

III

---

# L'ÉVOLUTION DE LA VIE

PAR

LE D<sup>r</sup> LALOY

Sous-Bibliothécaire de la Faculté de Médecine de Bordeaux

---

*Avec 30 figures dans le texte*

---

:o:

*Bibliothèque*

PARIS

*Alfred Guard*

LIBRAIRIE C. REINWALD

SCHLEICHER FRÈRES, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1902

---

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays,  
y compris la Suède et la Norvège.

## PRÉFACE

La science de la nature a fait, au cours du siècle qui vient de s'écouler, d'indéniables progrès ; nos notions sur l'univers et sur les êtres qui l'habitent, sur la place et le rôle de l'Homme dans le monde, ont été entièrement renouvelées. Mais ces connaissances n'ont que fort peu pénétré dans le grand public. Notre éducation est encore trop scholastique et littéraire, les belles-lettres et les arts sont l'unique sujet des préoccupations de la plupart des gens cultivés, et l'on s'étonne de voir nombre d'hommes de valeur employer les ressources de leur intelligence à faire de l'histoire ou de la critique littéraires, en témoignant l'indifférence la plus complète pour les problèmes si passionnants que l'univers nous offre à chaque pas. *Oculos habent et non videbunt* ; de même que la masse ignorante, l'élite de nos contemporains passe devant les plus beaux spectacles de la nature sans en voir l'intérêt, sans chercher à les comprendre.

La plupart des hommes de science eux-mêmes,

cantonnés chacun dans sa spécialité, ignorent absolument tout le reste. L'étude minutieuse du détail leur fait perdre de vue le but même de la science, c'est-à-dire la connaissance de l'ensemble de l'univers. Les arbres les empêchent de voir la forêt. Certes, les classificateurs, les collectionneurs, les anatomistes et les physiologistes patients sont nécessaires au progrès de nos connaissances. Mais il est erroné de croire que toute la science soit là. L'essentiel est de coordonner les innombrables observations de détail et d'en faire ressortir les lois générales qui seules sont intéressantes. C'est ce que j'ai essayé de faire dans ce livre. Il aura donc un double but : permettre aux personnes n'ayant qu'une culture générale de se mettre au courant des derniers progrès des sciences biologiques et dégager des découvertes des savants et des spéculations des philosophes une théorie de la vie et de son évolution, qui sont l'expression de l'état de nos connaissances au début du xx<sup>e</sup> siècle.

Je serais heureux également si cet ouvrage pouvait montrer que la doctrine évolutionniste ne conduit pas au matérialisme, c'est-à-dire à une conception mécanique des phénomènes vitaux. Il est, au contraire, impossible de parler d'évolution sans admettre, au moins implicitement, des causes finales. De même, il est hors

de doute que les organes des plantes et des animaux sont disposés en vue de buts parfaitement définis.

On tend assez souvent à se satisfaire de mots; on croit avoir tout dit lorsqu'on attribue tel phénomène à l'instinct, tel autre à l'intelligence, le troisième à un tropisme. Mais en face de certains problèmes, il est préférable d'avouer son ignorance, sans inventer un terme nouveau qui peut faire croire qu'on possède l'explication cherchée. L'expérience journalière nous montre la finalité dans tous les actes humains; en la refusant aux animaux, comme le font beaucoup de savants, on place de nouveau l'homme hors de la nature, et on revient à la théorie de l'animal-machine, depuis longtemps condamnée. Ainsi, par un détour inattendu, le matérialisme contemporain reprend certaines conceptions des spiritualistes les plus exaltés. Au contraire, l'observation journalière nous montre que les animaux agissent comme nous en vue de certaines fins, et j'espère prouver au cours de cet ouvrage que les actes vitaux qui ont présidé à la constitution des organismes ