on désigne aussi sous le nom d'instinct telle ou telle de leurs combinaisons particulières, de sorte que, dans cette acception du mot, chaque espèce peut présenter un certain nombre d'*instincts*.

Les instincts ainsi compris peuvent être relatifs à la conservation de l'individu ou à la conservation de l'espèce. Dans les deux cas, ils apparaissent souvent d'emblée, sans qu'aucune éducation intervienne pour assurer leur développement. Cela est surtout frappant pour les instincts des Insectes. Ces animaux meurent d'ordinaire après avoir pondu; chaque génération est ainsi isolée de la précédente et de la suivante, de sorte qu'elle ne peut ni être instruite par la génération qu'il l'a précédée, ni instruire celle qui la suit. Cependant les femelles préparent, pour leurs petits qu'elles ne connaîtront pas des provisions et un abri parfaitement adaptés aux besoins des jeunes, et ceux-ci, d'autre part, savent, dès leur naissance, admirablement se servir de leurs organes, et user de la demeure et des provisions que la mère a préparées pour eux.

De longues discussions se sont élevées sur la question de savoir s'il fallait faire deux facultés distinctes de l'*intelligence* et de l'*instinct*. Il est certain que, lorsqu'on ne considère que les termes extrêmes de ces deux formes de l'activité mentale, il semble y avoir entre elles une opposition absolue. L'intelligence, toujours présente, apprécie les excitations externes ou internes, les coordonne, soit entre elles, soit avec les excitations antérieures dont la mémoire a gardé la trace; elle ressent les besoins de l'organisme, cherche les moyens de les satisfaire et provoque, par l'intermédiaire de la volonté, des actes consciemment combinés en vue de leur satisfaction. Ces actes ne se répètent qu'autant que les circonstances qui les ont provoquées se répètent elles-mêmes; ils ne présentent rien de constant, rien de fatalement héréditaire pour chaque espèce. A mesure que l'animal grandit, les sensations qu'il a éprouvées sont plus nombreuses; sa mémoire est plus riche; les comparaisons que provoque chaque excitation nouvelle sont plus complexes, les actes qui en résultent plus variés, plus difficiles à prévoir, mieux appropriés au but à atteindre. En d'autres termes, l'*expérience*, l'*habileté* et la *liberté* de l'animal intelligent, augmentent avec l'âge.

L'instinct tel qu'on le conçoit d'ordinaire, agit, au contraire, en dehors de toute excitation actuelle, comme le montrent les voyages périodiques des Oiseaux. Les actes qu'il suscite sont accomplis alors même qu'ils ont cessé d'avoir un but, tels les essais de construction des Castors en captivité. Ils sont exécutés toujours de la même façon et, sans qu'on remarque aucun progrès, aucune modification dans la façon dont ils sont exécutés. Au lieu de s'appliquer à tout, l'instinct combine une fois pour toutes, en vue d'un but unique, des actes que l'animal répète inconsciemment, alors même que ce but ne saurait être atteint. « L'instinct sait

tout, dit M. Fabre¹, dans les voies invariables qui lui ont été tracées; il ignore tout en dehors de ces voies »; et il ajoute dans un autre ouvrage: « Si l'Hyménoptère excelle dans son art, c'est qu'il est fait pour l'exercer; c'est qu'il est doué non seulement d'outils, mais encore de la manière de s'en servir. Et ce don est originel, parfait dès le début; le passé n'y a rien ajouté, l'avenir n'y ajoutera rien. Tel il était, tel il est, tel il sera². »

A cette définition correspond, en effet, quoique assez imparfaitement, ce qu'on nomme l'instinct chez les animaux qui vivent isolés, et notamment chez les Insectes solitaires. L'instinct ne se traduit chez ces êtres que par un petit nombre de combinaisons toujours les mêmes. Mais il n'en est déjà plus ainsi chez les Insectes sociaux, tels que les Termites, les Abeilles et les Fourmis. Là, les manifestations intellectuelles et les manifestations instinctives sont mêlées d'une manière si intime qu'il est presque impossible de dire où finissent les unes, où commencent les autres. Sans doute, on observe chez des animaux des impulsions non raisonnées qui les poussent à accomplir certains actes, fondamentalement les mêmes. Mais ces actes sont si souvent volontairement modifiés et accompagnés d'actes purement intellectuels qu'il devient d'une évidence absolue que *l'intelligence est, chez les animaux sociaux, capable de modifier l'instinct et de s'allier à lui, à tous les degrés.*

P. Huber a vu des Bourdons étayer avec de la cire leur nid qu'il avait enlevé et posé sur sa table de travail dans une position mal équilibrée. Les Abeilles construisent souvent des rayons défectueux; dès qu'elles s'en aperçoivent, elles défont ces rayons et les recommencent; quand un rayon chargé de miel devient trop lourd ou qu'il leur paraît mal attaché, elles le consolident aussitôt, et consolident souvent les autres en même temps, comme si elles craignaient aussi de les voir tomber. Lorsque la chaleur devient trop grande dans la ruche, ou que l'air y est vicié, plusieurs ouvrières s'entendent pour établir un courant d'air en faisant vibrer leurs ailes d'une certaine façon. Quand la reine vient à mourir ou à disparaître, si les ouvrières n'ont aucun espoir de la remplacer, elles abandonnent leurs travaux et la ruche ne tarde pas à présenter tous les signes d'un prochain abandon; si elles ont de jeunes larves d'ouvrières, elles agrandissent les loges de quelques-unes d'entre elles qu'elles nourrissent d'une façon spéciale et transforment ainsi en nouvelles reines, sans que l'activité cesse dans la ruche. Les Fourmis savent très bien reconnaître leurs compagnes, ou tout au moins distinguer leur espèce des espèces voisines; elles jouent, se communiquent des idées au moyen de leurs antennes, se déterminent les unes les autres à accomplir certains travaux, combinent des expéditions, se livrent des batailles. Tout cela c'est de l'intelligence.

L'intelligence étant ainsi capable de se mêler à l'instinct, on peut se demander si ces deux facultés sont bien réellement d'essence distincte; s'il n'est pas possible de trouver entre elles des transitions; si l'instinct est bien aussi immuable qu'on le suppose ordinairement; s'il n'y a pas des raisons de penser que les instincts les plus compliqués se sont graduellement développés, et dans ce cas il y a lieu de rechercher comment s'est accompli ce développement, et dans quelles conditions il a été possible.

¹ H. FABRE, *Souvenirs entomologiques*, 1879, p. 179.

² H. FABRE, *Nouveaux Souvenirs entomologiques*, 1882, p. 55.

Il existe des transitions entre l'intelligence et l'instinct. — Non seulement l'intelligence se mêle à tous les degrés à l'instinct chez les animaux sociaux, mais elle est capable de revêtir elle-même accidentellement quelques caractères de l'instinct. L'automatisme, l'inconscience du but à atteindre, sont les principaux caractères des actes inspirés par l'instinct; or, les actes inspirés par l'intelligence peuvent revêtir ce double caractère, soit sous l'influence de l'habitude, soit dans certains états morbides tels que le *somnambulisme* et l'*hypnotisme*. C'est ce qui avait conduit Condillac à définir l'instinct *une habitude privée de réflexion*; ce qui faisait dire à Georges Cuvier : « On ne peut se faire une idée claire de l'instinct qu'en admettant que les animaux ont, dans leur *sensorium*, des sensations constantes qui les déterminent à agir comme les sensations ordinaires et accidentelles déterminent communément. C'est une sorte de rêve ou de vision qui les poursuit toujours, et dans tout ce qui a rapport à leur instinct, on peut les considérer comme des espèces de somnambules. » D'après la définition même de Cuvier, l'instinct serait ramené à l'intelligence si l'on pouvait expliquer comment les sensations constantes qui déterminent les actes instinctifs ont pénétré dans le *sensorium* des animaux, si l'on pouvait démontrer, par exemple, que *l'instinct est une habitude héréditaire*, comme on l'a dit souvent, et la justesse du point de vue serait bien près d'être établie si l'on prouvait que les habitudes ordinaires sont réellement susceptibles de devenir héréditaires. Or, quelque peu nombreux que soient, chez l'Homme, les faits de ce genre parfaitement avérés, tous les auteurs qui ont traité de l'hérédité en ont cité un certain nombre. On sait d'ailleurs que les facultés ou les dispositions intellectuelles sont fréquemment transmises des parents à leurs descendants, bien qu'en raison de la variété des sujets auxquels s'appliquent nos facultés, il soit souvent difficile de les suivre dans leurs transformations diverses.

Il ne suffit cependant pas d'avoir démontré qu'une habitude peut devenir héréditaire pour avoir expliqué l'instinct; il faut encore établir que les animaux ont pu acquérir l'habitude que l'on suppose devenue héréditaire; il y a là une difficulté réelle que nous chercherons tout à l'heure à lever.

Les instincts sont susceptibles de transformation. — On a longtemps contesté l'exactitude des diverses observations tendant à établir la variabilité des instincts, telles que celle de F.-A. Pouchet relativement aux Hironnelles de fenêtre, qui auraient, à Rouen, modifié leur nid en même temps que se modifiait l'architecture, dans les quartiers neufs de la ville. La variabilité des instincts est cependant établie par des faits indiscutables. Le castor du Rhône, très probablement identique à celui du Canada, ne fait pas de construction. Un Oiseau de l'Amérique du Sud, un Cassique, construit son nid avec des crins de Cheval, habitude postérieure à la réintroduction des Chevaux en Amérique par les conquérants européens. Nos diverses races de Chien ont des instincts très différents qui, pour avoir été développés sous la surveillance de l'Homme, n'en sont pas moins des instincts nouveaux. L'Homme n'est, après tout, qu'une cause naturelle comme les autres; il n'agit qu'en rassemblant autour des animaux les conditions propres à faciliter le développement de telle ou telle faculté, mais il ne crée pas ces facultés, et si de l'espèce Chien il a tiré des *chiens de garde*, des *chiens de berger*, des *chiens d'arrêt*, des *chiens courants*, etc., c'est qu'il a trouvé dans le chien une aptitude à acquérir de nouveaux instincts, dont il a su profiter, aptitude antérieure à

ses entreprises sur cet animal. M. Forel, en plaçant certaines espèces de Fourmis dans des conditions nouvelles, a pu obtenir chez elles le développement d'instincts qu'elles ne présentaient pas auparavant. Les *Polyergus rufescens*, *Formica sanguinea*, *Strongylognathus testaceus*, *Anergates atratulus*, etc., s'emparent d'autres Fourmis pour en faire des esclaves chargées d'entretenir leur nid et, au besoin, de les nourrir. Chaque espèce réduit d'ordinaire à l'esclavage les mêmes espèces de Fourmis : les *P. rufescens* s'attaquent notamment aux *F. fusca* et *rufibarbis*; les *F. sanguinea* aux *F. fusca*, et plus rarement aux *F. gagates*, *cinerea*, *rufa*; les *Strongylognathus testaceus* et les *Anergates atratulus* aux *Tetramorium caespitum*. Assez souvent les *F. sanguinea* attaquent les *F. pratensis* et *rufibarbis*, mais c'est simplement pour manger leurs nymphes. M. Forel a cependant réussi à associer l'espèce esclavagiste aux deux autres. Ayant donné un jour un assez grand nombre des nymphes de *F. pratensis* à des *F. sanguinea*, il vit ces dernières manger une partie des nymphes et élever les autres. Dans une autre expérience, le même observateur mélangea dans un sac une fourmilière de *F. pratensis* et une autre de *F. sanguinea*. Il les y laissa enfermées pendant une heure, puis les mit en observation dans un appareil disposé à cet effet. Dans le sac, dans l'appareil, durant les premières heures de leur mélange, les deux espèces de Fourmis se livrèrent une bataille acharnée, où un grand nombre trouvèrent la mort, puis elles firent la paix et se mirent à édifier de concert une nouvelle fourmilière où elles élevèrent leurs larves en commun. Dans ce cas, les deux espèces de Fourmis avaient résolu pour leur plus grand avantage, en faisant céder leur instinct, le problème brusquement posé par leur réunion forcée dans une même prison.

Gradations des instincts. — Les faits rassemblés dans le paragraphe précédent entraînent nécessairement cette conséquence que tous les individus d'une même espèce n'ont pas les mêmes instincts. *A fortiori*, on doit s'attendre à trouver des instincts différents chez les espèces diverses d'un même groupe zoologique; c'est, en effet, ce qui existe, mais lorsqu'on cherche à comparer ces instincts on trouve que les uns, très simples, ne suscitent que des actes peu différents des actes réflexes ordinaires, tandis que les autres sont combinés d'une façon si savante qu'ils supposeraient de la part d'un être intelligent la plus extraordinaire prévoyance. Or, dans tous les groupes du Règne animal, entre les instincts les plus simples et les plus compliqués, on observe les gradations les plus ménagées. Si l'on observait ces gradations dans la vie d'un individu au cours des différentes phases de son existence, on serait amené à les considérer comme le résultat de l'éducation graduelle de cet individu. *Les instincts des espèces d'un même groupe sont donc entre eux comme si ces espèces étant dérivées les unes des autres, certaines lignées avaient graduellement perfectionné leurs instincts primitifs, à mesure que les générations se succédaient.* C'est-à-dire que le développement des instincts dans un groupe zoologique donné suivrait la même loi que celui des autres caractères et obéirait aux mêmes causes. Il est nécessaire d'établir cette règle par des exemples empruntés aux diverses divisions du Règne animal.

Crustacés. — L'un des traits les plus remarquables des mœurs de ces animaux est l'instinct que présentent tous les Pagurides de cacher leur abdomen mou et facile à déchirer dans des coquilles vides de Mollusques. Or, on observe dans l'instinct des Pagurides les modifications suivantes :

1° Les Birgues au corps cuirassé se cachent le jour dans des trous, mais sortent la nuit à découvert.

2° Les Thalassines, les Gébies et les Callianasses au corps toujours mou, se creusent des trous dans le sable et attendent, tapies au fond de ces trous, le passage des proies dont elles se nourrissent.

3° Au lieu de s'immobiliser ainsi, les Pagures cachent leur abdomen dans un objet creux portatif qui les protège, tout en leur laissant la liberté des mouvements. Les objets propres à cet usage que les Pagures rencontrent le plus fréquemment dans la mer sont les coquilles vides de Gastéropodes; mais les *Xylopagurus* négligent les coquilles et se logent dans des fragments de tiges de végétaux naturellement creuses ou qu'ils creusent eux-mêmes (A. Milne Edwards); les *Pomatocheles* et les *Pylocheles* sont libres ou se construisent un abri de sable agglutiné.

4° La plupart des Pagures changent de coquille à mesure qu'ils grandissent, de manière à être toujours protégés; mais dans les grands fonds les coquilles sont rares et petites; les jeunes *Catapagurus* en trouvent à leur taille, s'y logent et n'en changent plus, de sorte que lorsqu'ils ont atteint une taille considérable, ils traînent à l'extrémité de leur gros corps une toute petite coquille devenue complètement inutile. L'instinct persiste, mais il est devenu en quelque sorte rudimentaire. Les *Ostraconotus* vivant à 300 m. de profondeur et les *Tylaspis*, ramenés de 4,346 m., semblent enfin avoir renoncé au mode de protection de leurs congénères. Ils replient simplement sous leur céphalothorax leur abdomen mou, très court et sans trace d'annulation.

5° Des Hydraires (*Hydractinia*, *Syncoryna*) ou des Coralliaires (*Adamsia*, *Zoanthus*) viennent souvent s'établir sur les coquilles habitées par les Pagures et ne se trouvent même que sur ces coquilles. L'*Hydractinia echinata* grandit souvent assez pour dépasser la coquille et prendre part, à l'aide de son substratum chitineux, à la protection du Crustacé. Pour l'*Epizoanthus parasiticus* qui vit sur le *Pagurus pilimanus*, ce phénomène est régularisé. Le Crustacé se loge d'abord dans une coquille et un jeune Epizoanthe vient s'établir sur cette coquille qu'il recouvre peu à peu. Bientôt le Pagure et l'Epizoanthe dépassent l'un et l'autre la coquille. L'Epizoanthe bourgeonne et à mesure qu'il grandit résorbe la coquille, si bien qu'il finit par habiller seul le Crustacé. A l'état adulte, l'Epizoanthe forme une masse conique dont la base circulaire porte sur son pourtour cinq ou six polypes, tandis que le centre est occupé par le polype primitif.

6° La forme du Pagure se modifie avec son abri. Les Pagures libres ou habitant des abris rectilignes sont parfaitement symétriques par rapport à un plan; ceux qui habitent des coquilles enroulées en spirale ont un côté plus développé que l'autre.

Sans doute en raison des mues qui livrent l'animal sans défense à ses ennemis tant que ses téguments sont mous, l'instinct de se cacher est très répandu chez les Crustacés. Il est évidemment le point de départ de l'instinct des Pagures, mais il se manifeste encore chez les Notopodes par l'habitude qu'ont ces animaux de se couvrir de toutes sortes de corps étrangers qui les dissimulent complètement.

Arachnides. — Les Araignées sécrètent de délicats fils de soie émis par des filières situées à l'extrémité postérieure de leur corps, mais elles font de ces fils les usages les plus variés. Les Attides se bornent à utiliser leur fil pour se garantir contre les chutes en fixant l'une de ses extrémités aux corps étrangers. Les Théri-

dions se construisent un nid en réunissant des feuilles deux à deux à l'aide de leur soie ; les Lycoses se creusent des terriers qu'elles tapissent de soie et dont elles barrent l'entrée à l'aide de débris végétaux agglutinés. Parmi les Mygalines, les *Atypus* femelles construisent de longs terriers semblables, dépourvus de tout opercule ; les *Cteniza*, la *Nemesia cementaria* et la *N. Simoni* perfectionnent leur demeure en y ajoutant un couvercle ; les *Nemesia meridionalis* et *Mauderstjernæ* placent en outre sur la longueur de leur galerie une sorte de trappe derrière laquelle elles peuvent se retrancher si le couvercle extérieur vient à être forcé ; au point où cette trappe est établie s'ouvre un abri latéral que savent se creuser les *N. congener* et *Eleonora*. Les *Leptopelma* prolongent leur terrier par un entonnoir de soie, soutenu par les herbes voisines. Les *Segestria* habitent un tube ouvert aux deux bouts et dont elles défendent l'entrée à l'aide de fils tendus en tous sens. La *Clubiona holosericea* habite une cloche soyeuse ; l'*Argyroneta aquatica* tisse sa cloche sous les eaux et s'en sert comme de réservoir d'air. Les *Agelena* et les *Tegenaria* habitent un tube devant lequel elles tissent une toile horizontale, en forme de hamac, servant de piège pour les Insectes. Les Epéirides tissent enfin des toiles verticales, circulaires, formées de fils rayonnants qui soutiennent d'autres fils disposés en cercles concentriques ; elles établissent souvent un abri auprès de leurs toiles. La soie qui d'abord servait simplement de câble suspenseur, devient ainsi peu à peu pour l'Araignée un moyen de consolider sa demeure, puis la matière exclusivement employée pour fabriquer ses abris ; enfin l'animal l'emploie même à la capture de ses proies et en fabrique des pièges auxquels vient se prendre son gibier préféré.

Insectes. — Les Insectes comptent parmi les animaux chez qui on observe les instincts les plus surprenants et les plus variés. Mais ces instincts présentent dans la même famille des gradations analogues. Le Grillon domestique habite les trous des vieux murs, le Grillon champêtre se creuse un terrier, la Courtilière fouit la terre, et, dans ses chasses souterraines, se creuse des galeries analogues à celles des Taupes. — Les larves d'Hémérobés et d'Ascalaphes chassent à découvert ; celles des *Pulpares* se tiennent à l'affût dans le sable ; celles des vrais Fourmilions s'enfouissent également dans le sable, mais y creusent de petits cratères en forme d'entonnoir, au fond desquels elles se tapissent, attendant que quelque insecte roule le long des parois de ces pièges singuliers.

Les *Osmia* de l'ordre des Hyménoptères abritent leurs œufs dans des cavités. En groupant méthodiquement les observations dont elles ont été l'objet, surtout de la part de M. J.-H. Fabre, on trouve chez elles les gradations suivantes : l'*Osmia tridentata* creuse elle-même son nid dans la Ronce sèche ou l'Hyèble ; l'*O. cyaneu* s'empare des demeures ou des nids abandonnés par d'autres animaux : galeries creusées dans le bois mort, tunnels pratiqués par les Collètes dans les talus ; nids des Chalicodomes des galets. L'*O. Morawitzi* a une préférence pour ces derniers nids qu'adopte définitivement l'*O. cyanoxantha*. L'*O. aurulenta* s'établit dans les coquilles de l'Hélice chagrinée et de l'H. des gazons ; l'*O. rufo-hirta* dans les coquilles de l'H. des gazons et de l'H. némorale ; l'*O. andrenoïdes* fixe exclusivement son choix sur les coquilles d'H. chagrinée ; l'*O. versicolor* sur celles de l'H. némorale ; l'*O. viridana* sur celles du Bulime radié. On passe ainsi graduellement de l'aptitude à profiter de tout, signe de l'intelligence, à l'exclusivisme absolu, signe de l'instinct.

Un des traits les plus surprenants de l'instinct des Insectes hyménoptères est offert par certaines Guêpes qui approvisionnent leur nid de proies vivantes, prélevées toujours sur la même espèce, paralysées d'un seul coup d'aiguillon et qui demeurent immobiles, sans se décomposer, pendant que les jeunes larves les dévorent. Il semble au premier abord impossible qu'un Insecte, qui n'a pu recevoir de ses parents aucune éducation, devine que telle proie convient plus spécialement à sa progéniture, et qu'en la frappant d'un coup d'aiguillon qui pénètre dans un ganglion déterminé, elle pourra mettre à la disposition de ses jeunes larves une proie inoffensive, paralysée, mais encore douée de vie. On trouve heureusement encore toutes les transitions entre la forme de l'instinct maternel qui nous est la plus familière et cette forme à la fois si savante et si exclusive.

Les Polistes et les Guêpes nourrissent elles-mêmes leurs larves à l'aide d'Insectes qu'elles mâchonnent de manière à en faire une sorte de bouillie. Les *Polistes gallicus* s'attaquent aux Diptères, la *Vespa vulgaris* aux *Erystalis*, la *Vespa crabro* aux Abeilles. Les *Bembex* nourrissent aussi leurs larves au jour le jour, mais se bornent à leur porter des animaux morts, de plus en plus gros à mesure qu'elles se développent : le *B. Julii* s'empare d'abord de n'importe quel Diptère de la grosseur de la Mouche domestique, puis passe à des Insectes plus gros. Les *B. tarsata* et *oculata* choisissent en premier lieu une *Sphærophorya scripta*, puis varient leur gibier ; toutefois le dernier a une préférence marquée pour le *Stomoxys calcitrans*, et le premier s'empare surtout des *Anthrax* et des Bombyles. Les *B. rostrata* et *bidentata*, une fois la première proie consommée, n'apportent plus à leurs larves que des Taons. Les *Cerceris*, *Solenius*, *Sphex*, *Tachytus*, *Eumena*, *Odynera*, *Ammophilus*, *Scolia*, approvisionnent leurs nids de proies vivantes. On peut dresser pour les quatre premiers de ces genres le tableau suivant de leur chasse préférée :

La plupart des <i>Cerceris</i>	N'importe quels Buprestes ou Charançons en rapport avec leur taille.
<i>Cerceris quadricincta</i>	De préférence <i>Apion gravidum</i> .
— <i>tuberculata</i>	Presque toujours <i>Cleonus ophthalmicus</i> .
<i>Solenius vagus</i>	<i>Sphærophorya</i> , <i>Sarcophaga</i> , <i>Syrphus</i> , <i>Melanophora</i> , <i>Paragus</i> et surtout <i>Syrilla pipiens</i> .
— <i>fuscipennis</i>	<i>Erystalis tenax</i> et <i>Helophilus pendulus</i> .
— <i>lapidarius</i>	Araignées.
<i>Sphex flavipennis</i>	Grillons.
— <i>albisecta</i>	Criquets.
— <i>afra</i>	<i>Idem</i> .
— <i>occitania</i>	Ephippigères.
<i>Tachytus nigra</i>	Grillons.
— <i>Panzeri</i>	Criquets.
— <i>tarsina</i>	<i>Idem</i> .
— <i>anathema</i>	Courtillières.

Les Eumènes, les Odynères, les Ammophiles approvisionnent leur nid de Chenilles ; les Scolies, de larves de Lamellicornes ; les Pompiles, d'Araignées. Les Eumènes et les Odynères paralysent incomplètement les Chenilles en les frappant de leur aiguillon à une place indéterminée ; l'Ammophile hérissée donne un coup d'aiguillon à la face ventrale de chaque segment ; la plupart des autres Ammophiles ne frappent que l'un des deux segments qu'elles peuvent le plus facilement atteindre, ceux qui sont privés de pattes. Les *Cerceris*, *Sphex*, *Tachytus*, *Scolia*, *Pompilus* ne frappent de même qu'un seul coup d'aiguillon ; mais les proies qu'ils

choisissent sont des Arthropodes à système nerveux très condensé, facile, par conséquent, à paralyser d'un seul coup; c'est la raison pour laquelle les Buprestes, Charançons, larves de Lamellicornes, Araignées, comptent si souvent parmi leurs victimes.

La vie sociale ne s'établit pas davantage d'un seul coup. Parmi les Hyménoptères mellifères on trouve d'abord de nombreuses formes nidifiantes, mais solitaires, où chaque femelle est à la fois reine, architecte et productrice de miel (*Eucera*, *Xylocopa*, *Anthophora*, *Andræna*, *Dasygoda*, *Halictus*, *Colletes*, *Chalicodoma*, *Anthidium*, *Osmia*, *Megachilus*, *Anthocopa*). Les femelles des Bourdons jettent toujours les premiers fondements de leur nid; c'est seulement plus tard qu'elles sont aidées par les femelles infécondes nées de leur ponte. Chez les Mélipones plusieurs femelles fécondes, peu différentes d'aspect des ouvrières, habitent la même ruche; et l'on arrive enfin au polymorphisme frappant et à la division du travail qui caractérisent nos Abeilles domestiques.

Parmi les plus étonnants des instincts des Insectes, il faut certainement citer l'instinct de domestication que présentent plusieurs espèces de Fourmis. On trouve dans un grand nombre de fourmilières d'autres Insectes, qui non seulement vivent en parfaite harmonie avec les propriétaires de la fourmilière, mais encore sont de leur part l'objet d'attentions toutes particulières. Ce sont des larves telles que celles de la Cétoine dorée, de divers Cercopides et Membracides, la chenille d'un Papillon de nuit du genre *Lycæna*, ou des Insectes adultes appartenant à divers ordres; ce sont non seulement d'autres Fourmis, mais encore des Thysanoures, l'*Atelura formicaria*, des Orthoptères, tels que le *Myrmecophilus acervorum*, sorte de Grillon, des Coléoptères, tels que divers Psélaphides (*Batrissus*, *Chennium*, *Claviger*), un assez grand nombre de Staphylinides (*Myrmedonia*, *Thyasophila*, *Euryusa*, *Dinarda*, *Lomechusa*, etc.), d'Histérides et de Xylophages; des Hémiptères, tels que les *Myrmedonia*, les *Microphysa*, divers Pucerons et quelques Coccides. Les gradations s'observent ici dans les sens les plus divers. Tout d'abord, parmi ces Insectes, il en est qui ne sont que des hôtes temporaires comme les larves de Cétoine, les chenilles de *Lycæna*, les larves des Cercopides et de Membracides; d'autres qui, pour se rencontrer fréquemment ou même habituellement dans les fourmilières, vivent aussi en dehors d'elles, c'est le cas d'un grand nombre de Coléoptères xylophages, de beaucoup d'Histéridés, de Staphylinidés et aussi celui des Pucerons; d'autres enfin qui ne sortent pas des fourmilières, où s'écoule toute leur existence, tels sont les Psélaphides et Staphylinides précédemment énumérés.

La façon dont se comportent ces hôtes dans les fourmilières n'est pas moins variable. Quelques-uns sont de véritables ennemis qui s'attaquent à la bâtisse où ils s'abritent, en rongant les brindilles de bois dont elle est constituée (Xylophages) ou en minant ses murailles; d'autres dévorent les larves et les nymphes (divers Staphylins). Il en est même qui attaquent à la fois les murailles de la fourmilière et les larves auxquelles elles arrivent grâce aux étroites galeries qu'elles savent creuser, et où ne peuvent les atteindre, en raison de leur taille, les propriétaires du nid: telle est la *Solenopsis fugax*, petite fourmi jaune qui s'attaque à plusieurs autres espèces. D'autres hôtes sont inoffensifs et demandent simplement à leurs voisins une part de l'abri qu'elles ont su construire; tel le *Formicoxenus nitidulus*, petite fourmi rougeâtre qui cohabite avec la *Formica rufa* et *pratensis*. Quelques-uns de

ces hôtes savent enfin se rendre utiles : tels sont les Ptélaphides, un certain nombre au moins de Staphylinides, les chenilles de *Lycæna*, les larves de Cercopides, les Coccides et les Pucerons qui sécrètent un suc mielleux dont les Fourmis sont très friandes; telles sont surtout les Fourmis dites esclaves qui travaillent à l'édification de la fourmilière, à la nourriture des larves et parfois même à celle de leurs hôtes.

Les Fourmis elles-mêmes se comportent différemment vis-à-vis de leurs hôtes. Quelques-uns sont simplement tolérés : la Fourmi agricole d'Amérique (*Pogonomyrmex barbatus*) tolère ainsi dans ses champs l'*Iridomyrmex Mac Cooki* et la *Dorymyrmex pyramica*; elle chasse cependant quelquefois ces dernières, lorsqu'elles deviennent par trop incommodes. Les *Lomechusa* et les *Claviger* ne sont pas seulement supportés; ils sont littéralement soignés et nourris par les Fourmis; et les *Claviger* aveugles seraient même incapables de vivre sans les soins des Fourmis. Les Pucerons enfin peuvent devenir l'objet d'une véritable industrie. Quelques Fourmis se bornent à aller recueillir sur place le liquide sucré que sécrètent ces animaux; certains *Lasius*, le *Cremastogaster lineata* des États-Unis, le *Lasius brunneus* et d'autres espèces construisent autour des pucerons des demeures aériennes pour les abriter; la plupart des *Myrmica* annexent à ces pavillons des galeries établies le long de la tige des plantes et que des couloirs souterrains relie même parfois à la fourmilière; les *Lasius flavus* et *umbratus* vivent absolument sous terre; ils transportent dans leurs galeries des pucerons vivant sur les racines, les soignent activement et prennent même souci de leurs œufs et de leurs nymphes; le liquide sucré produit par les pucerons est leur unique nourriture.

L'habitude d'asservir leurs congénères présente, elle aussi, de nombreuses gradations. Les *Formica pratensis*, *truncicola* et *exsecta* se passent fréquemment de serviteurs, mais on les trouve quelquefois associées aux *F. fusca* et *rufibarbis*; le *Tapinoma erraticum* s'asservit de même le *Bothryomyrmex meridionalis*. La *Formica fusca* est déjà plus nettement esclavagiste; elle s'associe également la *F. fusca* et *infibarbis*, mais partage tous les travaux de ses esclaves; le *Polyergus rufescens* ou Fourmi amazone de notre pays et le *P. lucidus* de l'Allemagne du Nord possèdent constamment une nombreuse population d'esclaves et ne travaillent pas; le *Strongylognathus Huberi* capture pour s'en faire des esclaves les larves et les nymphes du *Tetramorium cæspitum* et serait incapable de se nourrir sans elles; les *Strongylognathus testaceus* sont si faibles et si peu nombreux dans leurs propres fourmillières qu'on doit admettre que leurs esclaves, les *Tetramorium cæspitum*, vont elles-mêmes piller les fourmillières de leur propre espèce pour y trouver des larves et des nymphes dont elles se font des assistantes. Enfin chez l'*Anergates atratulus*, il n'y a pas d'ouvrières et, pendant la plus grande partie de l'année, l'espèce n'est représentée que par une femelle dont l'abdomen, gros comme un pois, est distendu par les œufs; cette femelle est soignée par des *Tetramorium cæspitum*. De ses œufs sortent des femelles ailées de forme normale et des mâles aptères, il n'y a pas de neutres; les neutres ont été remplacés par des esclaves. Après l'accouplement, les mâles meurent, les femelles commencent à grossir, et l'on ne sait comment se forme leur personnel d'esclaves, car on ne trouve jamais auprès d'elles ni larves, ni nymphes de *Tetramorium*.

Darwin a signalé des gradations non moins remarquables dans les instincts de

parasitisme des Coucous et des Molothres, oiseaux qui, bien que fort éloignés les uns des autres, présentent des habitudes très semblables. On trouve chez ces singuliers animaux toutes les phases de dégénérescence de l'instinct de la nidification, accompagnant toutes les phases du développement de l'instinct qui pousse les Coucous, comme les Molothres, à pondre dans les nids des autres Oiseaux; en même temps que cet instinct se développe chez eux, leurs œufs deviennent plus nombreux et plus petits. On pourrait de même relier l'instinct si étonnant des Castors aux instincts très simples des nombreux Rongeurs fouisseurs.

On peut donc considérer comme générale la règle de la gradation des instincts dans une même famille. S'il existe entre les membres de cette famille une véritable consanguinité, comme on l'admet dans l'hypothèse transformiste, une pareille règle autorise évidemment à se demander si les instincts ne se sont pas développés graduellement, de la même façon que les espèces qui les présentent, et à rechercher sous quelles influences ils ont été acquis.

On remarquera, tout d'abord, que l'explication des instincts ne présente aucune difficulté sérieuse⁴ chez les animaux dont les générations successives sont mises en contact les unes avec les autres, comme cela arrive chez les Oiseaux et les Mammifères, par exemple. Ici les aptitudes observatrices des jeunes, leur tendance constante à l'imitation, l'éducation incontestable qu'ils reçoivent de leurs parents et qui a été maintes fois constatée chez les Oiseaux, les lois les mieux établies de l'hérédité suffisent à expliquer la conservation et, dans une certaine mesure, le développement graduel de l'instinct. Un animal ne peut avoir acquis quelque aptitude à la locomotion sans que ses facultés intellectuelles aient éprouvé, elles aussi, quelque développement; sans cela les mouvements inconsidérés de l'animal, ses déplacements désordonnés l'exposeraient sans cesse à quelque nouveau péril et le voueraient à une destruction rapide et certaine : il faut toujours au moins un commencement d'intelligence pour reconnaître un aliment, constater qu'un corps se meut, s'élançant à sa poursuite, éviter un obstacle, distinguer un individu de son espèce et en déterminer le sexe. Cela suppose que l'animal qui en est doué est apte à reconnaître certaines sensations, à faire certaines comparaisons, très simples sans doute, à tirer parti de certaines circonstances, de certaines rencontres, de certains corps. Ces opérations intellectuelles peuvent avoir eu au début, pour point de départ, de simples réflexes; mais ces réflexes, souvent répétés, ne peuvent échapper complètement au sensorium de l'animal; ils sont eux-mêmes constatés, reconnus; ils passent à l'état conscient. L'animal associe nécessairement peu à peu la notion de ses sensations à celle de ses mouvements; il apprend à combiner ceux-ci *consciemment* suivant les circonstances, à accomplir des *actes intentionnels*; puis par la répétition, par l'habitude, les combinaisons dont il a eu au début une conscience plus ou moins nette échappent de nouveau à sa conscience et à son attention; mais un progrès n'en a pas moins été réalisé dans ses aptitudes. Ce progrès, l'hérédité le transmet à sa descendance et l'on comprend ainsi que, grâce au jeu sans cesse répété de l'intelligence, du retour par l'habitude à l'état réflexe d'actes un moment plus ou moins conscients, et finalement de l'hérédité, les instincts se créent, se conservent, se perfectionnent et se modifient lentement, surtout s'ils sont aidés par le contact incessant d'individus de même espèce entre lesquels s'établit par imitation une sorte de tradition. L'exemple des Castors européens qui ont cessé de bâtir semble

indiquer d'ailleurs que l'isolement est funeste à la conservation de certains instincts.

Tout cela suppose une certaine durée de vie, un mélange constant des générations qui se succèdent. Ces conditions, dans la classe des Insectes, ne sont réalisées que chez les espèces sociales (Termites, Guêpes, Bourdons, Abeilles, Fourmis) et nous savons, en effet, à quel degré de développement est parvenu l'ensemble de leurs facultés psychiques; partout ailleurs la durée de la vie de l'Insecte parfait n'excède pas une saison, chaque génération ignore celle qui l'a précédée et celle qui la suit; elle ne reçoit rien et ne transmet rien que par voie d'hérédité; une vie de quelques semaines est trop courte pour que la moindre addition puisse être faite au fonds intellectuel et instinctif de l'espèce; on comprend que dès lors l'instinct soit immuable, chez ces animaux; il serait incompréhensible qu'il en fût autrement. Mais on ne voit plus comment les instincts ont pu se développer. C'est là, de l'aveu de H. Milne Edwards et de Romanes ¹, l'objection la plus grave que rencontre la théorie que nous venons d'exposer du développement graduel des instincts. Cette objection est-elle absolument insurmontable? Il ne le semble pas; tous les naturalistes sont d'accord pour reconnaître que la vie de la plupart des Insectes est étroitement liée au cours de nos saisons: si leurs larves peuvent vivre plusieurs années cachées sous terre ou dans l'épaisseur du tronc des arbres, les Insectes parfaits éclosent au printemps, et ceux qui ne vivent pas en société ont disparu, à de rares exceptions près, aux approches de l'automne. Une certaine température moyenne est nécessaire au fonctionnement de leur organisme; tous les actes importants de leur vie doivent s'accomplir dans la courte période des beaux jours. La saison des pluies joue dans la zone torride le rôle de l'hiver dans les zones tempérées. Mais ces conditions climatiques qui règlent aujourd'hui la vie de l'Insecte, sont d'apparition récente. « Au moment où s'ouvre la période éocène, le climat de l'Europe est tempéré plutôt que très chaud; l'hiver est encore nul ou presque nul, et la végétation continentale paraît ne pas éprouver de variations sensibles entre le 40° et le 60° degré de latitude ². » Durant toute la période secondaire, toute la période primaire les conditions biologiques avaient été de même remarquablement uniformes non seulement sur tous les points du Globe, mais encore à toutes les périodes de l'année. Or les Insectes datent pour le moins du Silurien moyen (*Pallæoblattina Douvillei*, des grès de Jurques); ils arrivent dans le Carbonifère à des dimensions inconnues de nos jours: l'envergure des ailes de la *Platephmera antiqua*, de l'Amérique du Nord, atteignait 1 décimètre; le *Titanophasma Fayoli*, du Carbonifère, de Commeny, avait 25 centimètres de long; l'aile des *Scudderia* mesurait 9 centimètres de la base au sommet; celle du *Megaptilus Blanchardi* 18 à 20 centimètres. On trouve à cette époque des Thysanoures, des Neurorthoptères qui peuvent être considérés comme les ancêtres de nos Phasmides et de nos Termites; des Névroptères auxquels semblent apparentés nos Perlides, nos Ephémérides, nos Myrméléonides et nos Libellulides; des Orthoptères déjà différenciés en Marcheurs et en Sauteurs, enfin des Hémiptères auxquels se rattachent nos Fulgores et nos Cigales ³. Dès le Trias, des Coléoptères s'ajoutent

¹ E. PERRIER, Préface à la traduction du livre de ROMANES: *L'intelligence des animaux*, 1887.

² A. DE LAPPARENT, *Traité de Géologie*, 1^{re} édition, p. 985.

³ C. BRONGNIART, *Les Insectes fossiles des terrains primaires* (Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles de Rouen, 1885).

à ce premier fonds (*Elateropsis infraliassica*, Rœmer); les Hyménoptères, les Punaises sont déjà différenciés dans le Lias; avant la fin de la période secondaire tous nos ordres actuels d'Insectes ont fait leur apparition, et ceux où nous remarquons les instincts les plus étonnants ne sont pas les moins anciens. Or pendant ces deux longues périodes il n'y avait aucune raison pour que la vie des Insectes suivit son rythme actuel, modelé sur un rythme climatérique qui n'existait pas encore. Rien n'indique que leur existence fût limitée comme elle l'est de nos jours, que leurs générations successives fussent séparées les unes des autres. Si les Insectes rentraient à cette époque dans la règle commune, ils ont pu acquérir leurs instincts comme les autres animaux. Ces instincts n'ont pris leur immuabilité qu'à mesure que la vie s'est raccourcie, que les générations successives se sont séparées en raison de l'apparition périodique des hivers; ils ne nous paraissent inintelligibles aujourd'hui que parce que nous les voyons fonctionner dans des conditions tout autres que celles où ils se sont formés.

En résumé, les phénomènes réflexes, les phénomènes intellectuels et les phénomènes instinctifs s'enchaînent comme s'ils résultaient les uns des autres. Les manifestations mentales des animaux, des plus humbles aux plus élevées, paraissent être de même nature : elles sont d'abord inconscientes, limitées aux actions et aux réactions les plus immédiates de l'organisme et du milieu dans lequel il vit. Chaque animal se cantonnant dans des conditions déterminées, les actions et les réactions y sont toujours à peu près les mêmes pour une même espèce, et provoquent les mêmes opérations intellectuelles rudimentaires. Ces opérations toujours répétées s'incrustent, en quelque sorte, dans le sensorium de l'animal; l'aptitude à les reproduire en dehors de toute conscience se transmet héréditairement; nous sommes en présence des *instincts innés* (Perrier) ou *instincts primaires* (Romanes) qui résultent de la structure même de l'animal et de ses rapports avec le monde ambiant. Ces instincts ne pourraient être modifiés qu'avec l'organisme lui-même, suivant les lois de la sélection naturelle, si une force nouvelle n'intervenait pas. Mais à cet état rudimentaire succède une notion plus claire des rapports de l'organisme et du milieu; la conscience se dégage; le but prochain des actes accomplis d'abord mécaniquement apparaît; dès lors, les actes purement instinctifs sont susceptibles d'être légèrement perfectionnés et modifiés; et, si les causes qui ont amené ces modifications sont persistantes, les modifications, d'abord intelligentes, sortent de la conscience pour redevenir instinctives; l'instinct se modifie, mais il domine l'intelligence. De ces modifications résultent des *instincts secondaires* (Romanes). Après que ces instincts ont été acquis, des conditions particulières peuvent leur donner une immuabilité absolue; tels sont le raccourcissement de la vie, la séparation des générations successives par une période où tous les individus sont à l'état d'œuf¹. Peu à peu cependant, dans les conditions ordinaires de la vie des animaux, la conscience devient plus étendue, les idées plus claires, les rapports compris plus nombreux, l'intelligence se distingue nettement. Elle se mélange d'abord à tous les degrés à l'instinct, enfin arrive le moment où elle masque à peu près complètement les

¹ Cette théorie du développement des instincts a été exposée en 1882, dans un ouvrage à l'usage des lycées que j'ai publié sous le titre d'*Anatomie et Physiologie animales*; M. Romanes y est arrivé de son côté, d'une manière indépendante, et l'a développée en 1884 dans son livre sur l'*Evolution mentale des animaux*.

opérations instinctives, où ce qui se fixe par hérédité ce]n'est plus l'aptitude à percevoir presque inconsciemment tel ou tel rapport, à accomplir]à]peu près automatiquement tels ou tels actes, c'est l'aptitude à rechercher et à découvrir des relations nouvelles, à improviser des actes en rapport avec]les circonstances inattendues qui peuvent se produire; c'est-à-dire l'intelligence proprement dite. De là cette antinomie apparente, sur laquelle ont longtemps insisté les]auteurs, entre l'intelligence et l'instinct, qui leur paraissaient deux facultés ex]clusives l'une de l'autre.

En somme, les facultés psychiques semblent avoir suivi un mode d'évolution peu différent de celui des organismes eux-mêmes. Les organismes primitifs présentent un très grand nombre de parties, semblables entre elles, capables de se prêter chacune à l'accomplissement imparfait d'actes nombreux; quand ils se perfectionnent, le nombre des parties se réduit au strict nécessaire, et chaque partie, modifiée dans sa forme, n'est plus propre qu'à l'accomplissement d'un acte déterminé [qu'elle accomplit alors avec une merveilleuse précision; de même la vague intelligence des animaux inférieurs semble se diviser, quand ils s'élèvent, en facultés spéciales qui n'entrent en jeu que dans des conditions particulières et tendent chacune vers un but déterminé.

Rapports des espèces fossiles et des espèces vivantes ¹. — Des faits jusqu'ici rassemblés dans ce chapitre on peut dégager les conséquences suivantes :

1° Il y a entre la structure des animaux et les milieux dans lesquels ils vivent, les corps bruts ou organisés avec qui ils sont en contact habituel, un rapport tel que ces êtres semblent ordinairement placés dans les meilleures conditions pour utiliser leurs organes. Cette règle n'est cependant pas absolue, de sorte qu'on ne peut expliquer les rapports des êtres vivants avec le milieu en supposant qu'ils ont été faits, une fois pour toutes, pour ce milieu.

2° On trouve de fréquents indices que, sans changer tout d'abord de structure, certains animaux ont changé cependant de milieu, et ont modifié dans le milieu nouveau l'usage qu'ils faisaient auparavant de leurs organes.

3° La façon dont les animaux, sollicités par le milieu qui les entoure, usent de leurs organes, est pour ces derniers une cause importante de modification.

4° Les agents physiques, les conditions de nutrition et d'une manière générale les actions que subit un animal de la part du milieu extérieur, tendent à le modifier soit directement, soit par l'intermédiaire des réactions que provoquent ces actions.

5° Les modifications subies par un organe peuvent retentir sur les organes qui sont en rapport de nutrition avec lui et provoquer ainsi des modifications corrélatives.

6° L'incessante multiplication des éléments anatomiques pendant la vie est une cause nouvelle de modifications spontanées dont les effets sont cependant réglés de manière que le même individu ne présente, au cours de sa vie, que des modifications peu différentes de celles des autres individus de son espèce.

7° On peut admettre que les diverses formes de la lutte pour la vie, qu'elle s'établisse au point de vue de la nutrition ou au point de vue de la reproduction,

¹ VOIR ALBERT GAUDRY, *Les enchainements du monde animal*; HOERNES, *Manuel de paléontologie*; ZITTEL, *Traité de paléontologie*.

ont une part importante dans la détermination des variations des animaux appelées à subsister.

8° Les espèces ne sont pas des entités isolées; elles sont liées par des ressemblances organiques qui permettent souvent de passer de l'une à l'autre par les transitions les plus ménagées, et ces ressemblances ne sont pas seulement des ressemblances générales d'organisation interne, mais des ressemblances de détail qui semblent impliquer une étroite parenté.

9° Il existe entre les diverses espèces habitant une même contrée des rapports d'adaptation, se manifestant par des caractères qui n'ont pu apparaître qu'après l'établissement de ces rapports et qui impliquent que les espèces qui s'adaptent sont plus récentes que celles auxquelles elles se sont adaptées.

10° Les caractères psychiques présentent les mêmes phénomènes de gradation que les traits de structure.

Ces propositions ont trait aux rapports que les espèces contractent entre elles dans l'espace; s'il existait dans le temps des rapports analogues, ce serait un argument décisif en faveur de l'opinion que les espèces actuelles dérivent réellement des formes vivantes qui les ont précédées.

La démonstration de ces rapports est le but vers lequel tend la PALÉONTOLOGIE. Mais, en raison même des matériaux sur lesquels elle travaille, cette science ne peut la fournir que d'une manière très incomplète. On ne connaît et on ne connaîtra jamais, en effet, qu'une petite partie des formes qui ont vécu dans les âges géologiques antérieurs; aussi est-il surprenant que ce que l'on en sait cadre si exactement avec l'hypothèse d'une évolution continue des formes vivantes. Il résulte, en effet, de toutes les recherches actuelles que les faunes et les flores fossiles ne se sont jamais brusquement modifiées. Les formes d'une période ne se sont pas montrées en bloc, elles ont apparu une à une au milieu des formes anciennes qui ont elles-mêmes disparu de la même façon.

Rien ne distingue le mode paléontologique de disparition des espèces de leur mode actuel de disparition et le fait indéniable que de nouvelles espèces ont successivement apparu durant les temps géologiques pourrait être déjà considéré comme une preuve qu'il en apparaît encore de nos jours.

L'état lacunaire des documents paléontologiques frappe de nullité tous les arguments qu'on a essayé de tirer de l'époque relative d'apparition des divers types. Ces arguments sont d'ailleurs spécieux, car lorsque deux types parents, inégalement parfaits, sont en présence l'un de l'autre, rien n'indique *à priori* quel est celui qui est venu de l'autre; le type le moins parfait peut être, en effet, au lieu d'un type originel, un type dégénéré; tout ce que l'on doit demander à la paléontologie, c'est d'indiquer quelle est de ces deux alternatives celle qui est exacte; elle n'est malheureusement pas toujours en état de donner une réponse à cette question. Il n'en est pas moins nécessaire de tenir rigoureusement compte de ses indications lorsqu'on veut apprécier les rapports généalogiques des êtres; elle ne peut être suppléée que par l'embryogénie et encore dans la mesure restreinte que nous avons indiquée p. 192. Peut-être même est-il regrettable que, dans le groupement des espèces fossiles, les paléontologistes aient adopté les classifications des zoologistes; ces classifications, principalement basées sur des considérations anatomiques, masquent trop souvent les véritables rapports génétiques et risquent d'introduire quelque confusion

dans la façon de présenter les conséquences de l'étude des fossiles. Aussi est-il nécessaire de jeter un coup d'œil sur les résultats jusqu'ici fournis par la paléontologie.

Les Foraminifères, Radiolaires, Éponges, Polypes n'ont pu encore être disposés en séries aboutissant aux espèces actuelles; on connaît cependant parmi eux un assez grand nombre de séries partielles intéressantes. On possède de plus nombreux matériaux, plus méthodiquement groupés en ce qui concerne les Echinodermes. Mais là encore il est impossible de dire quel est le groupe ancestral. Les Cystidés, les Blastoïdes, les Palæocrinoïdes et les Palæostellérides étaient fort abondants durant la période primaire; mais on n'a jusqu'ici aucun moyen de déterminer leur âge relatif, et c'est surtout par des considérations théoriques que l'on attribue aux Cystidés le rôle de progéniteurs communs. La filiation des Crinoïdes, celle des Oursins, en raison du grand nombre de matériaux conservés et du bon état de leur conservation, ont pu être également rangés en séries d'une certaine étendue, mais qu'il est encore impossible de raccorder les unes aux autres. On a trouvé cependant quelques passages des Crinoïdes tessellés aux articulés (*Stemmatocrinus* et *Encrinus*, *Heterocrinus* et *Pentacrinus*, *Belemnocrinus*, *Apiocrinus* et *Rhizocrinus*); d'autres des Oursins réguliers aux Clypéastroïdes et aux Spatangoïdes qu'on sait être les formes les plus récentes.

Les documents relatifs aux Arthropodes sont encore fort incomplets. Ces animaux débutent, conformément à la théorie, par des formes dont les appendices sont très peu différenciés : les Trilobites, les Euryptérides, dont les appendices buccaux avaient encore la forme de pattes. De ces derniers dérivent les Limules et très probablement les Scorpions qui remontent jusqu'au Silurien supérieur. L'origine des Crustacés et des Insectes est plus obscure; mais ces derniers débutent aussi par des formes peu différenciées (NEUROTHOPTÈRES, BLATTIDES), et c'est seulement pendant la période secondaire que se multiplient les formes à bouche modifiée pour la succion.

Une nuit profonde et qui ne sera jamais pénétrée enveloppe l'histoire paléontologique des animaux mous. Mais dès les temps cambriens apparaissent les Brachiopodes qui ont été admirablement conservés. Les Brachiopodes sans charnière (*Lingula*, *Lingulella*, *Obolus*, *Discina*; etc.) se montrent les premiers. Presque en même temps apparaissent les *Orthis*, les plus anciens des Brachiopodes à charnière; il est impossible de dire comment se relie les nombreux genres qui se montrent et disparaissent durant la période primaire. On connaît peu de Brachiopodes permien; mais tout à coup durant le Trias les genres se multiplient de nouveau, cette multiplication se poursuit durant le Jurassique dont les formes de Rhynchonellides et de Térébratulides semblent se modifier pour constituer celles de la période crétacée.

Les Bryozoaires paraissent d'apparition plus récente, mais on n'a sur leur généalogie que des données insuffisantes.

Les trois grandes classes des Mollusques sont déjà constituées avant la fin du Silurien. Les Gastéropodes, les Céphalopodes et les Ptéropodes paraissent les premiers; les Lamellibranches ensuite, ce qui tendrait à établir qu'ils ne sont qu'une modification des Gastéropodes. Parmi les genres cambriens de Gastéropodes on peut citer les suivants : *Pleurotomaria*, *Bellerophon*, *Euomphalus*, *Capulus*. Viennent ensuite les Turbos, les Troques. Les représentants actuels de la plupart de ces genres ont une structure très particulière; leur cœur présente deux oreillettes et son ventricule est traversé par le rectum. Cette double disposition est presque constante

chez les Lamellibranches actuels; les Céphalopodes ont aussi, pour le moins, deux oreillettes au cœur. Il y avait donc, durant la période primaire, une grande conformité dans la structure du cœur des représentants des trois classes de Mollusques. Il est également à remarquer que tous les Mollusques dont la coquille présente une nacre brillante (Turbonidés, Aviculidés, Nautilidés) remontent jusqu'à cette période; les formes appartenant à des groupes plus récents n'ont qu'une nacre terne ou porcelanée. Les Céphalopodes et les Lamellibranches ont gardé leur structure fondamentale; mais les Gastéropodes se sont rapidement modifiés. Ils ont successivement perdu une branchie, un rein (Néritidés), une oreillette du cœur (Patellidés, Monotocardes) en même temps que le bord de leur manteau, uni pendant la période primaire, commençait à s'allonger en siphon chez les Cérithidés, les *Fusus* et les *Fasciolaria* du Trias. C'est à partir de ce moment que les Gastéropodes prosobranches devenus monobranchiés, monotocardes, et, en apparence, mononéphridés, évoluent rapidement vers les formes supérieures des Sténoglosses.

Les Céphalopodes ont atteint leur apogée durant la période secondaire où le nombre des Ammonitidés devient immense. Ici les formes se succèdent en série continue. Les Tétrabranches (ORTHOCERATIDÆ) dominent pendant la période primaire; un seul de leurs nombreux genres a traversé les périodes suivantes, et a abouti aux Nautilés actuels. Déjà cependant durant la période primaire apparaissent deux genres de Dibranches dont les rapports avec les Tétrabranches sont inconnus, les genres *Clymenia* et *Goniatites*. A partir de ces deux genres Mojsisovicz a pu reconstituer toute la généalogie des Ammonites secondaires, qui se divisent ainsi en deux séries: les Ammonites à coquille ornée (TRACHYOSTRACA) se rattachant par les *Ceratites* aux *Clymenia*; les Ammonites à test dépourvu d'ornement (LEIOSTRACA) qui se rattachent aux *Goniatites* et se divisent elles-mêmes en deux séries, les ARCESTIDÆ et les PINACOCERATIDÆ. C'est à la division des LEIOSTRACA que se relie sans doute le dernier descendant bien dégénéré des Ammonites, la petite *Spirula Peroni*, de nos mers chaudes.

De cette étude des AMMONITIDÉS se dégage une règle importante: c'est que les genres ne procèdent pas en série continue les uns des autres; au contraire les divers groupes d'espèces des genres les plus anciens paraissent avoir simultanément donné naissance à tout un groupe de genres nouveaux.

La généalogie des Lamellibranches débute par des formes dont un grand nombre sont mobiles, byssifères et à longue charnière: NUCULIDÆ, ARCADÆ, TRIGONIADÆ, AVICULIDÆ; mais à ces formes s'ajoutent très rapidement les CARDIIDÆ et même des formes pourvues de siphon telles que les LUCINIDÆ. La forme de la branchie des NUCULIDÆ qui rappelle celle des Gastéropodes, la forme même du pied de ces animaux semblent indiquer que c'est là une famille très rapprochée des formes primitives qui se seraient détachées des Gastéropodes. Tous les anciens Lamellibranches ont deux muscles adducteurs à leur coquille. C'est seulement dans le Carbonifère qu'apparaissent les Lamellibranches à un seul muscle adducteur (PECTINIDÆ, LIMIDÆ) qui se complètent dans le Trias par l'adjonction des SPONDYLIDÆ, des OSTREIDÆ et des ANOMIDÆ, tandis qu'augmente peu à peu le nombre des Dimyaires pourvus de siphons, qui manquaient tout d'abord. Là encore se manifeste, par conséquent, une évolution graduelle bien marquée.

Cette gradation est plus évidente peut-être chez les Vertébrés. L'apparition de ces organismes élevés est tardive. Ce sont d'abord des Vertébrés aquatiques, des

Poissons, à squelette interne cartilagineux, à squelette externe peu développé, probablement voisins de nos Sélaciens actuels, qui se montrent dans le Silurien supérieur. Le faible développement des pièces solides chez ces Poissons est favorable à l'idée que les premiers Vertébrés n'avaient pour tout squelette qu'une corde dorsale comme l'*Amphioxus*, et pouvaient se rapprocher beaucoup, sous ce rapport, des Invertébrés; mais aucune empreinte n'est restée qui nous donne quelque indication au sujet de l'origine des Vertébrés, et c'est par une erreur de méthode qu'on a pu un moment penser que les Tuniciers, déformés par la fixation au sol, ou l'*Amphioxus* qui est pleuronecte et dissymétrique, pouvaient être considérés comme établissant un passage entre les Vertébrés et les Invertébrés. Aux Poissons à faible squelette dermique s'ajoutent, dans le Dévonien, de nombreux et singuliers Poissons à squelette dermique extraordinairement puissant, si bien que beaucoup d'entre eux paraissaient enfermés dans une sorte de coffre (*Pterichthys*, *Coccosteus*). Ces singuliers animaux appartiennent à la série des Poissons ganoïdes dont quelques formes anciennes (*Acanthodes* du Permien) rappellent les Sélaciens, tandis que d'autres passent aux Dipnés (CROSSOPTERYGIDÆ) ou aux Poissons osseux (LEPTOLEPIDÆ, du jurassique). C'est, en effet, seulement durant la période secondaire que les Poissons osseux commencent à jouer un rôle important; ils arrivent, dans le Crétacé, au premier plan qu'occupaient jusque-là les Ganoïdes. Les Poissons osseux ne proviennent d'ailleurs pas non plus d'un genre déterminé, unique, de Ganoïdes. Les Ganoïdes secondaires se laissent déjà répartir en un certain nombre de groupes dont chacun paraît avoir été l'origine d'une série particulière de Poissons osseux.

Cependant dans le Permien se rencontrent déjà des Dipnés (*Megapleuron*, *Ceratodus*) qui datent probablement de plus loin, car ces Poissons établissent manifestement un lien entre les Ganoïdes et les premiers Vertébrés marcheurs que la constitution de leurs membres, combinée avec la présence d'un poumon, prédestine à la vie terrestre, et dont les plus anciens se trouvent aussi dans le Permien; chez beaucoup de ces animaux la colonne vertébrale contient encore des restes de la corde dorsale qui peuvent être prédominants dans le corps même des vertèbres (*Branchiosaurus*, *Protriton*, *Pleurosaurus*, *Apateon*, *Pelosaurus*) ou dans les intervalles vertébraux (*Hylonomus*, *Archegosaurus*, *Microbrachis*, *Dolichosoma*, *Labyrinthodon*, etc.). Par ces caractères ces Batraciens se rapprochent encore des Poissons. Le corps de leurs vertèbres est souvent divisé en trois pièces distinctes (*Archegosaurus*, *Actinodon*, *Euchirosaurus*, d'Europe, *Trimerorachis*, *Rachitomus*, d'Amérique). Le cou porte des branchies persistantes (*Dolichosoma*), ou réduites, à l'état adulte (*Branchiosaurus*), ou n'existant que dans le jeune âge. A la différence des Batraciens actuels un grand nombre de formes ont les os du crâne recouverts de plaques osseuses brillantes, rappelant celles des Ganoïdes (*Archegosaurus* et autres GANOCÉPHALES); leur corps était aussi protégé par des écailles recouvrant le corps tout entier (*Branchiosaurus*, *Hylonomus*) ou tout au moins la face ventrale (*Urocordylus*, *Keraterpeton*, *Archegosaurus*, *Actinodon*). Les os de la tête présentaient des canaux muqueux comme ceux des Poissons; le crâne comprenait des os qui manquent aux Batraciens actuels (post-orbitaire, supratemporal, épitiques, supraoccipital); la sclérotique était souvent soutenue par un anneau de pièces osseuses, comme chez les Enalliosauriens, et l'existence d'une fontanelle interpariétale fait supposer que quelques-uns d'entre eux avaient un œil impair (*Branchiosaurus*, *Pelosaurus*, *Apateon* et les autres STÉGOCÉPHALES).

Les Amphibiens primaires affectent déjà des formes analogues à celles de nos Batraciens et de nos Reptiles proprement dits. Les *Labyrinthodon* avec leur queue courte et leurs membres postérieurs souvent plus développés que les antérieurs, rappellent un peu nos Anoures ; mais le squelette de ces précurseurs de nos animaux terrestres diffère suffisamment du squelette de ces derniers pour que l'on puisse hésiter sur la réalité d'une filiation directe. Il existe cependant entre eux des rapports qu'on peut interpréter comme des rapports de descendance : le *Protriton*, le *Pleurosaurus*, le *Branchiosaurus* présentent à l'état permanent certains caractères des jeunes *Archegosaurus*, et ce dernier possédait également des traits d'organisation qui ne sont que transitoires chez les *Actinodon* et *Euchirosaurus* (A. Gaudry).

Le passage des Batraciens aux Reptiles s'est fait durant la période primaire, car on connaît déjà de vrais Reptiles dans le Permien, tels que le *Stereorachis*, d'Igornay, le *Proterosaurus* et le *Parasaurus*. On sait (p. 320) l'importance des Reptiles durant la période secondaire. L'extrême variété des formes, leurs adaptations en sens si divers montrent suffisamment qu'il ne saurait être question de voir dans ce luxuriant épanouissement une simple préparation à l'avènement des Vertébrés plus élevés. Comme les Brachiopodes et les Batraciens des temps primaires, comme les Ammonites et les Bélemnites leurs contemporains, les Reptiles évoluent en raison de la place vacante qu'ils trouvent devant eux et la puissance qu'ils atteignent est proportionnelle à la liberté de leur expansion. Cette évolution se poursuit jusqu'à la période crétacée ; mais ici s'accroît un mouvement rétrograde de tous ceux des types Reptiliens qui sont en concurrence avec les Oiseaux et les Mammifères, en raison de leur genre de vie ; les types analogues à ceux de nos Reptiles actuels, les Sauriens, les Chéloniens, les Crocodiliens continuent seuls à prospérer et à se diversifier. Un Serpent crétacé (*Simoliophis Rochebruni*) indique que la séparation des Ophiidiens et des Sauriens date de la période secondaire ; mais durant toute cette période, la place des vrais Serpents est occupée par des animaux à membres courts, possédant un délicat sternum et un anneau sclérotique, les Pythonomorphes (*Mosasaurus*, *Leiodon*, *Clidastes*, etc.).

Parmi toutes ces formes, si différentes des formes actuelles, les Dinosauriens constituent de nombreuses transitions, d'ailleurs désordonnées dans leur ensemble, vers les Oiseaux dont les *Compsognathus* sont jusqu'ici les plus proches parents. Les *Archæopteryx* du calcaire lithographique de Solenhofen (Kimmeridjien), les Odontornithes (*Hesperornis*, *Ichthyornis*), de la craie d'Amérique, rappellent encore les Reptiles, le premier par ses ailes terminées par de véritables doigts armés de griffes, comme celles des Autruches ; les seconds par leur mandibule armée de dents. L'évolution des Oiseaux semble s'être produite durant la période crétacée ; malheureusement les terrains connus de cette période sont presque tous marins ; il existe donc une grande lacune, au point de vue des faunes terrestres, entre les terrains oolithiques et les terrains tertiaires, et, au début de la période éocène, quand les formations lacustres reparaissent, les principaux types d'Oiseaux actuels sont déjà constitués.

Que les Mammifères aient eu, à un certain moment, une étroite parenté avec les Reptiles, l'organisation des Monotrèmes actuels suffit à le démontrer. L'existence de deux condyles occipitaux chez tous les Mammifères conduit même à penser que les Reptiles progéniteurs des Mammifères dérivait des Batraciens par une branche différente de celle qui a fourni les Reptiles actuels et les Oiseaux. Par une singularité

que nous montre plus d'une fois l'histoire des fossiles, cette branche n'a pas été retrouvée. Owen a bien décrit des Reptiles triasiques du sud de l'Afrique, dont il a fait le groupe des Thériodontes (*Galesaurus*, *Cynodraco*, *Ælurosaurus*, *Lycosaurus*, *Tigrisuchus*, etc.); leur dentition présente de curieuses analogies avec celles des Mammifères, leurs membres même rappellent à quelques égards ceux des Monotrèmes; mais ces ressemblances sont presque les seules, et nous sommes habitués à voir les caractères secondaires se représenter plusieurs fois, avec le même aspect, dans des séries généalogiques d'ailleurs absolument différentes. Nous n'avons donc pour le moment aucune idée précise sur les ancêtres des Mammifères. Nous savons seulement qu'il existe déjà des Marsupiaux de divers types dans les couches supérieures du Trias (*Microlestes*, *Hypsiprymnopsis*), du Rhétien du Wurtemberg et du Somerset, du Trias de la Caroline du Nord (*Dromatherium*), etc. Les Marsupiaux continuent leur évolution durant le jurassique. L'étude des Mammifères crétacés, qui en est encore à ses débuts, montrera sans doute comment s'est fait le passage de ces animaux aux Mammifères placentaires. L'histoire de ces derniers a été merveilleusement élucidée par les travaux de Gaudry, de Marsh, de Cope, de Filhol, de Woldemar Kowalevsky, de Boule. C'est jusqu'ici l'Amérique qui a fourni les documents les plus complets pour les premiers temps de cette histoire. Nous avons déjà indiqué p. 330 comment on peut suivre l'histoire des modifications des membres des Ongulés, depuis le *Phenacodon* découvert par Cope dans l'Eocène de l'Amérique du Nord, et dont le *Coryphodon* européen n'est pas encore très éloigné. L'histoire des modifications de la dentition n'a pas été faite d'une manière moins complète (p. 325 et 331); nous retrouvons là, comme en ce qui concerne les rapports des Oiseaux et des Reptiles, les variations en tous sens des différents caractères, desquelles se dégagent les combinaisons les mieux adaptées à la nature actuelle. Il semble, d'après les caractères que présentent les membres de l'*Ancylotherium* et la tête du *Macrotherium* que M. Filhol considère comme appartenant au même animal, que le groupe des Edentés herbivores se rattache lui-même à la série des Ongulés auxquels Marsh les relie, de son côté, par les Tillodontes.

Il ne serait pas impossible que les Insectivores, les Lémuriens, les Rongeurs, les Carnassiers fussent issus directement de formes distinctes de Marsupiaux. Sur ce point, on ne peut faire que des hypothèses. Mais M. Sirodot a pu remonter des Eléphants actuels au Mammouth, et de nombreuses transitions des Eléphants aux Mastodontes sont déjà connues. Si, d'autre part, l'on considère le groupe bien défini des Carnassiers, les affinités des formes actuelles se précisent. L'*Hyænodon*, le *Pterodon*, l'*Arctocyon*, la *Proviverra* ont encore, au début de la période tertiaire, des caractères de Marsupiaux. Pendant la période miocène, nous trouvons à côté de quelques formes apparentées aux Chiens (*Amphicyon*), un type extrêmement variable (*Cynodictis*) et variant d'une manière désordonnée, de manière à confiner à la fois au type Chien et au type Chat, mais se rapprochant surtout du type Civette. C'est de ce groupe si curieux, duquel les véritables Chiens semblent être demeurés indépendants, que se seraient successivement ou simultanément détachés les Renards (M. Boule), les Hyènes, les Martres, les Putois et les Chats. On remarquera que les recherches paléontologiques les plus récentes autorisent à considérer comme ayant une origine distincte les Renards et les Chiens, que la plupart des zoologistes classent cependant dans le même genre. Il y a plus, les Loups, les

Chacals et les Chiens, sont déjà distincts dès la période pliocène (Boule), et nous avons vu qu'il en est de même de nos races de Chevaux et de Bœufs.

Des documents actuellement connus relativement à l'évolution des Mammifères, il résulte que certains groupes aujourd'hui confinés dans des régions limitées du Globe étaient autrefois répandus partout. On ne trouve plus de Monotrèmes que dans la région australienne, qui ne comprend guère, en fait de Mammifères, que des Marsupiaux; hors de cette région, les Marsupiaux ne se retrouvent plus qu'en Amérique (*Didelphis*, *Chironectes*); or l'Europe en nourrissait encore à l'époque éocène. Comme ils ont disparu de nos contrées depuis cette époque, il est vraisemblable que l'Australie s'est séparée avant l'ère eocène du continent euréo-asiatique; mais qu'elle est demeurée plus longtemps unie, tout au moins, à l'Amérique du Sud. La présence des Oiseaux coureurs du genre *Casoar* à la fois dans l'Inde et dans l'Australie indienne, d'ailleurs, qu'à une époque antérieure à l'éocène ces deux terres ont dû être unies. La répartition des Lémuriens montre de même que Madagascar a été réunie à l'Inde et à l'Afrique à un moment où ces animaux étaient répandus partout, et où les types actuels de Mammifères étaient moins abondants.

Durant la période quaternaire, vivaient encore dans l'Amérique du Sud de nombreux et gigantesques Edentés (*Megatherium*, *Myiodon*, *Megalonyx*, *Glyptodon*) dont les Paresseux, les Fourmiliers et les Tatous sont aujourd'hui les représentants bien réduits. Les Edentés se retrouvent dans l'Inde où ils sont représentés par des espèces de Pangolins; d'autres Pangolins et des Oryctéropes vivent actuellement en Afrique, au delà du Sahara. On pourrait en conclure que l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Asie tropicale ont eu, peu de temps avant la période actuelle, des rapports plus intimes que ceux qui existent aujourd'hui. L'existence d'un Tapir indien et celle de deux Tapirs américains; la présence dans l'Amérique du Sud de grands félins qui ne sont pas sans analogie avec ceux de l'Asie et de l'Afrique, la coexistence de Camélidés et d'Oiseaux coureurs, dans ces mêmes régions, viennent encore à l'appui de cette supposition. Ces animaux s'étant, du reste, répandus dans l'Amérique du Nord (Paresseux, Tatous et Fourmiliers du Mexique et du Guatemala), celle-ci a dû être de bonne heure unie à ce grand continent austral. Il existe également des rapports étroits entre la faune de l'Amérique du Nord, celle de l'Asie et celle de l'Europe pendant la plus grande partie de la période tertiaire. L'Amérique semble nous avoir légué les types premiers des Chevaux et nous lui aurions cédé les Mastodontes qui ont disparu plus tôt dans nos régions, de même que les *Palæotherium* qui ont vécu en Amérique (faune de Nébraska) durant le Miocène. Ainsi en Amérique, deux faunes d'abord distinctes, l'une venant d'un continent boréal, l'autre d'un continent austral, ont dû se mélanger depuis l'époque tertiaire. Mais en interprétant ces faits, il ne faut pas oublier que les mêmes formes originelles ont pu ne pas suivre dans des pays différents la même marche évolutive.

Quelles que soient les obscurités et les difficultés qui subsistent encore, les rapports des espèces vivantes avec les espèces fossiles peuvent certainement, d'après ce qui précède, s'expliquer par l'hypothèse d'une évolution continue des formes vivantes. Il en résultera pour nous une méthode d'exposition que nous devons maintenant préciser en la comparant aux anciennes méthodes.

CHAPITRE VIII

CLASSIFICATIONS

Période antérieure à Linné ¹. — D'après tout ce que contient le chapitre précédent, s'il n'est pas absolument démontré que les espèces soient variables, il est au moins établi que la continuité domine tous leurs rapports, que les formes les plus éloignées sont reliées les unes aux autres par d'insensibles transitions, même dans la nature actuelle. De tout temps ces transitions ont frappé les naturalistes et c'est pour mettre en relief les divers degrés de ressemblance qu'ils apercevaient entre les êtres vivants qu'ils ont imaginé les *classifications*, c'est-à-dire des arrangements réguliers dans lesquels les espèces les plus semblables sont réunies en *genres*, les genres en *familles* et les familles en *classes*.

On fait ordinairement remonter jusqu'à Aristote l'idée de ces arrangements; mais Aristote ne s'est jamais proposé la confection d'un catalogue des productions naturelles rangées dans un ordre méthodique; il étudie ces productions en elles-mêmes, les compare les unes aux autres, en se plaçant à divers points de vue, et exprime le résultat de ses comparaisons en divisant les êtres en catégories qui changent naturellement avec le point de vue auquel il se place et auxquelles il applique des dénominations particulières quelquefois empruntées au langage courant, d'autres fois créées par lui à l'aide de combinaisons de mots exprimant les caractères qu'il veut mettre en relief.

Aristote ne cherche pas d'ailleurs à établir une hiérarchie rigoureuse entre ces catégories, encore moins à désigner par un nom particulier chaque degré d'une hiérarchie qu'il n'a pas constituée. Cependant les catégories de moindre étendue sont souvent désignées sous le nom de εἶδος lorsqu'il les compare aux catégories plus étendues ou γένος dans lesquelles elles se rangent, et qui suivant leur importance sont désignées sous le nom de γένη μέγιστα ou de γένη μέγιστα. L'espèce s'appelle γένος quand elle est considérée d'une manière absolue ou par rapport aux individus, εἶδος quand elle est considérée comme une subdivision d'une catégorie plus générale. Quoiqu'il ne le dise pas d'une manière absolument dogmatique, Aristote considère d'ailleurs comme de même espèce « les animaux qui s'accouplent entre eux et dont

¹ Consulter pour l'histoire des classifications jusques et y compris celle d'Hæckel : AGASSIZ, *De l'espèce et de la classification en zoologie*. Trad. franç. par Vogeli. 1869.

l'accouplement est fécond », et les animaux *homophyles*, c'est-à-dire qui peuvent être regardés comme descendant de parents communs; mais il admet des accouplements monstrueux.

Parmi les rapprochements auxquels il a été conduit, il en est un que l'on représente d'ordinaire comme sa classification parce qu'il lui a servi à établir les chapitres de son Histoire naturelle, et qu'il est d'ailleurs le plus rapproché de nos arrangements actuels. Le Règne animal s'y trouve réparti en deux grandes catégories, subdivisées elles-mêmes en quatre autres, comme l'indique le tableau suivant :

CLASSIFICATION DITE D'ARISTOTE

ANIMAUX POURVUS DE SANG (εναιμα).

1. Quadrupèdes vivipares (τετράποδα ζωοτοκοῦντα ἐν αὐτοῖς).
2. Oiseaux (ὄρνιθες).
3. Quadrupèdes et apodes ovipares (τετράποδα ἢ ἀποδα ᾠοτοκοῦντα).
4. Poissons (ἰχθύες).

ANIMAUX EXSANGUES (αναιμα).

5. Mollusques (μαλακία) ne comprenant que nos Céphalopodes.
6. Malacostracés (μαλακόστρακα) équivalents à nos Crustacés.
7. Insectes (ἔντομα).
8. Testacés (ὄστρακόδερματα), comprenant les Oursins et nos Mollusques à coquille univalve ou bivalve.

La division des animaux en sanguins et exsangués correspond à la division en Vertébrés et Invertébrés qui sera reprise par Lamarck et qui est demeurée sinon dans la science, au moins dans le langage courant des naturalistes. Aristote connaissait d'ailleurs parfaitement les rapports qui existent entre les Baleines, les Chauves-Souris et les Quadrupèdes vivipares. Il séparait aussi les Autruches des Oiseaux, et l'on demeure émerveillé de la précision de ses connaissances comme de la justesse de ses appréciations. On peut considérer Wotton (1552) comme ayant extrait des œuvres d'Aristote la classification qu'elle contenait en germe.

Jusqu'au xvi^e siècle, l'histoire naturelle des animaux n'avait pas fait un pas; l'invention de l'imprimerie (1431), en répandant les connaissances acquises, la découverte de l'Amérique (1492), en faisant connaître une multitude d'animaux propres aux régions nouvellement explorées, donnent un nouvel essor aux connaissances zoologiques. Belon (1518-1564), Rondelet (1507-1566), Conrad Gessner (1516-1565), Aldrovande (1527-1605), Lister (1681), Rumpf (1705), Petiver (1711), Breyn (1733), Linck (1733), Seba (1761), publient sur l'histoire de groupes zoologiques limités ou sur l'ensemble du règne animal d'importants ouvrages où l'on trouve des essais plus ou moins heureux des groupements méthodiques; mais l'idée d'une division hiérarchique du Règne animal ne s'est pas encore nettement précisée; la notion même de l'espèce demeure flottante, obscurcie qu'elle est, au moins pour une part, par la croyance presque générale à la génération spontanée ou aux transmutations miraculeuses de certaines formes.

Linné. — La nécessité d'un groupement des productions vivantes dans un ordre tel qu'il soit facile de les retrouver et de les reconnaître facilement s'impose bientôt. C'est le but que poursuit Linné, dans une série d'ouvrages relatifs aux diverses branches des sciences naturelles et surtout dans le *Systema naturæ* (1735), qui lui a valu d'être considéré comme le réformateur de ces sciences. Linné accepte, nous l'avons vu, la notion de l'espèce telle que Ray l'a définie, tout en admettant que les espèces sont susceptibles de présenter de légères modifications de forme qu'il nomme *variétés*. Il traite cependant, en fait, les espèces comme autant d'entités distinctes, qui se seraient perpétuées sans mélange depuis l'origine des choses. Tous les individus d'une même espèce étant à peu près identiques entre eux, l'espèce peut être considérée comme une unité ; ce sont ces unités qu'à partir de Linné tous les classificateurs se proposent de grouper dans un ordre méthodique. Pour parvenir à cet ordre, Linné imagine d'abord de donner un nom à chacun des degrés de la hiérarchie que les naturalistes reconnaissent d'instinct dans les divisions qu'ils instituent, mais qu'ils n'ont pas songé à définir par des règles précises. Il réunit en un même *genre* les espèces qui se ressemblent le plus ; les genres les moins différents sont groupés en *ordres* et les ordres en *classes*, et il exprime l'idée qu'il se fait de ces divisions en les comparant aux divisions de la hiérarchie administrative ou militaire.

Aux dénominations compliquées et capricieuses en usage jusque-là, il substitue une méthode de dénomination déjà appliquée par divers auteurs, Linck notamment (1733), à des groupes spéciaux et calquée sur la méthode même de l'état civil. Chaque espèce portera désormais un *nom*, celui du genre auquel elle appartient ; un *prénom*, qui la distinguera parmi les espèces du même genre. Linné applique ce système de dénomination d'abord aux espèces scandinaves (*Pan suecica*, 1749), puis aux plantes connues de son temps (*Species plantarum*, 1753), enfin à tous les êtres vivants (*Systema naturæ*, 12^e édition, 1766). C'est là ce qu'on appelle la *nomenclature binaire*, aujourd'hui universellement adoptée, si bien que d'importantes réunions ou associations de naturalistes ont décrété, non sans quelque injustice, la déchéance de tous les noms antérieurs à Linné, fussent-ils conformes aux règles de nomenclature qu'il avait tracées.

Linné en établissant son *Système de la nature* n'a d'autre ambition que de dresser un catalogue pratique à l'aide duquel chaque espèce puisse être facilement reconnue. Peu importe dès lors la nature des caractères à l'aide desquels sont définis les classes, les ordres, les *familles* dans lesquelles Batsch divise bientôt les ordres, les genres qui rentrent dans ces familles et les espèces. L'essentiel est que ces caractères soient facilement reconnaissables, que le catalogue des animaux soit facilement accessible. Linné ne donne en conséquence sa classification que comme un *système artificiel*, et son système des animaux ne diffère de celui d'Aristote que par des modifications qui, on doit le reconnaître, ne sont pas très heureuses. La division des animaux sanguins et exsangues est supprimée ; et dans la division des animaux exsangues il n'y a plus que deux classes : celle des Insectes comprenant les Arthropodes terrestres et celle des Vers où sont réunis tout le reste des animaux. En outre Linné range parmi les Reptiles tous les Poissons cartilagineux, et un certain nombre de Poissons osseux, plus ou moins aberrants, les Pédiculés, les Discoboles, les Sclérodermes, les Lophobranches, familles dont les Baudroies, les Cycloptères,

les Coffres et les Hippocampes sont les types respectifs. Le Règne animal est ainsi divisé en six classes :

CLASSIFICATION DE LINNÉ (1766)

1. **Mammalia.** Primates, Bruta, Feræ, Glires, Pecora, Belluæ, Cete.
2. **Avés.** Accipitres, Picæ, Anseres, Grallæ, Grallinæ, Passeres.
3. **Amphibia.** Reptiles, Serpentes, Nantes.
4. **Pisces.** Apodes, Jugulares, Thoracici, Abdominales.
5. **Insecta** (tous les Arthropodes). Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Nevroptera, Hymenoptera, Diptera, Aptera.
6. **Vermes.** Intestina, Mollusca, Testacea, Lithophyta, Zoophyta.

Vues philosophiques sur les rapports naturels des animaux. — Le XVIII^e siècle était trop imprégné de philosophie pour qu'un esprit aussi élevé que celui de Linné pût se contenter d'un catalogue de la nature dressé d'après des caractères arbitraires. Aussi à côté des *systèmes artificiels*, dont le nombre est infini, Linné conçoit-il une *méthode naturelle* essentiellement *une*, comme la nature dont elle doit fidèlement représenter le plan. Linné ne juge pas la science assez avancée pour lui permettre de tenter l'établissement d'une pareille méthode; il laisse à ses successeurs le soin d'y arriver par une série d'approximations successives. Désormais la recherche de cette *méthode naturelle* tient une grande place dans l'esprit des nomenclateurs. Qu'est-ce que cette méthode? Le jour où elle sera trouvée, à quoi sera-t-elle reconnaissable? Qu'est-ce que ce *plan de la nature* qu'on prétend lui faire représenter? Qu'est-ce que la nature elle-même et d'où viennent les règles auxquelles on la prétend soumise? Les explications que l'on donne sur ces différents points ne sont ni très claires, ni très scientifiques, et ce qui s'en dégage le plus nettement, c'est un vague besoin pour les naturalistes de s'élever au delà de la simple observation des faits, jusqu'à quelque conception générale du monde, pouvant tenir lieu d'une explication qui leur semble interdite. La philosophie de Leibniz paraît surtout avoir inspiré ces spéculations. « La nature ne fait point de sauts », et Linné considère, en conséquence, comme la méthode naturelle, celle où chaque espèce serait exactement placée de manière à servir de trait d'union à deux autres. Mais la continuité peut s'entendre de diverses façons. Les espèces peuvent former des séries ramifiées, des séries linéaires, des courbes fermées; chacune de ces interprétations trouve ses partisans. Bonnet de Genève se prononce pour la série linéaire; il tente de donner une échelle des êtres qui, pour la Terre, commence aux matières plus subtiles que le feu et s'élève jusqu'à l'Homme, mais qui, si l'on comprend l'Univers entier, s'étend de l'atome au plus parfait des Chérubins (1768). Plus tard, Mac-Lay, dans ses *Horæ entomologicae* (1819-1821), Dugès, dans son *Mémoire sur la conformité organique* (1833), se montreront partisans de séries circulaires, multiples et tangentés entre elles.

La métaphysique a été imaginée pour suppléer à l'impuissance de la physique : il était fatal qu'elle envahit de plus en plus une science qui repoussait d'avance tout essai d'explication rationnelle des formes vivantes. C'est en Allemagne surtout qu'elle arrive à régner en maîtresse. Sous l'influence des doctrines de Schelling se

fonde l'*Ecole des Philosophes de la nature* (qui compte parmi ses adeptes Oken, Kieser, Bojanus, Spix, Burdach, Carus, etc.), qui en arrive à considérer l'Homme comme le prototype de l'Univers et les animaux comme représentant simplement des organes ou des systèmes d'organes de l'Homme, combinés d'une manière plus ou moins complexe. Cette idée est le point de départ des classifications successivement publiées par Oken de 1816 à 1842 et de celle de Fitzinger (*Systema reptilium*, 1843).

En France, pour être plus modérées, les tendances philosophiques n'en sont pas moins puissantes; quoi qu'on en ait pu dire, elles imprègnent aussi bien les travaux de Cuvier que ceux de Geoffroy Saint-Hilaire. L'étude trop exclusive des animaux vertébrés, l'ignorance où l'on demeure longtemps du mode d'organisation des animaux exsangues d'Aristote, favorise le développement d'une doctrine dont on peut considérer Buffon comme le promoteur, mais à laquelle, par ses nombreux travaux, par les heureuses déductions qu'il a su en tirer (*théorie des analogues*, basée sur le *principe des connexions*, p. 73 à 78; *théorie des organes rudimentaires*, basée sur le *principe du balancement des organes*, p. 341; *tératologie*, basée sur ces deux principes et sur celui de l'*action des milieux*), par ses ardentes polémiques avec Cuvier, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire a mérité d'attacher son nom : la théorie de l'*unité de plan de composition* du Règne animal. Goethe et Ehrenberg, en Allemagne, ont avec Étienne Geoffroy d'assez grandes affinités. Pour Goethe, les aspects divers des Plantes et des Animaux ne sont que le résultat des modifications de forme que subit un même organite fondamental dont la répétition et les groupements multiples produisent tous les êtres vivants. Ehrenberg, comme Geoffroy, croit à l'égale complexité de tous les êtres vivants, formés des mêmes systèmes d'organes, modifiés seulement dans le détail; il traduit cette idée par un système général de classification du Règne animal, ce que Geoffroy n'avait pas essayé (1836). Le système de Dugès (1833) peut être considéré comme traduisant plus spécialement les idées de Goethe sur la *répétition des parties* et sur leurs *métamorphoses* ou, comme nous dirions aujourd'hui, leurs différenciations. Les classifications d'Ehrenberg et de Dugès marquent la phase systématique de l'école philosophique qui gravite autour de l'idée de l'unité de plan de composition.

Georges Cuvier et les classifications anatomiques. — Aristote, Linné et, dans une certaine mesure, Bonnet lui-même, peuvent revendiquer une part d'influence sur l'esprit de Cuvier. Comme Bonnet, Cuvier croit que l'animal adulte résulte simplement de l'*évolution*, c'est-à-dire de l'accroissement en tous sens d'un germe semblable à lui, contenu dans l'œuf; comme Bonnet, il croit à des cataclysmes subits, détruisant par intervalle toute la population du Globe et nécessitant son repeuplement. Comme Linné, il croit à l'absolue fixité des espèces et cherche la méthode naturelle. Il tient enfin d'Aristote le goût de l'observation directe de la nature, l'art de saisir et d'exprimer les corrélations des parties combinées dans un même organisme et le fondement essentiellement finaliste de sa philosophie. Par ce dernier trait, il ressemble encore à Bonnet et à Linné, par les deux premiers il s'élève bien au-dessus d'eux. Familiarisé de bonne heure par de nombreuses dissections avec la structure des animaux exsangues, comme on disait encore au début de sa carrière, il constate dès 1793 la diversité d'organisation des animaux composant la classe des Vers de Linné, et propose de substituer à la 5^e et à la 6^e classe du *Systema naturæ*, les six classes des *Mollusques*, des *Insectes*, des *Crus-*

tacés, des *Vers*, des *Echinodermes* et des *Zoophytes*. Plus tard, il groupe ces six classes en trois embranchements : ceux des Mollusques, des Arthropodes (Insectes et Crustacés) et des Zoophytes (Échinodermes et Zoophytes, dans l'ancienne acception). Les quatre premières classes de Linné sont réunies comme l'avait fait Aristote en un seul embranchement, celui des Vertébrés. Cuvier aurait pu justifier cette classification en s'appuyant uniquement sur le résultat de ses observations anatomiques. Bien qu'il se considère comme le fondateur de ce qu'on a appelé *l'école des faits*, il préfère la rattacher à la doctrine aristotélique du *finalisme*, en qui il voit le fondement philosophique des sciences naturelles, le principe de toutes leurs spéculations. Il en déduit les lois de la *corrélation des formes* et de la *subordination des caractères* ; puis, poursuivant le cours de ses inductions, il arrive, par des considérations toutes théoriques, à voir le caractère des divisions primordiales du Règne animal dans les dispositions diverses du système nerveux, « qui est, dit-il, tout l'animal », qui domine à ce point l'organisation « que tous les autres organes ne sont là que pour l'entretenir et le servir »¹. De là sa division du Règne animal en quatre embranchements fondés sur l'existence exclusive de quatre types de système nerveux (p. 138). Le tableau suivant résume la classification de Cuvier telle qu'elle fut publiée, en 1829, dans la deuxième édition du *Règne animal distribué d'après son organisation* :

CLASSIFICATION DE CUVIER (1812-1829).

PREMIÈRE GRANDE DIVISION DU RÈGNE ANIMAL²

ANIMAUX VERTÉBRÉS

Cerveau et tronc principal du système nerveux enfermés dans une enveloppe osseuse composée du crâne et des vertèbres et aux côtés de laquelle s'attachent les côtes et les os des membres.

Cl. 1. MAMMIFÈRES	{	Bimanes, Quadrumanes, Carnivores, Marsupiaux, Rongeurs, Edentés, Pachydermes, Ruminants, Cétacés.
Cl. 2. OISEAUX	{	Rapaces, Passereaux, Grimpeurs, Gallinacés, Echarsiers, Palmipèdes.
Cl. 3. REPTILES		Chéloniens, Sauriens, Ophidiens, Batraciens.
Cl. 4. POISSONS	{	1 ^{re} série, POISSONS PROPREMENT DITS. { Acanthoptérygiens, Abdominaux, Subbrachiens, Apodes, Lophobranches, Plectognathes.
	{	2 ^e série, CHONDROPTÉRYGIENS OU CARTILAGINEUX. { Sturioniens, Sélaciens, Cyclostomes.

¹ CUVIER, *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. XIX, p. 76, 1812.

² Le mot *embranchement* n'est imprimé que dans une note en bas de la dernière page de l'Introduction.

DEUXIÈME GRANDE DIVISION DU RÈGNE ANIMAL

ANIMAUX MOLLUSQUES

Point de squelette; système nerveux composé de plusieurs masses éparses, réunies par les filets nerveux et dont les principales, placées sur l'œsophage, portent le nom de cerveau.

Cl. 1. **CÉPHALOPODES.**

Cl. 2. **PTÉROPODES.**

Cl. 3. **GASTÉROPODES.** { Pulmonés, Nudibranches, Inférobranches, Tectibranches, Hétéropodes, Pectinibranches, Tubulibranches, Scutibranches, Cyclobranches.

Cl. 4. **ACÉPHALES** | Testacés, Tuniciers.

Cl. 5. **BRACHIOPODES.**

Cl. 6. **CIRRIPODES.**

TROISIÈME GRANDE DIVISION DU RÈGNE ANIMAL

ANIMAUX ARTICULÉS

Système nerveux constitué par deux longs cordons ventraux, renflés d'espace en espace en ganglions, dont le premier est réuni au cerveau, placé au-dessus de l'œsophage, embrassant l'œsophage comme un collier par deux filets.

Cl. 1. **ANNÉLIDES** | Tubicoles, Dorsibranches, Abranches.

Cl. 2. **CRUSTACÉS** { 2^e section : { Branchipodes, Pœcilopodes, Trilobites.
ENTOMOSTRACÉS. {
1^{re} section : { Décapodes, Stomapodes, Amphipodes, Læmodipodes, Isopodes.
MALACOSTRACÉS. {

Cl. 3. **ARACHNIDES** | Pulmonées, Trachiennes.

Cl. 4. **INSECTES** { Myriapodes, Thysanoures, Parasites, Suceurs, Coléoptères, Orthoptères, Hémiptères, Névroptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Rhipiptères, Diptères.

QUATRIÈME GRANDE DIVISION DU RÈGNE ANIMAL

ZOOPHYTES OU ANIMAUX RAYONNÉS

Organes disposés en rayons autour d'un centre, ni système nerveux bien distinct, ni organes des sens.

Cl. 1. **ÉCHINODERMES . . .** | Pédicellés, Apodes.

Cl. 2. **INTESTINAUX** { Cavitaires (*Entozoa nematoidea*, Rudolphi), Lernées, Parenchymateux.

Cl. 3. **ACALÉPHES** | Simples, Hydrostatiques.

Cl. 4. **POLYPES** { Polypes charnus, Actinies, Polypes gélatineux (Hydres, Vorticelles, Pédicellaires des Étoiles de mer et des Oursins); Polypes à polypier (Hydriaires tubicoles, Bryozoaires, Corallines, Coralliaires, Éponges).

Cl. 5. **INFUSOIRES** { Rotifères, Homogènes (Cercaires, Anguillules, Infusoires vrais, Monades, Volvox).

Linné classait les êtres vivants d'après leur forme extérieure. La classification de Cuvier, destinée à servir de plan à ses *Leçons sur l'Anatomie comparée*, est basée essentiellement sur les notions que l'on possède de son temps, et qui lui sont dues pour une bonne part, sur l'organisation des animaux. Les organismes qui, dans chacune de ses grandes divisions du Règne animal, ont fait l'objet de ses recherches sont, en somme, peu nombreux, eu égard à la variété des formes vivantes, et ceux qui ont été le mieux étudiés sont naturellement ceux qui présentent au plus haut degré les caractères de l'embranchement auquel ils appartiennent. Il en résulte, pour chaque embranchement, une impression pareille à celle qui avait fait naître la doctrine de l'*unité de plan de composition*, et qui avait pour origine une étude trop exclusive des Vertébrés. Si les disciples de Cuvier ne croient pas à l'*unité de plan de composition du Règne animal*, ils croient à l'*unité de plan de composition des animaux appartenant à un même embranchement*; ils croient à la séparation complète des embranchements. Pendant longtemps le principal effort des Zoologistes aura pour objet de déterminer, à l'aide du principe des connexions qu'ils empruntent à Geoffroy Saint-Hilaire, le plan véritable duquel dérivent tous les animaux d'un même embranchement; de ramener à l'un de ces plans laborieusement établi toutes les formes, chaque jour plus nombreuses, qui semblent ne pas rentrer dans le cadre tracé par le maître.

Les mêmes faits, envisagés d'un même point de vue, ne sont pas susceptibles d'ailleurs d'être groupés très différemment. Tant que les formes extérieures et l'organisation des Animaux seront étudiées de la même façon, par les mêmes procédés, les divisions établies par les divers auteurs devront se ressembler beaucoup, quelles que soient les divergences de leurs idées théoriques. Ainsi de Blainville, en 1822, a proposé une classification dont on a souvent fait ressortir les analogies avec celle de Cuvier, bien qu'elle ait pour point de départ des principes philosophiques tout différents. De Blainville ne croit pas à l'existence de types de structure isolés; il tente un grand effort pour rajeunir la théorie de la continuité de l'échelle animale. Il fait remarquer que l'on peut disposer les grandes divisions du Règne animal de manière que leurs représentants les plus élevés forment, au point de vue de la complication de la structure, une série décroissante. Dans chaque division la structure va de même, en série décroissante, de manière que les formes inférieures de chaque série peuvent tomber très au-dessous des formes les plus élevées de la série suivante; c'est en cela que consiste sa théorie de la *dégradation des types*. De Blainville admet d'ailleurs que le passage des Vertébrés aux Rayonnés se fait simultanément par deux séries distinctes d'Animaux invertébrés qui sont, comme celle des Articulés et celle des Mollusques, unies entre elles par les groupes secondaires des Cirripèdes et des Oscabrions, constituant ensemble le sous-type des MALENTOZOAIRES. Cuvier fonde ses divisions sur la structure interne des animaux; de Blainville fait surtout appel à la forme extérieure. En cela les deux naturalistes sont plus près l'un de l'autre qu'ils ne pensent: les dispositions diverses du système nerveux sont intimement liées à la constitution du corps, surtout à son mode de symétrie, à son mode de division, soit en rameaux, soit en segments; aussi les types admis par de Blainville ne peuvent-ils s'éloigner beaucoup des embranchements de Cuvier; mais par une innovation qui méritait plus d'attention qu'on ne lui en a accordé, de Blainville groupe les types des Vertébrés, des Articulés,

des Mollusques et des Rayonnés en deux sous-règnes : l'un, celui des Artiozoaires, caractérisé par la symétrie bilatérale du corps; l'autre, celui des Actinozoaires, par la disposition de ses parties en rayons; il établit un 3^e sous-règne, celui des Amorphes, pour les Éponges et les Monades; en outre, il introduit dans la division en classes quelques importants perfectionnements. Ces divisions et les rapports de parenté qu'il leur suppose peuvent être résumés dans le tableau synoptique ci-dessous :

TABLEAU

INDIQUANT LE DOUBLE MODE DE PASSAGE DES OSTÉOZOAIRES AUX ACTINOZOAIRES
D'APRÈS DE BLAINVILLE (1822)

Sous-Règne I. — ARTIOZOAIRES OU ANIMAUX PAIRS.

Type I. — OSTÉOZOAIRES ou Vertébrés.

Sous-Type I. — VIVIPARES.

Homme.

Pilifères ou Mammifères.

Sous-Type II. — OVIPARES.

Pennifères ou Oiseaux.

Squamifères ou Reptiles.

Nudipellifères ou Batraciens.

Pinnifères ou Poissons.

ANOSTÉOZOAIRES

Type II. — ENTOMOZOAIRES

Hexapodes ou Insectes.

Octopodes ou Arachnides.

Décapodes

Hétéropodes

Tétradécapodes

} ou Crustacés.

Myriapodes.

Chétopodes

Apodes

} ou Vers.

Annélidaires.



Type III. — MALACOZOAIRES

Céphalophores.

Acéphalophores.

Palliobranches.

Lamellibranches.

Hétérobranches ou Ascidies.

Sous-Règne II. — ACTINOZOAIRES OU ANIMAUX RAYONNÉS.

Cératodermiaires ou Échinodermes.

Arachnodermiaires ou Méduses.

Zoanthaires ou Actinies.

Polypiaires ou Polypes simples.

Zoophytaires ou Polypes composés.

Sous-Règne III. — AMORPHES.

Spongiaires.

Monadaires ou Infusoires.

Dendrolithaires ou Corallines.

Il était assez facile de transporter dans la classification de Cuvier les améliorations proposées par de Blainville, et comme l'un et l'autre étaient, au fond, d'accord sur la question de l'espèce, aussi bien que sur celle de l'existence de types organiques, on ne peut considérer de Blainville comme ayant donné de la méthode une formule nouvelle. Au contraire, en fournissant par son idée de la dégradation des types un moyen de rattacher aux têtes de lignes des embranchements de Cuvier un grand nombre de formes aberrantes, il donne plus de force à ce mode de division du Règne animal. Richard Owen, Audouin, et surtout Louis Agassiz se sont faits les défenseurs de la théorie de l'existence de types organiques distincts, incarnant chacun une même pensée créatrice, variée seulement dans le détail. L'existence de types organiques ne saurait, en effet, être mise en doute. Un même type s'accuse nettement dans la position relative du tube digestif et du système nerveux chez tous les Vertébrés, et chez tous ceux qui possèdent un squelette osseux, dans la constitution de la tête et des membres, dans celle même de la colonne vertébrale, bien qu'ici le nombre des parties soit variable. Il est également facile, étant donné le système nerveux d'un Gastéropode prosobranche siphonné, de déduire de ce système celui de tous les Gastéropodes et d'y rattacher même celui des autres Mollusques. Tous les Insectes, tous les Crustacés du sous-ordre des Malacostracés sont si bien construits sur le même plan que les animaux si nombreux appartenant à chacun de ces embranchements ont respectivement le même nombre de segments; il suffit d'éliminer les questions de nombre pour qu'il demeure facile de rattacher à ces deux types tous les Arthropodes. On peut en dire autant des Échinodermes dont Cuvier ne faisait qu'une classe de ses Zoophytes. On comprend d'autant mieux qu'en prenant pour point de départ les Vertébrés osseux, les Gastéropodes prosobranches, les Insectes, les Échinodermes, on puisse avoir l'impression qu'il existe réellement quatre grands types organiques qu'on retrouve chez certains Vers la métaméridation du corps que les Insectes présentent à un si haut degré; de même les Méduses, les Coralliaires rappellent la structure rayonnée des Échinodermes. Cependant il est déjà difficile de découvrir des ressemblances très étroites entre les formes élevées d'où les caractères des embranchements ont été déduits et les formes inférieures ou dégradées de plus en plus nombreuses qu'on en rapproche quelque peu arbitrairement. En Allemagne se manifeste une tendance à démembler les embranchements de Cuvier; Siebold et Stannius séparent, comme de Blainville, les Infusoires des Rayonnés et en font l'embranchement des PROTOZOAIREs; ils séparent de même les VERS des ARTHROPODES et constituent pour eux un embranchement distinct (1845); Leuckart accepte cette modification; de plus il substitue aux RAYONNÉS deux embranchements nouveaux, celui des ÉCHINODERMES et celui des COELENTERÉS. Ce dernier comprend les Polypes qui n'ont pas de tube digestif à parois distinctes de celles du corps; on leur adjoindra bientôt les Éponges.

Ce sont là des réformes, pour ainsi dire, nécessaires. Elles brisent cependant certains rapports que Cuvier considérait comme parfaitement naturels et qui, étant donnée la théorie des types, doivent être indiqués dans la méthode. Henri Milne Edwards a concilié ces différents points de vue dans une classification où il conserve les quatre embranchements de Cuvier, mais où il divise chacun d'eux en deux sous-embranchements qui, à la vérité, ne correspondent pas exactement aux embranchements nouvellement proposés des VERS et des PROTOZOAIREs. II. Milne

Edwards rapproche, en outre, les Bryozoaires des Tuniciers et en fait le sous-embanchement des MOLLUSCOÏDES. Sa classification peut se résumer comme il suit :

CLASSIFICATION DE HENRI MILNE EDWARDS (1855).

RÈGNE ANIMAL

PREMIER EMBRANCHEMENT

OSTÉOZOAIRES ou VERTÉBRÉS.

1^{er} sous-embanchement : **Allantoïdiens.**

Classes : MAMMIFÈRES, OISEAUX, REPTILES.

2^e sous-embanchement : **Anallantoïdiens.**

Classes : BATRACIENS, POISSONS.

DEUXIÈME EMBRANCHEMENT

ENTOMOZOAIRES ou ANNELÉS.

1^{er} sous-embanchement : **Arthropodes** ou **Articulés.**

Classes : INSECTES, MYRIAPODES, ARACHNIDES, CRUSTACÉS.

2^e sous-embanchement : **Vers.**

Classes : ANNÉLIDES, HELMINTHES, TURBELLARIÉS, CESTOÏDES, ROTATEURS.

TROISIÈME EMBRANCHEMENT

MALACOZOAIRES ou MOLLUSQUES.

1^{er} sous-embanchement : **Mollusques.**

Classes : CÉPHALOPODES, PTÉROPODES, GASTÉROPODES, ACÉPHALES (comprenant les BRACHIOPODES).

2^e sous-embanchement : **Molluscoïdes.**

Classes : TUNICIERS, BRYOZOAIRES.

QUATRIÈME EMBRANCHEMENT

ZOOPHYTES.

1^{er} sous-embanchement : **Radiaires.**

Classes : ECHINODERMES, ACALÉPHES, CORALLIAIRES ou POLYPES.

2^e sous-embanchement : **Sarcodiaires.**

Classes : INFUSOIRES, SPONGIAIRES.

En examinant ce tableau, on reconnaîtra que les sous-embanchements admis par H. Milne Edwards n'ont pas tous la même valeur. Les deux sous-embanchements des Vertébrés, fondés sur la présence ou l'absence d'une allantoïde pendant le développement, comprennent, au fond, l'un les Vertébrés terrestres, l'autre les Vertébrés aquatiques, animaux essentiellement de même type. Il n'en est plus de même des deux sous-embanchements des Entomozoaires ou Annelés. Les Annélides ont encore de commun avec les Arthropodes la division de leur corps en segments; mais il n'y a aucune ressemblance entre l'organisation d'un segment d'Annélide et celle d'un segment d'Arthropode. Si ces animaux présentent une même disposition des

parties constituant de leur corps, ces parties sont elles-mêmes fort différentes. Les Annélides sont donc beaucoup plus loin des Arthropodes que les Batraciens des Reptiles; la division du corps en segments disparaît même totalement chez les Helminthes et les Turbellariés, de sorte que personne ne songerait à les unir aux Arthropodes dans un même embranchement, si les Annélides n'existaient pas. De même les Molluscoïdes n'ont de commun avec les Mollusques que l'absence de toute segmentation du corps, l'absence de chaîne nerveuse proprement dite et le rapprochement des deux orifices de leur tube digestif qui, dans les autres embranchements, sont, en général, placés aux deux extrémités du corps. En fait, les Tuniciers sont aujourd'hui presque unanimement considérés comme très éloignés des Mollusques; dès lors il n'existe plus aucun terme intermédiaire entre ces animaux et les Bryozoaires. Les divisions du quatrième embranchement sont, au contraire, trop compréhensives. Sans doute les Méduses et les Coralliaires ont les parties de leur corps disposées en rayons comme celles des Échinodermes; mais il y a entre les Méduses et les Coralliaires d'une part, les Échinodermes de l'autre, une distance au moins aussi grande qu'entre les Vers et les Arthropodes, et si les Spongiaires ont avec les Polypes quelque similitude apparente, les études dont les Infusoires ont été l'objet depuis Ehrenberg montrent que ces animaux doivent être mis tout à fait à part.

Aussi s'accorde-t-on, en général, aujourd'hui, sauf quelques divergences de détail, à diviser le Règne animal en neuf embranchements, que Claus ¹ définit ainsi qu'il suit :

DIVISION DU RÈGNE ANIMAL EN NEUF EMBRANCHEMENTS

I. PROTOZOAIRE

Organismes unicellulaires de petite taille, à sarcode différencié. Reproduction principalement asexuelle.

Classes : RHIZOPODES, INFUSOIRES, SPOROZOAIRE.

II. CÉLÉNTÉRÉS

Animaux rayonnés ayant ordinairement deux, quatre ou six plans de symétrie, à mésoderme conjonctif souvent gélatineux, et à cavité centrale servant à la digestion et à la circulation.

1^{er} sous-embranchement. — Classe unique : SPONGIAIRES.

2^e sous-embranchement. — **CNIDAIRES** : Classes, CORALLIAIRES, POLYPOMÉDUSES.

3^e sous-embranchement. — Classe unique : CTÉNOPHORES.

III. ÉCHINODERMES

Animaux rayonnés, le plus souvent à cinq rayons; à squelette dermique calcifié, souvent muni de piquants; présentant un tube digestif et un système vasculaire distincts, un système nerveux et un système ambulacraire.

Classes : CRINOÏDES, CYSTIDÉS, BLASTOÏDES, ASTÉROÏDES, ECHINIDES, HOLOTHURIDES, ENTÉROPNEUSTES.

¹ CLAUS. *Éléments de Zoologie*, trad. française, par G. Moquin-Tandon, 1889, p. 177.

IV. VERS

Animaux bilatéraux, à corps non annelé ou formé de segments semblables (homonomes); dépourvus de membres articulés; pourvus d'une enveloppe musculo-cutanée et de canaux excréteurs pairs (vaisseaux aquifères).

Classes : PLATYHELMINTHES, NEMATHELMINTHES, ANNÉLIDES, ROTIFÈRES, ECHINODÉRIDES, GASTÉROTRICHES.

V. ARTHROPODES

Animaux à symétrie bilatérale; à corps formé de segments hétéronomes portant des appendices articulés (membres); pourvus d'un cerveau et d'une chaîne ganglionnaire abdominale.

Classes : CRUSTACÉS, ARACHNIDES, ONYCHOPHORES, MYRIAPODES, INSECTES.

VI. MOLLUSQUES

Animaux à symétrie bilatérale. Corps mou, non segmenté, dépourvu de squelette, recouvert le plus souvent d'une coquille calcaire univalve ou bivalve, secrétée par un repli de la peau, le manteau. Un cerveau, un collier œsophagien et des groupes de ganglions sous-œsophagiens.

Classes : SOLÉNOGASTRES, LAMELLIBRANCHES, SCAPHOPODES, GASTÉROPODES, CÉPHALOPODES.

VII. MOLLUSCOIDES

Animaux bilatéraux, non divisés en métamères, munis d'une couronne de tentacules ciliés ou de bras buccaux enroulés en spirale; dans le premier cas, renfermés dans une cellule; dans le second, entourés d'une valve dorsale et d'une valve ventrale; un ganglion simple ou plusieurs amas ganglionnaires réunis par une commissure œsophagienne.

Classes : BRYOZOAIRES, BRACHIOPODES.

VIII. TUNICIERS

Animaux à symétrie bilatérale, en forme de sac ou de tonneau, pourvus d'un tégument épais (manteau), d'un ganglion nerveux, d'un sac pharyngien spacieux, servant en même temps à la respiration, et d'un cœur.

Classes : ASCIDIES, SALPES.

IX. VERTÉBRÉS

Animaux à symétrie bilatérale, pourvus d'un squelette interne (colonne vertébrale), présentant des appendices dorsaux (ou vertébraux supérieurs) qui entourent les centres nerveux (moelle épinière et cerveau), et des appendices ventraux (côtes) qui limitent une cavité dans laquelle sont contenus les organes végétatifs; deux paires de membres au plus.

Classes : POISSONS, BATRACIENS, REPTILES, OISEAUX, MAMMIFÈRES.

Lamarck. — Bien que Cuvier ne semble pas avoir attaché à ce fait une grande importance, il n'en admet pas moins une sorte de hiérarchie entre les embranchements. Il place en tête les Vertébrés, plus voisins de l'Homme, et il termine par les Rayonnés son exposé du Règne animal. Siebold, Leuckart et les auteurs modernes procèdent en sens inverse; ils appliquent à la classification la méthode qui consiste à aller du simple au composé, tandis que les imitateurs de Cuvier procèdent plutôt en allant de ce qu'ils supposent connu, plus exactement, de ce qui est familier, à ce qui l'est moins. Les deux méthodes peuvent avoir leurs avantages, et dans l'hypothèse où les espèces sont fixes, on peut les employer indifféremment. Diviser le Règne animal en embranchements distincts dont on n'indique pas les rapports revient, d'ailleurs, à admettre implicitement l'idée de type. Mais la science a le devoir de se poser d'autres questions: s'il existe des types organiques, à quelles nécessités physiologiques correspondent-ils? Comment se sont-ils constitués? Sont-ils réellement indépendants les uns des autres, ou se sont-ils, au contraire, dégagés d'une même souche? Dans cette voie, on arrive bientôt à poser la question de l'origine même des êtres vivants et à déplacer tout à fait le terrain sur lequel se meurent la Zoologie et ses classifications. Il ne s'agit plus de rechercher entre les êtres vivants et d'exposer, par un savant échaffaudage de divisions, des rapports plus ou moins métaphysiques; ce que l'on demande à la science c'est de chercher à expliquer, dans le sens où les physiiciens entendent ce mot, la structure des êtres vivants, c'est de déterminer le mécanisme à l'aide duquel ils se sont constitués; la classification doit résumer la façon dont les êtres vivants s'enchaînent les uns aux autres dans les relations mêmes de la cause et de l'effet. Les mots *méthode naturelle* prennent alors un sens précis, et les sciences naturelles, s'élevant au rang de sciences explicatives comme la physique et la chimie, n'ont pas deux voies pour parvenir à cette méthode qui résume leurs explications. Elles doivent, comme la physique et la chimie, chercher à déterminer à quels phénomènes simples peuvent être reliés les faits qu'elles ont à expliquer; ces phénomènes une fois déterminés, il lui faut y rattacher méthodiquement, dans l'ordre où ils se déroulent, les phénomènes plus complexes dans la production desquels ils interviennent. Les êtres vivants sont des associations d'éléments anatomiques comparables à ceux qui, à l'état isolé, constituent les Protozoaires: c'est donc des Protozoaires à l'Homme qu'il doit être procédé.

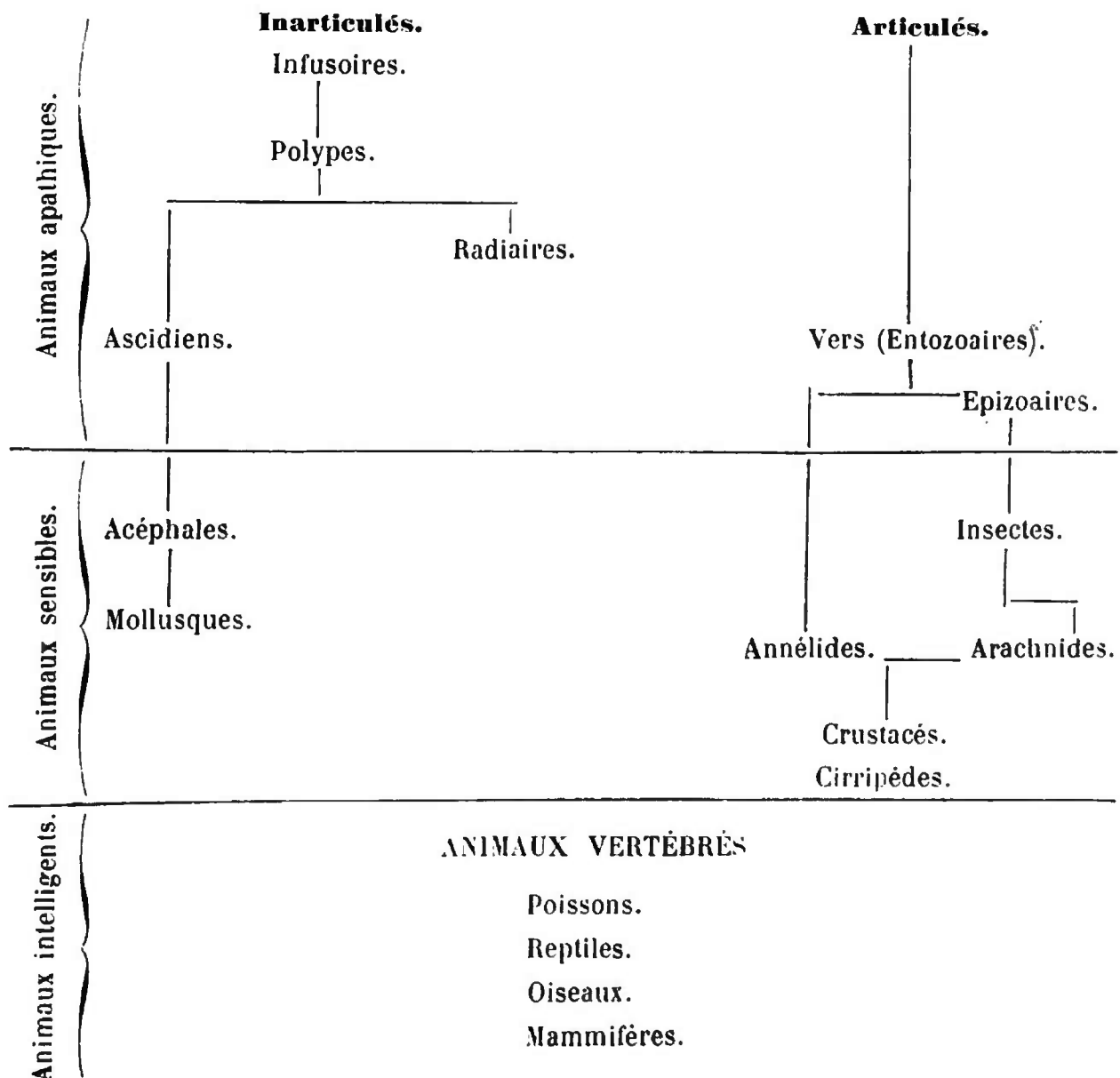
Un des premiers qui soit entré dans cette voie est Lamarck¹. Dépassant en hardiesse Geoffroy et Cuvier, il ose proposer comme but à la science non pas la *contemplation*, mais l'*explication* des êtres vivants. Quelles que soient les ressemblances d'ailleurs nécessaires, qu'on ait signalées entre sa classification et celle de Cuvier, elle n'en diffère pas moins par l'opposition absolue des points de vue, par la méthode suivie qui est radicalement différente. Sans doute, Lamarck devance son siècle; il n'a pas entre les mains tous les éléments des explications qu'il cherche; il n'est cependant pas toujours aussi loin de la vérité qu'on a bien voulu le dire, et ses idées philosophiques ne l'empêchent pas de profiter habilement de toutes les découvertes anatomiques ou zoologiques pour les fixer dans sa méthode. L'idéal que poursuit Lamarck, c'est la reconstitution de l'arbre généalogique du Règne animal;

¹ LAMARCK, *Philosophie zoologique*, 2^e édition, précédée d'une notice par Ch. Martins, 2 vol. in-8°, 1873.

c'est le but aujourd'hui hautement avoué de tous les naturalistes qui ont adopté la doctrine de la descendance.

Lamarck admet la génération spontanée; elle peut avoir lieu, selon les idées qui ont cours de son temps, de deux façons différentes : ou bien par l'organisation directe de la matière inerte, ou bien par l'organisation des humeurs des organismes élevés, humeurs qui utilisent ainsi à la production de nouveaux êtres vivants, le reste de vie qui les anime. Les animaux peuvent donc reconnaître deux origines; ils forment, en conséquence, deux séries distinctes; mais dans chacune de ces séries, ils traversent des phases correspondantes : les plus simples sont dénués de sensibilité, ils sont *apathiques*; à un degré plus élevé, ils sont *sensibles*; les plus parfaits sont enfin *intelligents*. La série des animaux nés des humeurs, issus de substances organiques, est d'emblée plus élevée que l'autre; toutes deux convergent d'ailleurs vers une série unique, celle des Vertébrés. Lamarck a publié d'abord cette classification dans sa *Philosophie zoologique*; il l'a reproduite, un peu modifiée, dans son introduction à l'*Histoire des Animaux sans vertèbres*. C'est cette seconde version que nous reproduisons dans le tableau ci-dessous.

CLASSIFICATION DE LAMARCK (1815-1822)
ANIMAUX INVERTÉBRÉS



La classification de Lamarck ressemble beaucoup, comme résultat, à celle de Cuvier; les animaux inarticulés apathiques, ce sont en somme les RAYONNÉS; les animaux composant la seconde série correspondent, sauf l'adjonction, heureuse d'ailleurs, des Vers parasites, aux ARTICULÉS de Cuvier; les animaux inarticulés sensibles sont les MOLLUSQUES; les autres les VERTÉBRÉS. On remarquera que la notion de continuité a fait place à celle de discontinuité qu'impliquait nécessairement la constitution de quatre embranchements.

Essais de classification embryogénique. — Cependant, von Baër ne tardait pas à introduire dans la science un autre ordre de considérations. Cuvier pensait qu'on ne pouvait établir une méthode sur des caractères transitoires; il fallait s'adresser exclusivement aux caractères que présente l'animal à l'état adulte, caractères que Cuvier supposait d'ailleurs exister déjà dans le germe. Von Baër applique, au contraire, à la classification les résultats de ses études sur les transformations successives que subissent les embryons. Le développement s'accomplit, suivant lui, d'après quatre types :

- 1° Le TYPE PÉRIPHÉRIQUE, propre AUX RADIAIRES;
- 2° Le TYPE MASSIF, propre AUX MOLLUSQUES;
- 3° Le TYPE LONGITUDINAL, propre AUX ARTICULÉS;
- 4° Le TYPE DOUBLEMENT SYMÉTRIQUE, qui caractérise les VERTÉBRÉS.

Ces notions, introduites par de Baër, ne correspondent guère à l'intime réalité des choses: on ne voit pas trop ce que signifient ces quatre types de développement. Ils semblent, au fond, marquer simplement que la forme extérieure du corps des animaux peut se ramener à quatre types principaux, qui ne pouvaient dès lors différer sensiblement de ceux dont le système nerveux avait fourni à Cuvier la définition. Les quatre types de von Baër n'ont pas survécu en tant que divisions méthodiques. Il a été plus heureux pour les subdivisions des Vertébrés. Il les répartit d'abord en deux grands groupes suivant que l'embryon acquiert des franges branchiales ou une allantoïde, c'est-à-dire suivant qu'il présente ou non un appareil permanent ou transitoire de respiration aquatique. Ces deux grands groupes ont été élevés par H. Milne Edwards au rang des sous-embranchements sous le nom de sous-embranchements des ANALLANTOÏDIENS et des ALLANTOÏDIENS. Ils correspondent, au fond, aux deux genres de vie que mènent les Vertébrés, qui peuvent être organisés pour respirer dans l'eau, au moins à leur naissance, ou organisés d'emblée pour vivre dans l'air, qui sont, en d'autres termes, à leur naissance, des VERTÉBRÉS AQUATIQUES ou des VERTÉBRÉS TERRESTRES.

Les Vertébrés aquatiques qui n'acquièrent pas de vrais poumons sont les POISSONS; ceux qui en acquièrent, les AMPHIBES ou BATRACIENS. Ces derniers sont ainsi séparés des Reptiles auxquels on les réunissait jusque-là.

Les Vertébrés allantoïdiens ou terrestres se divisent également en deux groupes: dans le premier groupe, l'embryon n'a pas de cordon ombilical; ce groupe est en somme celui des Vertébrés aériens, ovipares, à qui Huxley a donné bien plus tard le nom de SAUROPSIDA; il comprend les REPTILES et les OISEAUX. Dans le second groupe, il existe un cordon ombilical; ce second groupe n'est autre que la classe des Mammifères, divisée elle-même en deux nouveaux groupes, suivant que le cordon ombilical disparaît de bonne heure ou persiste assez longtemps. Ces groupes ont depuis reçu les noms de groupes de MAMMIFÈRES APLACENTAIRES et de MAMMIFÈRES

PLACENTAIRES. Dans le premier cas l'embryon peut ne pas présenter de connexion avec la mère, ou être peu de temps en connexion avec elle; de là deux sous-classes, celles des **MONOTRÈMES** et des **MARSUPIAUX**, que de Blainville nommait les **ORNITHODELPHES** et les **DIDELPHES**. Les **MAMMIFÈRES MONODELPHES** ou **PLACENTAIRES** des auteurs actuels étaient de même divisés en ordres, suivant le degré de développement de l'allantoïde et la forme du placenta :

A. Le sac du jaune continue à croître pendant longtemps.

1. L'allantoïde s'accroît peu..... RONGEURS.
2. L'allantoïde s'accroît moyennement..... INSECTIVORES.
3. L'allantoïde s'accroît beaucoup..... CARNIVORES.

B. Le sac du jaune ne s'accroît que légèrement.

4. L'allantoïde se développe peu. Le cordon ombilical est très long..... SINGES. HOMMES.
5. L'allantoïde continue à se développer pendant longtemps. Le placenta est en masses simples..... RUMINANTS.
6. L'allantoïde continue à se développer pendant longtemps; le placenta est diffus..... PACHYDERMES et CÉTACÉS.

Par une étude plus complète des formes diverses que peut revêtir le placenta, MM. Henri et Alphonse Milne Edwards ont singulièrement perfectionné cette classification des Mammifères, et lui ont donné une forme définitive. Le placenta peut être en effet diffus, polycotylédonaire, en cloche, zonaire ou discoïde. Les Mammifères à placenta diffus sont les Pachydermes, les Siréniens et les Lémuriens; les Ruminants ont un placenta polycotylédonaire; certains Edentés (*Myrmecophaga*, *Tamandua*), un placenta en cloche; les Carnassiers, un placenta zonaire; les Insectivores, les Chéiroptères, les Rongeurs, les Singes et l'Homme, un placenta discoïde, mais qui se constitue chez les Singes et chez l'Homme autrement que chez les autres groupes. Si satisfaisante qu'elle paraisse, au premier abord, la considération du placenta a conduit à quelques résultats inattendus : les Proboscidiens, le Daman, une des espèces de Tatou, le *Dasyus novemcinctus*, ont un placenta zonaire comme les Carnassiers. Les autres Tatous, les Paresseux ont un placenta discoïde comme les Insectivores, les Rongeurs, les Singes et l'Homme, et tandis que les Fourmiliers d'Amérique ont un placenta en cloche, les Oryctéropes ont un placenta zonaire et les Pangolins un placenta diffus. Ainsi, d'une part, nous nous trouvons en face de rapprochements qui paraissent, au premier abord, peu naturels; d'autre part, un ordre accepté jusqu'ici par tous les naturalistes, celui des Edentés, se trouve absolument dissocié, et, ce qui est plus grave, la dissociation ne porte pas seulement sur les genres, mais encore sur les espèces d'un même genre, le genre *Dasyus*. Nous verrons plus d'une fois les classifications embryogéniques soulever des difficultés analogues.

Une série de découvertes qui eurent un grand retentissement avait cependant fait faire d'importants progrès à l'idée d'appliquer l'embryogénie à la classification. Lorsqu'on la vit dévoiler si clairement la véritable nature des Lernéens et des Cirripèdes, si longtemps discutée, lorsqu'elle eut indiqué les rapports si imprévus qui unissent les Méduses aux Hydres, on fut conduit à accorder la plus grande confiance

à ses indications. Dès 1844, Henri Milne Edwards, à la suite de ses recherches sur le développement des Crustacés et sur celui des Annélides, précisa les services qu'elle était susceptible de rendre en disant : Les affinités zoologiques sont proportionnelles à la durée d'un certain parallélisme dans la marche des phénomènes génésiques chez les divers animaux, de sorte que les êtres en voie de formation cesseraient de se ressembler d'autant plus tôt qu'ils appartiennent à des groupes distinctifs d'un rang plus élevé dans le système de nos classifications naturelles, et que les caractères essentiels, dominateurs de chacune de ces divisions, résideraient, non pas dans quelques particularités de formes organiques permanentes chez les adultes, mais dans l'existence plus ou moins prolongée d'une constitution primitive commune, du moins en apparence¹. »

Néanmoins Henri Milne Edwards conserve, nous l'avons vu, les grandes divisions du Règne animal de Cuvier et sa façon de les caractériser.

La même année, à la suite d'un mémoire sur le développement de Céphalopodes, Kœlliker donnait une autre forme à la classification de von Baër. S'appuyant sur les notions embryogéniques encore fort incomplètes que l'on possédait à cette époque, il considère que le point de départ du développement embryonnaire peut être une région limitée du vitellus où ne se constitue d'abord qu'une région déterminée du corps de laquelle les autres procèdent ensuite, ou bien que le corps de l'embryon se constitue d'emblée. De là deux grandes divisions primordiales qui renferment, la première les Vertébrés, les Articulés et les Mollusques, la seconde les Rayonnés et les Vers. Comme les considérations exclusivement embryogéniques qu'il emploie conduisent Kœlliker à des groupements secondaires nouveaux, il est utile de condenser sa classification sous forme de tableaux :

CLASSIFICATION DE KOELLIKER (1844)

- A. L'embryon se constitue d'abord partiellement, dans une aire limitée de vitellus.
 - I. Il se développe dans deux directions en gardant la symétrie bilatérale.
 - a. Les lames dorsales se ferment..... VERTÉBRÉS.
 - b. Les lames dorsales demeurent ouvertes et se transforment en membres..... ARTICULÉS.
 - II. L'embryon se développe en rayonnant dans toutes les directions.
 - a. Il enveloppe entièrement le vitellus.
 - 1. Ce qui a lieu de bonne heure..... GASTÉROPODES et ACÉPHALES.
 - 2. Ce qui a lieu tardivement de sorte qu'il se constitue momentanément un sac vitellin..... LIMACE.
 - b. Il se resserre au-dessus du vitellus qui est enfermé dans un sac céphalique longtemps persistant... CÉPHALOPODES.
- B. Le corps se constitue d'emblée.
 - I. Il se développe dans la direction de l'axe transversal.
 - a. Par sa partie postérieure..... ECHINODERMES.

¹ H. MILNE EDWARDS, *Considérations sur quelques principes relatifs à la classification des animaux*. — Annales des sciences naturelles, 3^e série, t. I, p. 65; 1844.

b. Par sa partie antérieure.

1. La partie postérieure ne se développe pas..... ACALÈPHES.

2. La partie postérieure se développe longitudinalement..... POLYPES.

II. Le corps se développe longitudinalement..... VERS.

La chaîne des transitions qui unit la segmentation régulière des œufs dont le vitellus nutritif est très réduit, à la segmentation partielle des œufs pourvus d'un abondant vitellus nutritif n'était pas alors établie ; on comprend donc que Kœlliker ait été amené à rapprocher les Vertébrés et les Articulés dont les embryons demeurent longtemps ouverts du côté ventral chez les premiers, du côté dorsal chez les seconds. Les Céphalopodes semblent de même demeurer ouverts assez longtemps à leur extrémité antérieure, et Kœlliker est ainsi conduit à leur donner parmi les Mollusques une place tout à fait à part ; il est de même forcé d'isoler la Limace des autres Gastéropodes pulmonés, et ce seul fait montre bien à quel degré les caractères embryogéniques sont trompeurs quand on n'en fait pas une rigoureuse analyse. La quantité de vitellus nutritif accumulée dans l'œuf n'a qu'une faible influence sur le résultat final de son évolution ; mais elle peut modifier sensiblement les processus du développement, et si l'on s'arrête à considérer ces processus essentiellement d'adaptation comme des caractères primordiaux, on est nécessairement amené à des groupements disparates. C'est ainsi que Kœlliker se trouve encore obligé de rapprocher les Vers des Rayonnés, parce que leur corps se clôt rapidement, ce qui du reste se produit exactement de la même façon chez la presque totalité des Mollusques gastéropodes et Lamellibranches dont les premières phases de développement sont calquées sur celle des Vers annelés.

M. P.-J. van Beneden usa le premier, en 1855, des rapports de position de l'embryon avec le vitellus pour caractériser dans le Règne animal trois coupes primordiales : lors du développement, le vitellus est situé du côté ventral de l'embryon chez les Vertébrés, du côté dorsal chez les Arthropodes ; il est céphalique ou n'apparaît pas au dehors chez les autres animaux. P.-J. van Beneden répartit donc les animaux en HYPOCOTYLÉDONÉS ou HYPOVITELLIENS (Vertébrés), EPICOTYLÉDONÉS ou EPIVITELLIENS (Arthropodes) et ALLOCOTYLÉDONÉS ou ALLOVITELLIENS (Mollusco-radiaires), et il fait ressortir les rapports de ce dernier groupe avec la classe des VERMES de Linné. En effet, le nom seul d'Allovitelliens donné à ce groupe, implique qu'il est formé d'animaux où le vitellus, à supposer qu'il soit toujours différencié, présente avec l'embryon des rapports variables ; c'est donc un groupe disparate, un groupe résiduel comme la classe des Vers de Linné, dont Cuvier avait fort justement mis en relief le défaut de l'homogénéité. A ce point de vue cet essai de classification embryogénique constituait donc non un progrès, mais une réelle rétrogradation. Les caractères invoqués par van Beneden, comme ceux employés par Kœlliker, s'ils brouillaient absolument les rapports de certains groupes, correspondaient cependant à plusieurs coupures naturelles. Aussi M. Carl Vogt entreprit-il de les combiner de manière à obtenir une classification éclectique qui fût plus rapprochée des résultats fournis par l'étude de l'organisation des animaux adultes. Les animaux y sont répartis en trois groupes fondés sur la présence ou l'absence d'un vitellus distinct de l'embryon, la présence ou l'absence d'œufs.

M. Vogt arrivait ainsi au groupement ci-dessous :

CLASSIFICATION EMBRYOGÉNIQUE DE CARL VOGT

A. **Contraste entre le jaune et l'embryon.**

- I. VERTÉBRÉS. Jaune ventral.
- II. ARTICULÉS. Jaune dorsal.

B. **Transformation de tout le jaune en embryon.**

- III. CÉPHALOPODES. Jaune céphalique.
- IV. MOLLUSQUES. Disposition irrégulière des organes.
- V. VERS. Organes bilatéraux.
- VI. RAYONNÉS. Disposition rayonnée des organes.

C. **Pas d'œufs.**

- VII. PROTOZOAIRES.

Embryogénie et généalogie. — Ces diverses tentatives de classification embryogénique étaient évidemment prématurées. Les divisions y sont basées sur les apparences extérieures que prend l'embryon au cours de son développement, sur la plus ou moins grande abondance du vitellus, la position de l'embryon par rapport à lui, ou le mode de constitution d'annexes de l'embryon, telles que l'allantoïde et le placenta.

Le transformisme donne, en effet, une vie nouvelle aux idées de Geoffroy Saint-Hilaire et de Serres (p. 175) sur la nature des phénomènes embryogéniques. Non seulement les animaux inférieurs apparaissent comme les états permanents des phases successives que traversent les embryons des animaux supérieurs pour arriver à l'état adulte, mais les embryons, dans leurs transformations diverses, ne font que revêtir dans leur ordre de succession chronologique, les formes mêmes qu'a traversées, au cours de son évolution paléontologique, l'espèce à laquelle ils appartiennent (Fritz Müller). L'embryogénie d'un animal n'est qu'une galerie des portraits de ses ancêtres; elle résume toute l'histoire de leurs transformations; elle apparaît dès lors, comme le moyen assuré de relier entre elles les branches éparses de l'arbre généalogique du Règne animal. Il semble qu'elle seule doive donner la solution de toutes les difficultés que soulève encore la détermination des affinités des animaux. A la faveur des moyens nouveaux d'investigation que fournissent aux zoologistes, les perfectionnements du microscope et surtout ceux de la technique micrographique, on s'efforce d'aller au delà des rapports généraux de l'embryon auxquels s'arrêtaient les premiers embryogénistes; on cherche à mettre en évidence et à comparer entre eux les divers modes de formation et d'évolution des organes transitoires ou définitifs qui apparaissent successivement dans l'embryon. Les moindres différences sont notées avec soin et transportées dans la taxonomie, bien souvent avant que l'on ait pu se rendre compte de leur signification.

Au premier plan des considérations qui interviennent dans cette nouvelle manière de concevoir l'embryogénie est celle des *feuilletts embryonnaires*. La division initiale de l'embryon des Vertébrés en deux feuilletts superposés avait été constatée par Pander et von Baër. A ces deux feuilletts, on regarda bientôt comme nécessaire d'en

ajouter un troisième, également commun à tous les Vertébrés. Rathke montra qu'on pouvait retrouver ces trois feuillets chez les Arthropodes et d'autres Invertébrés, et Huxley arriva, en 1859, à comparer le feuillet externe et le feuillet interne d'un embryon à l'exoderme et à l'entoderme des Polypes. Comme nous l'avons fait remarquer page 161, toute paroi cellulaire de quelque épaisseur a nécessairement une couche externe ou supérieure de cellules, une couche moyenne, plus ou moins épaisse, et une couche interne, inférieure ou profonde; au fond la division du corps d'un embryon en trois feuillets n'avait donc rien que de très naturel; c'était une nécessité en quelque sorte géométrique, et du moment que ces trois feuillets existaient, on pouvait même s'attendre à ce que l'externe prit part à la constitution des téguments et des organes qui en dépendent; le moyen, à celle des muscles et des vaisseaux; l'interne, à celle du tube digestif et de ses annexes. Cependant, dès l'époque de leur découverte chez les Vertébrés, la philosophie s'empara des trois feuillets de l'embryon : en raison des organes et des appareils principaux qui prenaient respectivement naissance à leurs dépens, ils furent désignés : le *feuillet externe* ou *exoderme* sous le nom de *feuillet sensitif*, ou *feuillet animal*; le *feuillet moyen* ou *mésoderme* sous celui de *feuillet vasculaire*; le *feuillet interne* ou *entoderme* sous celui de *feuillet viscéral* ou *feuillet végétatif*.

Ces noms seuls indiquent qu'on ne tarda pas à leur attribuer une sorte de prédestination au point de vue physiologique; la théorie de l'unité de plan de composition renaissait en quelque sorte pour eux, si bien que le nom de feuillet est demeuré pour désigner les parties constituantes du corps d'embryons qui ont le plus souvent une forme sphéroïdale. On voulut voir dans les trois feuillets de l'embryon comme une indication de l'idée première qui avait présidé à la constitution des animaux; dès lors on attacha une grande importance à la détermination des procédés de formation de ces trois feuillets, à la détermination des transformations qu'ils subissent, des organes qui se constituent à leurs dépens. Ces études, qui donnèrent à l'organogénie une grande précision, avaient pour but principal la démonstration de ce qu'on appelle l'*homologie des feuillets embryonnaires* dans le Règne animal. A supposer que l'on pût démontrer que les trois feuillets se formaient toujours de la même façon et produisaient toujours les mêmes organes, que leur homologie complète fût par conséquent établie, cela signifiait simplement que les animaux pouvaient être considérés comme ayant une origine commune, comme procédant d'un organisme sphéroïdal creux dont la paroi externe, la paroi interne et la couche intermédiaire du corps avaient subi constamment les mêmes transformations fondamentales. Il est loin d'en être réellement ainsi. On sait que déjà la segmentation de l'œuf ne s'accomplit pas de la même façon chez tous les animaux (voir chapitre IV. p. 151-177), que les feuillets se forment, en conséquence, de diverses façons, et l'étude détaillée des différentes formes animales nous montrera que les mêmes feuillets ne fournissent pas toujours non plus les mêmes organes, les mêmes éléments histologiques différenciés; c'est ainsi que le système nerveux n'est pas toujours exclusivement d'origine exodermique, comme on l'a cru longtemps, et que des fibres musculaires peuvent résulter d'une différenciation de cellules exodermiques (épithélium musculaire des Méduses, muscles des glandes sudoripares, Ranvier), bien qu'elles procèdent le plus souvent du mésoderme.

Néanmoins la segmentation aboutit souvent à une forme embryonnaire sphéroïdale :

blastula, *amphiblastula*, *planula* ou *gastrula* (p. 161). Chacune de ces formes embryonnaires a été considérée comme la forme originelle des animaux à tissus différenciés : Ray Lankester, Metschnikoff, Semper, prennent pour point de départ, une *blastula* qui passerait ensuite par délamination suivant Ray Lankester, par migration de cellules exodermiques à son intérieur, suivant Metschnikoff, à l'état de *planula*, puis par perforation de sa paroi à l'état de *gastrula* ; Balfour pense que l'*amphiblastula* des Éponges a pu être aussi un stade primitif ; Hæckel se décide pour la *gastrula* formée par voie d'invagination qui a effectivement rassemblé le plus grand nombre de partisans. Il n'y a aucune raison de se décider pour l'une ou pour l'autre de ces solutions, qui contiennent toutes peut-être une part de vérité, mais que, par amour de l'unité, on a le tort de vouloir généraliser. Quoi qu'il en soit, la forme *gastrula* est une forme larvaire très répandue dans le Règne animal, et dont les modifications ultérieures peuvent être prises pour point de départ. L'un des caractères essentiels de la *gastrula* est la présence d'un orifice, le *blastopore* ou *prostomum*, à l'un de ses pôles ; cet orifice ne présente pas toujours les mêmes rapports avec les orifices du tube digestif des animaux adultes ; il peut devenir la bouche ou l'anus, ou même se fermer, la bouche ou l'anus apparaissant ensuite soit à la place qu'il occupait, soit à une autre place. D'autre part la cavité générale peut se former de diverses façons (p. 174). En utilisant ces divers ordres de caractères, ainsi que la présence ou l'absence d'une *gastrula*, Huxley a proposé, en 1874, la classification suivante des animaux :

CLASSIFICATION EMBRYOGÉNIQUE DE HUXLEY (1874)

I. MÉTAZOAIRE. Animaux pluricellulaires, à éléments histologiques différenciés.

A. GASTRÉADES. Une cavité digestive.

1. MONOSTOMES. Une seule bouche.

A. Deutérostomes. Blastopore ne formant pas la bouche définitive.

α. ÉPICÉLIENS. Une cavité viscérale et une cavité neurale au moins chez l'embryon.

Divisions : Vertébrés, Leptocardes, Tuniciers.

β. SCHIZOCÉLIENS. Une cavité générale creusée dans le mésoderme.

Divisions : Arthropodes, Annélides, Mollusques, Bryozoaires.

γ. ENTÉROCÉLIENS. Une cavité générale enveloppée par une paroi d'origine entodermique.

Divisions : Chétognathes, Brachiopodes, Entéropneustes, Échinodermes.

B. Archéostomes. Blastopore devenant la bouche définitive.

α. SCOLECIMORPHES. Une cavité générale.

Divisions : Turbellariés, Nématoïdes, Trématodes, Hirudinées, Oligochètes, Rotifères (?), Géphyriens (?).

β. COELENTERÉS. Point de cavité générale.

Divisions : Cténophores, Anthozoaires, Hydroïdes.

2. POLYSTOMES. Plusieurs bouches.

Une seule division : Spongiaires.

B. AGASTRÉADES. Point de cavité digestive.

Divisions : Cestoïdes. Acanthocéphales.

II. PROTOZOAIRE. Animaux unicellulaires ou formés d'éléments histologiques semblables.

Divisions : Monères (point de noyau). Endoplastiques (un noyau).

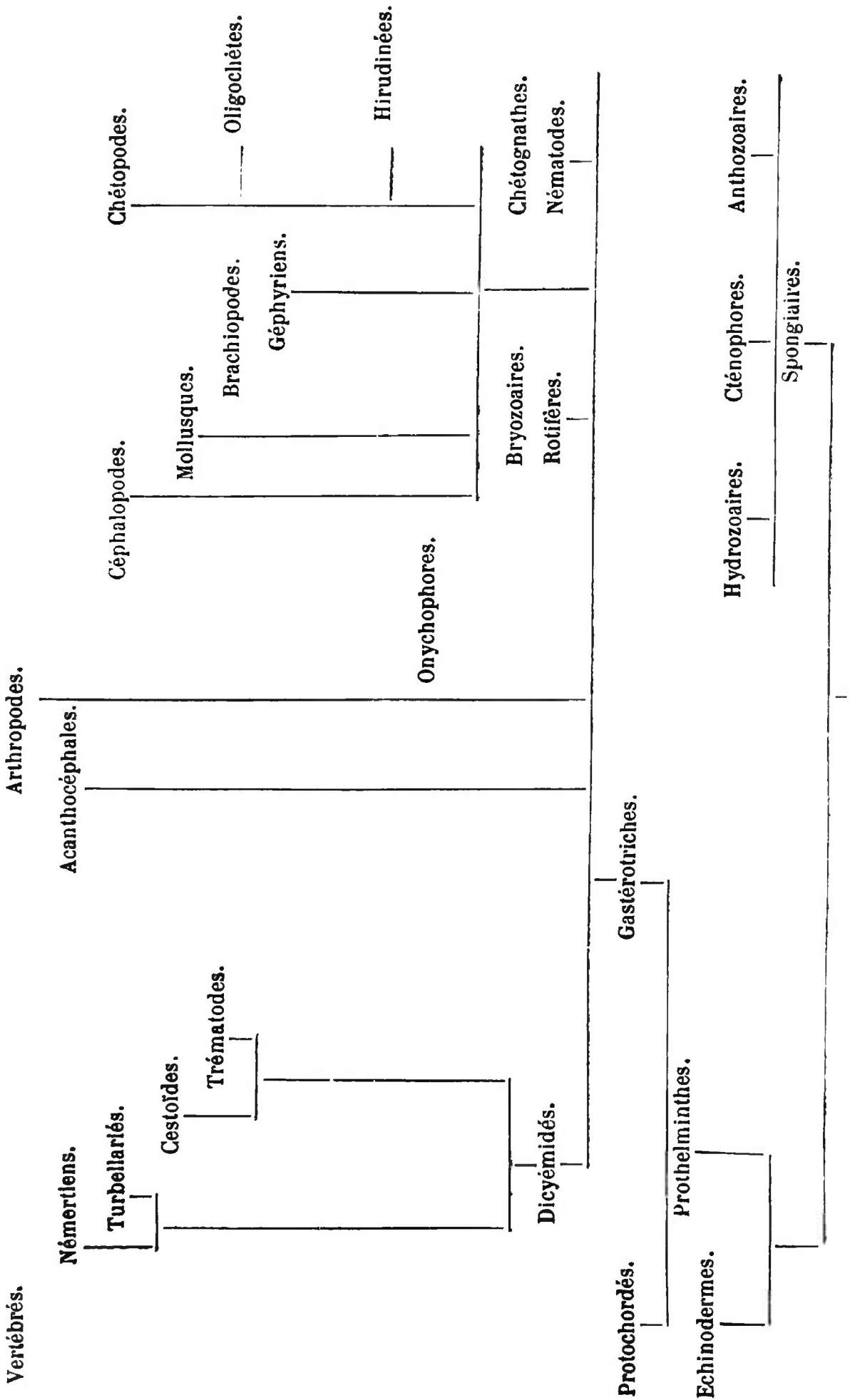
L'application rigoureuse des principes de classification adoptés par Huxley conduit à des rapprochements que ne justifie pas toujours la comparaison des animaux adultes. Les Chétognathes et les Brachiopodes n'ont évidemment rien à faire avec les Échinodermes; les affinités de ces animaux avec les Entéropneustes sont plus que douteuses, et, d'autre part, on ne peut guère admettre que les Gephyriens, les Oligochètes et les Hirudinées soient éloignés des Annélides, les Rotifères des Bryozoaires, les Cestoïdes des Trématodes. Pas plus que le mode de segmentation, que le mode de formation des feuilletts, que le mode de formation de la *gastrula*, le nombre des cavités distinctes qui se constituent dans l'embryon, la façon dont la cavité digestive se met en communication avec l'extérieur, ou la nature des parois de la cavité générale ne sont, par conséquent, susceptibles de conduire à des groupements satisfaisants. Il faut d'ailleurs remarquer que les groupements admis par Huxley n'ont pu être constitués qu'en les forçant : beaucoup de Mollusques et d'Annélides sont archéostomes, et chez ceux qui sont deutérostomes la formation de la bouche n'a pas toujours lieu de la même façon; c'est ainsi que le blastopore devient l'anus chez les Paludines et qu'il se ferme, bien que la bouche réapparaisse à la place qu'il occupait, chez beaucoup d'autres Gastéropodes.

M. Giard a fait intervenir dans les classifications embryogéniques un autre ordre de considérations. Il groupe ensemble, sous le nom d'HYMENOTOCA, les animaux dont les embryons présentent une membrane embryonnaire le plus souvent d'origine exodermique, et, sous celui de GYMNOTOCA, ceux qui n'ont pas de membrane embryonnaire. Il est certainement intéressant de rapprocher ainsi les animaux dont les embryons sont plus ou moins longtemps protégés par une annexe, résultant comme eux de la segmentation de l'œuf. Mais cette enveloppe est de nature fort différente, suivant le groupe que l'on considère; on ne peut guère comparer l'embryophore des Cestoïdes à l'amnios des Insectes; celui-ci n'est pas évidemment homologue de l'amnios des Vertébrés terrestres; ces enveloppes elles-mêmes n'apparaissent que dans une partie des Vertébrés, une partie des Arthropodes, et correspondent souvent à des adaptations spéciales, indépendantes de la parenté généalogique des animaux. Les caractères qu'elles fournissent pourraient être, en conséquence, utilement employés pour distinguer des formes primitives, dans chaque série, les formes les plus élevées ou les plus modifiées. Quoi qu'il en soit, M. Giard résume les groupements qu'il propose dans le tableau suivant :

CLASSIFICATION DE A. GIARD

GYMNOTOQUES

HYMENOTOQUES



D'autres classifications embryogéniques moins générales ont encore été tentées. Les exemples que nous venons de citer suffisent à montrer les écueils auxquels il est actuellement à peu près impossible qu'elles ne viennent pas se butter. En vertu de l'axiome que la série des formes embryonnaires d'un animal n'est qu'une galerie des portraits de ses ancêtres, l'embryon y passe au premier plan, l'animal adulte au second. Or, cet axiome, sur lequel repose la confiance des embryogénistes, demande d'importants correctifs. Il semble parfaitement vrai que le fonds primitif des phénomènes embryogéniques soit la reproduction successive des traits que les ancêtres de chaque espèce d'animaux ont revêtus dans la suite des temps. Mais deux causes sont venues gravement altérer ce fonds primitif : 1° l'accélération embryogénique qui tend à produire l'animal de plus en plus vite, modifie sans cesse les procédés du développement, suivant les circonstances dans lesquelles il se produit et se manifeste, parfois dès les premières phases de la segmentation de l'œuf; 2° les adaptations à un genre de vie ou à un mode de nutrition déterminés, que l'embryon peut présenter à tout âge. Or, nous ignorons presque entièrement les lois de l'accélération embryogénique, et nous n'avons que rarement les moyens de distinguer les caractères adaptatifs de l'embryon des caractères que lui aurait imprimés la seule hérédité des formes autrefois revêtues par la série des ancêtres adultes de l'animal qu'il doit devenir; la considération trop exclusive des phénomènes embryogéniques peut donc conduire à des conclusions illusoire. En revanche, lorsqu'un animal abandonne le genre de vie commun aux animaux de son ordre ou même de sa classe, pour mener un genre de vie tout différent et que ses caractères extérieurs ou anatomiques se modifient, en raison de ce genre de vie, de manière à le rendre méconnaissable, les embryons gardent, en général, d'une manière suffisante, les caractères des formes ancestrales pour faire apparaître les véritables affinités de l'animal modifié. C'est ce qui est arrivé pour les Lernées qui sont des Crustacés parasites, les Cirripèdes qui sont des Crustacés fixés, les Tuniciers qui semblent être également des Vertébrés primitifs, déformés par la fixation. Il est permis, sous le bénéfice de ces réserves, de faire entrer les caractères embryogéniques en ligne de compte dans les classifications.

Principes de la classification adoptée. — Si d'ailleurs on laisse de côté le mécanisme même du développement et si, dans chaque classe du Règne animal, on considère les formes les plus simples sous lesquelles se présentent les embryons capables de vivre en liberté, on ne tarde pas à découvrir entre ces embryons de frappantes ressemblances ¹.

Les Éponges se montrent le plus souvent sous la forme *blastula* ou *amphiblastula*.

Les Polypes revêtent d'abord la forme de *planula* ou plus rarement de *gastrula*.

Les Échinodermes ont des embryons (*Brachiolaria*, *Bipinnaria*, *Pluteus*, *Auricularia*) dont les formes extérieures sont profondément modifiées par le développement des plus singuliers appendices, mais qui présentent une remarquable uniformité d'organisation interne.

Tous les Crustacés entomostracés naissent sous une forme commune, celle de *nauplius* (fig. 44, p. 34); sous cette même forme naissent encore divers Schizopodes (*Euphausia*) et un Décapode (*Penæus*). Le *nauplius* est même reconnaissable dans

¹ E. PERRIER, *Les colonies animales*, 1881, p. 754; BALFOUR, *Traité d'embryologie comparée*, t. II, p. 333 (trad. française, par Robin et Mocquart), 1881-1883.

l'œuf de l'Écrevisse; il paraît donc représenter une forme primitive, commune à tous les Crustacés, desquels on ne peut, du reste, séparer les autres Arthropodes.

Les Rotifères se rapprochent beaucoup d'une autre forme embryonnaire dont ils semblent n'être que des déviations adaptatives, la *Trochosphère* (fig. 42, p. 33). Les Bryozoaires, le plus grand nombre des Annélides et des Géphyriens, beaucoup de Mollusques gastéropodes et de Lamellibranches, naissent à l'état de trochosphère. La forme embryonnaire la plus précoce des Brachiopodes ne s'éloigne pas non plus beaucoup de ce type d'embryons, de sorte que tout ce vaste ensemble d'animaux présente, au point de vue embryogénique, de très réelles analogies, et peut revendiquer une commune origine. Il est plus difficile d'y rattacher les Némertiens qui ont une forme embryonnaire toute spéciale, le *Pilidium*, et aussi les Turbellariés, les Trématodes et les Cestoïdes, c'est-à-dire tous les Vers plats. Mais ces animaux forment un groupe homogène qui, par les Trématodes, se rapproche assez des Hirudinées pour qu'on soit autorisé à ne pas le séparer de l'ensemble des Vers. Les *Balanoglossus* ont été longtemps considérés comme de simples Némertes; deux découvertes sont venues jeter le plus grand doute sur cette interprétation : d'une part, il a été démontré que la larve dite *Tornaria* qu'on avait longtemps prise pour une larve d'Étoile de mer, n'était que la larve du *Balanoglossus*; d'autre part, l'attention s'est portée sur la série d'orifices qui, de chaque côté du corps, mettent en communication l'œsophage avec l'extérieur, rappelant, quoique d'assez loin, les dispositions analogues des Lamproies et des Plagiostomes. L'application rigoureuse des principes devait conduire à penser que les *Balanoglossus* étaient un stade intermédiaire entre les Échinodermes et les Vertébrés. Cette double conséquence qui faisait entrer les Étoiles de mer parmi les ancêtres des Vertébrés a été admise par quelques auteurs. Mais toute l'histoire des classifications embryogéniques montre combien il serait dangereux de faire fléchir en faveur de ressemblances entre embryons, que nous aurons à discuter plus tard, les conclusions qui ressortent de comparaisons entre animaux adultes, et qui ne nous montrent que des dissemblances en ce qui touche les Échinodermes, les Balanoglosses et les Vertébrés. Il est légitime de constituer une classe à part pour les Balanoglosses, et cette classe a reçu le nom de classe des ENTÉROPNEUSTES; mais il est prudent, jusqu'à plus ample informé, de ne l'éloigner des autres classes de Vers qu'en en faisant un sous-branchement.

On classe habituellement à la suite des Vers, plutôt en raison de leur apparence extérieure que de leur organisation interne ou de leur mode de développement, un certain nombre d'êtres aberrants parmi lesquels on compte beaucoup de parasites. Ce sont les CHÉTOGNATHES (*Sagitta*, *Spadella*, etc.), les CHÉTOSOMIDÉS (*Chaetosoma*, *Rhabdogaster*), les DESMOSCOLECIDÉS (genre unique *Desmoscolex*), les ACANTHOCÉPHALES (g. u. *Echinorhynchus*), les GORDIACÉS (g. u. *Gordius*) et les NÉMATODES. En dehors de la forme générale de leur corps et de l'absence de membres proprement dits tous ces animaux ont en commun quelques caractères qui, bien que n'impliquant pas nécessairement une proche parenté, n'en ont pas moins une réelle importance : tous présentent des téguments à épaisse cuticule et des organes chitineux, servant, soit à la fixation, soit à l'accouplement; tous sont dépourvus de cils vibratiles. Or, ces caractères que l'on ne retrouve dans aucun groupe de Vers, sont justement les deux traits dominants de l'organisation des Arthropodes. A la vérité, l'absence de toute métaméridation profonde du corps, l'absence de membres articulés nevent

paraître un obstacle à tout rapprochement entre les groupes qui nous occupent et l'embranchement des Arthropodes; mais les membres ont également disparu chez les Linguatules; ils manquent ainsi que la métaméridation chez les femelles de Lernéens; d'autre part, les Echinodères, les larves d'Echinorhynques, celles de *Gordius* présentent d'assez grandes ressemblances, et les Echinodères ne sont pas, d'après Graff, sans quelque analogie avec les Crustacés; quant aux Chétognathes, ils semblent se relier par les Chétosomidés aux Nématodes. Il y a donc de bonnes raisons pour séparer, sous le nom de NÉMATHELMINTHES, ces divers groupes aberrants, des Vers proprement dits, qui deviennent ainsi un groupe relativement homogène. Nous rapprocherons les Nématelminthes des Arthropodes, mais comme la dénomination d'Arthropodes ne leur conviendrait guère, nous nous bornerons à indiquer ce rapprochement en constituant pour les Arthropodes et les Nématelminthes une série des CHITINOPHORES, dont le nom fait allusion à l'abondante production de chitine qu'on observe dans les représentants de ces deux embranchements.

Malgré la netteté de la métaméridation de leur corps, ou tout au moins de leur squelette, les Vertébrés étaient longtemps demeurés isolés dans le Règne animal. La découverte simultanée par Balfour et par Semper, dans les embryons de Squales, de *nephridies* ou *organes segmentaires*, exactement comparables aux organes segmentaires des Vers au point de vue de leur structure, de leur fonction, de leurs relations avec les métamérides du corps et de leur développement; le rapprochement plus étroit encore que les études de Hatschek sur le développement des néphridies des *Protodrilus* ont permis d'établir entre ces organes et ceux des Vertébrés inférieurs; les passages graduels que l'on observe entre les formes primitives de l'appareil néphridien des Squales, les reins des autres Vertébrés aquatiques et le corps de Wolf des Vertébrés aériens, tous ces faits inattendus ont précisé la parenté des Vertébrés avec les Vers annelés, dont ils se distinguent surtout par l'énorme développement de leur système nerveux qui a amené la constitution d'une corde dorsale et peut-être le renversement d'attitude par suite duquel la face dorsale des Vertébrés correspond à la face ventrale des Vers et réciproquement. Dès lors, les Vertébrés apparaissent comme le couronnement d'une longue série ramifiée d'animaux dont la Trochosphère peut être considérée comme le point de départ et dont les diverses branches sont représentées par les ROTIFÈRES, les BRYOZOAIREs, les BRACHIPODES, les GASTÉROTRICHES, les VERS ANNELÉS, les PLATYHELMINTHES, les ENTÉROPNEUSTES, les MOLLUSQUES, les TUNICIERS et les VERTÉBRÉS. Il est nécessaire, au point de vue systématique, d'indiquer la parenté de ces animaux en constituant pour eux une grande division pour laquelle nous avons proposé le nom de division des NÉPHRIDÉS. On peut, dans cette série, constituer une coupure pour les Rotifères, les Brachiopodes et les Bryozoaires qui ont en commun, outre la simplicité de leur organisation, leur façon de se nourrir, comme des animaux fixés, en produisant dans l'eau, à l'aide d'un appareil cilié entourant leur bouche, un courant qui amène vers l'orifice de leur tube digestif les aliments ténus qui leur suffisent. On peut donner à cette division le nom d'embranchement des LOPHOSTOMÉS¹. Les Gasté-

¹ Ces animaux sont qualifiés de VERMOÏDES dans les conférences autographiées de la Faculté des sciences de Paris. Ce nom, imité de celui de MOLLUSCOÏDES que M. H. Milne Edwards avait attribué au deuxième sous-embranchement de Mollusques, a une étymologie trop hybride et une signification trop vague pour qu'il soit possible de l'adopter.

triches, les Vers annelés, les Platyhelminthes et les Entéropneustes constituent dès lors un groupe des VERS dont les limites sont relativement satisfaisantes. Les MOLUSQUES sont un embranchement tout à fait homogène. Enfin, comme toutes les recherches récentes d'embryogénie s'accordent à donner aux Tuniciers la signification de Vertébrés déformés par la fixation, mais dont quelques formes (Appendiculaires, Pyrosomes, Salpes) seraient revenues à la vie libre, il est naturel d'adopter pour eux la division à laquelle a été donné le nom de CHORDATA, qu'on peut traduire en français par celui de PHANÉROCHORDES.

On présente généralement les Néphridiés, ou tout au moins les Vers annelés comme étroitement apparentés aux Arthropodes; les Péripates qui, d'après les recherches de Moseley, Balfour et autres, seraient tout à la fois pourvus de trachées et de néphridies, sont considérés comme une indiscutable forme de passage. Mais d'une part les trachées de ces animaux ne ressemblent ni par leur disposition, ni même par leur structure aux véritables trachées des Arthropodes terrestres, et leurs prétendues néphridies n'ont pas tout à fait la structure de celle des Vers. Quelque intéressante que soit l'organisation des Péripates, elle ne constitue pas un argument sans réplique en faveur de la parenté des Arthropodes et des Vers, et l'hypothèse de cette parenté a contre elle un argument embryogénique de la plus haute valeur, à savoir que, dès les premières phases embryonnaires, les deux caractères essentiels de l'Arthropode sont réalisés : l'absence de cils vibratiles et le revêtement de chitine; le *nauplius* est aussi caractérisé comme Arthropode que la trochosphère comme Néphridié.

Ces points de détail étant éclaircis, il devient possible de présenter une vue d'ensemble du Règne animal qui servira de plan à la partie spéciale de cet ouvrage et qu'on peut résumer dans les sept propositions suivantes.

I. — Les animaux présentent trois degrés de complication organique, trois *degrés d'organisation* qui permettent de les répartir en trois grandes divisions primordiales, celles des **PROTOZOAIREs**, des **MÉSOZOAIREs** et des **MÉTAZOAIREs**.

Les Protozoaires sont constitués par un seul élément anatomique ou par un groupe d'éléments anatomiques semblables entre eux.

Chez les Mésozoaires, les éléments anatomiques sont différenciés; mais l'entoderme est réduit à une seule cellule.

Les Métazoaires, enfin, sont composés d'éléments anatomiques nombreux et différenciés qui peuvent, tout au moins, être répartis en deux feuillets, l'exoderme et l'entoderme, auxquels s'ajoute généralement un feuillet intermédiaire, le méso-derme.

II. — Les **PROTOZOAIREs** peuvent être divisés en embranchements d'après le degré de différenciation de la couche superficielle de leur cytosarque qui laisse au cytosarque sous-jacent la faculté de se déformer librement, ou lui impose une forme déterminée. Les Protozoaires à cytosarque libre forment l'embranchement des RHIZOPODES; ceux dont la couche externe de cytosarque est différenciée en une membrane peuvent être divisés, en raison de leur mode très différent de reproduction, en trois embranchements, ceux des MÉGACYSTIDÉS dont les représentants les plus connus sont les Noctiluques, des SPOROZOAIREs et des INFUSOIREs.

Tous les Protozoaires se multiplient par division et l'on peut considérer les Mésozoaires et les Métazoaires comme dérivés de Protozoaires dans lesquels tous les membres d'une même ligne seraient demeurés associés.

III. — Les **MÉSOZOAIRE**S ne comprennent que des formes très petites, parasites des Échinodermes, des Némertiens, des Céphalopodes et dont l'importance généalogique est sans doute actuellement exagérée, leur structure pouvant n'être qu'un effet de la dégradation parasitaire.

IV. — Les **MÉTAZOAIRE**S se laissent diviser en cinq séries entre les membres desquels on peut concevoir une parenté généalogique, séries d'ailleurs indépendantes les unes des autres. Chacune de ces séries commence par des formes simples, conservant leur simplicité pendant toute la durée de leur vie, ou ne la présentant qu'au premier stade de leur existence indépendante. Dans ce dernier cas, ces formes simples sont l'origine de formes plus ou moins compliquées qu'elles produisent, en se répétant elles-mêmes par voie de bourgeonnement; les parties nées par bourgeonnement peuvent ensuite se différencier, se séparer par groupes les unes des autres ou devenir coalescentes. Les formes originelles de ces séries sont : 1° la *Blastula* ou l'*Amphiblastula* des Eponges; 2° la *Planula* des Polypes; 3° la forme primitive des embryons d'Echinodermes (*Bipinnaria*, *Brachiolaria*, *Pluteus*, *Auricularia*) qui aboutissent à une forme *cystidéenne* plus ou moins nettement caractérisée; 4° le *Nauplius* des Chitinophores; 5° la *Trochosphère* des Néphridiés.

V. — Le bourgeonnement chez les Métazoaires peut s'accomplir soit dans le sens latéral, soit dans le sens longitudinal. Dans le premier cas il aboutit à la formation d'un organisme ramifié, dont les rameaux peuvent être irrégulièrement placés ou verticillés; dans le second cas, il aboutit à un organisme formé de mérides ou segments placés bout à bout; de là, pour les Métazoaires, deux *types de structure*. Au type ramifié se rattachent la plupart des animaux fixés au sol, au moins dans leur jeune âge; au type segmenté se rattachent la plupart des animaux libres et ceux qui ne se fixent que tardivement et demeurent fixés à l'état adulte. Comme les animaux appartenant à un même type de structure ont, en raison de l'identité de position des parties de leur corps, un certain nombre de traits d'organisation communs, il y a un avantage didactique à étudier ensemble les séries organiques qui se rattachent respectivement à chacun de ces deux types, bien qu'il n'existe pas nécessairement entre elles de parenté généalogique. Nous désignerons, en conséquence, sous le nom de **PHYTOZOAIRE**S les animaux à corps ramifié; sous celui d'**ARTIOZOAIRE**S les animaux à corps segmenté et les formes simples, bilatéralement symétriques, d'où ils procèdent.

VI. — Au type de structure des **PHYTOZOAIRE**S se rattachent trois séries indépendantes, celles des **SPONGIAIRE**S, des **POLYPE**S et des **ECHINODERME**S. L'abondant développement du mésoderme des Spongiaires, leur façon de s'alimenter, l'absence totale de nématocystes dans leurs tissus, établissent entre ces animaux et les Polypes une démarcation profonde : il n'y a aucune parenté généalogique entre la série des Eponges et celle des Polypes, et comme leur organisation ne présente guère de

traits communs, il n'y a aucun avantage à conserver l'embranchement des Cœlentérés de Leuckart. Chacune de ces trois séries se ramifie plus ou moins; on peut donner le nom d'*embranchements* à leurs ramifications primordiales.

VII. — Au type de structure des **ARTIOZOAIRE**S se rattachent les **CHITINOPHORES** et les **NÉPHRIDIÉS**, qu'on pourrait aussi appeler **TRICHOPHORES**, en raison des cils vibratiles qu'ils présentent. Les Chitinophores et les Néphridiés forment deux séries indépendantes; la première comprend deux embranchements, ceux des **ARTUROPODES** et des **NÉMATHELMINTHES**; la deuxième comprend cinq embranchements: 1° les **LOPHOSTOMÉS** (Rotifères, Bryozoaires Brachiopodes); 2° les **VERS** (Gastérotiches, Annelés, Platyhelminthes, Entéropneustes); 3° les **MOLLUSQUES** (Gastéropodes, Ptéropodes, Lamellibranches, Céphalopodes); 4° les **TUNICIERS**; 5° les **VERTÉBRÉS** qu'on peut unir aux Tuniciers dans une sous-série des **PHANÉROCORDES** (**CHORDATA**).

La classification du Règne animal se présente donc de la façon suivante :

TABLEAU DE LA CLASSIFICATION ADOPTÉE DANS CET OUVRAGE

I. Premier degré d'organisation. — **PROTOZOAIRE**S. — Corps formé d'un plastide unique ou d'une association de plastides semblables.

Embranchement *a.* — **Rhizopodes**. — Point de membrane d'enveloppe permanente et continue; des pseudopodes.

Classes : **AMIBOÏDES**, **FORAMINIFÈRES**, **RADIOLAIRES**.

Embranchement *b.* — **Mégacystidés**. — Protozoaires libres, de grande taille à l'état adulte, enveloppés d'une membrane qui peut présenter un cytotome, se reproduisant par spores flagellifères analogues à celles des Radiolaires. — Une seule classe.

Embranchement *c.* — **Sporozoaires**. — Protozoaires parasites d'abord nus, se développant souvent à l'intérieur d'autres plastides, pourvus à l'état adulte d'une membrane, sans pseudopodes ni cils vibratiles, se reproduisant d'ordinaire par des oligospores qui naissent dans des asques naviculaires.

Classes : **MYXOSPORIDIÉS**, **SARCOSPORIDIÉS**, **EXOSPORIDIÉS**, **GRÉGARINIDÉS**.

Embranchement *d.* — **Infusoires**. — Protozoaires libres, pourvus d'une membrane d'enveloppe traversée par des fouets ou des cils vibratiles au moins temporaires.

Classes : **FLAGELLIFÈRES**, **CILIÉS**, **TENTACULIFÈRES**.

II. Deuxième degré d'organisation. — **MESOZOAIRE**S. — Entoderme réduit à une seule cellule.

Classes : **ORTHONECTIDÉS**, **DICYÉMIDÉS**.

III. Troisième degré d'organisation. — **MÉTAZOAIRE**S. — Corps formé de nombreux plastides différenciés, groupés en tissus et constituant au moins deux couches distinctes : un entoderme et un exoderme.

A. Premier type de structure : **PHYTOZOAIRE**S. — Corps ramifié. Rameaux disposés irrégulièrement ou en rayons.

1. — 1^{re} série : **SPONGIAIRE**S. — Corps ramifié ou massif, non rayonné. — Un mésoderme très développé, point de cavité générale. — Ni tentacules, ni nématocystes.

Embranchement *a.* — **Eponges calcaires**.

Classes : HOMOCÈLES, HÉTÉROCÈLES.

Embranchement *b.* — **Eponges siliceuses**.

Classes : HEXACTINELLIDÉS, HEXACERATINÉS, CHONDROSPONGIAIRES, CORNACCUSPONGIAIRES.

2. — 2^e série : **POLYPES**. — Corps ramifié irrégulièrement ou rayonné. — Mésoderme nul ou formé de tissu conjonctif muqueux; point de cavité générale. — Des tentacules, des nématocystes.

Embranchement *a.* — **Hydroméduses**.

Classes : HYDROÏDES, SIPHONOPHORES, ACALEPHES.

Embranchement *b.* — **Anthozoaires**.

Classes : HYDROCORALLIAIRES, CORALLIAIRES.

Embranchement *c.* — **Cténophores**.

Une seule classe.

3. — 3^e série : **ÉCHINODERMES**. — Corps rayonné, généralement pentamérique. — Une cavité générale entérocélique. — Un mésoderme imprégné de calcaire. — Une cavité digestive à parois bien distinctes de celle du corps; un système de canaux ambulacraires entodermiques; un appareil plastidogène d'où dérivent souvent les glandes génitales.

Embranchement *a.* — **Anangiés**. — Point de canaux absorbants.

Classes : STELLÉRIDES, OPHIURIDES.

Embranchement *b.* — **Angiophores**. — Un système de canaux absorbants, remplissant le rôle de chylifères.

Classes : CRINOÏDES, ECHINIDES, HOLOTHURIDES.

(Les documents font défaut pour rapporter les formes éteintes des **CYSTIDÉS** et des **BLASTOÏDES** à l'un ou l'autre de ces embranchements.)

B. Deuxième type de structure : **ARTIOZOAIRE**S. — Corps bilatéralement symétrique, très souvent métaméridé.

4. — 4^e série : **CHITINOPHORES**. — Une cuticule et divers organes chitineux ; point de cils vibratiles.

Embranchement *a.* — **Arthropodes**. — Corps métaméridé ; des membres articulés. Forme larvaire primitive = *nauplius*.

1^{er} sous-embranchement. — **Arthropodes aquatiques ou branchifères**.

Classes : MÉROSTOMÉS, CRUSTACÉS, PYCNOGONIDES.

2^e sous-embranchement. — **Arthropodes terrestres ou trachéens**.

Classes : ARACHNIDES, ONYCHOPHORES, MYRIAPODES, INSECTES.

Embranchement *b.* — **Némathelminthes**. — Corps non métaméridé. Pas de membres articulés ; presque tous parasites.

Classes : ECHINODÉRIDIÉS, ACANTHOCÉPHALES, GORDIACÉS, NÉMATOÏDES, DESMOSCOLÉCIDÉS, CHÉTOSOMIDÉS, CHÉTOGNATHES.

5. — 5^e série : **NÉPHRIDIÉS**. — Cuticule mince quand elle existe ; d'abondants cils vibratiles ; au moins dans les formes primitives, un appareil néphridien composé d'autant de paires de néphridies qu'il y a de mérides au corps. Néphridies typiques consistant en tubes ciliés intérieurement, s'ouvrant d'une part dans la cavité générale, d'autre part à l'extérieur. Forme larvaire primitive = *trochosphère*.

Embranchement *a.* — **Lophostomés**. — Corps souvent fixé, formé d'un seul méride ou d'un petit nombre de mérides indistincts ou d'un grand nombre de mérides disposés en rameaux. — Un appareil ciliaire attirant les matières alimentaires vers la bouche.

Classes : ROTIFÈRES, BRYOZOAIRE, BRACHIOPODES.

Embranchement *b.* — **Vers**. — Corps mobile, rarement monoméride, ordinairement formé de segments placés bout à bout. — Aliments saisis d'ordinaire par la bouche et déglutis grâce aux contractions du pharynx et de l'œsophage.

1^{er} sous-embranchement. — **Monomérides**.

Classe unique : GASTÉROTRICHES.

2^e sous-embranchement. — **Annelés**.

Classes : POLYCHÈTES, GÉPHYRIENS, OLIGOCHÈTES, HIRUDINÉES.

3^e sous-embranchement. — **Platyhelminthes**.

Classes : TRÉMATODES, CESTOÏDES, TURBELLARIÉS, NÉMERTIENS.

4^e sous-embranchement. — **Entéropneustes**.

Classe unique : BALANOGLOSSIDÉS.

Embranchement *c.* — **Mollusques.** — Corps sans segmentation apparente, divisé en trois régions plus ou moins coalescentes : la tête, le pied et le tronc. Tronc généralement protégé par une coquille calcaire univalve ou bivalve, secrétée par un repli de la peau, le manteau. Système nerveux formé de deux ou trois colliers œsophagiens, partant d'une paire de ganglions cérébroïdes et sur lesquels d'autres ganglions sont distribués.

Classes : GASTÉROPODES, PTÉROPODES, LAMELLIBRANCHES, CÉPHALOPODES.

Embranchement *d.* — **Tuniciers.** — Corps sans segmentation, fixé ou flottant. — Une tunique de cellulose. — Appareil respiratoire constitué aux dépens de l'œsophage. — Système nerveux de l'embryon, présentant une cavité communiquant avec le tube digestif primitif. — Larve des formes fixées ayant généralement l'aspect d'un Têtard dont la queue serait soutenue par une corde cellulaire.

Classes : APPENDICULAIRES, ASCIDIÉS, LUCIÉS, THALIDÉS.

Embranchement *e.* — **Vertébrés.** — Corps métaméridé, libre. — Tégumen dépourvu de revêtement amorphe ou minéral. — Appareil respiratoire constitué aux dépens de l'œsophage. — Système nerveux central comprenant en général une moelle épinière, un cervelet et un cerveau, contenus dans une cavité dorsale, séparée de la cavité générale par une cloison renforcée par une corde dorsale cartilagineuse. — Au plus quatre membres.

1^{er} sous-embranchement. — **Vertébrés aquatiques ou anallantoïdiens.**

Classes : POISSONS, BATRACIENS.

2^e sous-embranchement. — **Vertébrés terrestres ou allantoïdiens.**

Classes : REPTILES, OISEAUX, MAMMIFÈRES.

Dans ce mode de division du Règne animal, les grands groupes des VERTÉBRÉS, des TUNICIERS, des MOLLUSQUES, des VERS, des ARTUROPODES, apparaissent avec la qualité d'embranchements que tout le monde leur reconnaît aujourd'hui; mais pour rendre comparables entre elles les divisions des diverses parties du Règne animal, il a été nécessaire d'élever au rang de séries indépendantes, les anciens embranchements des ECHINODERMES et des POLYPES, d'élever également au rang de série les EPONGES, qui n'ont d'autre rapport avec les Polypes à qui on les unit d'habitude que celui de type de structure. Il a fallu dès lors appliquer la dénomination d'embranchement aux divisions primordiales de ces séries. Il est d'ailleurs à remarquer que ces embranchements ont une valeur équivalente à ceux dans lesquels on divise les séries des CRYPTOPHYTES et des NÉPHRIDIÉS, et que leur dénomination est bien en rapport avec la signification grammaticale du mot embranchement lui-même.

ICB - BIBLIOTECA
LIVRARIA *Explicite*
N.E. P067172
DATA 2.3.73
PREÇO 480,00 (100.)
N. TOMBO 277

ICB E BIBLIOTECA

LIVRARIA

N. E

DATA

PREÇO

N.º TOMBO

DEDALUS - Acervo - ICB

Traite de zoologie.

QL45
P457t
1897
v.1

Sys: 1389173



12100002695

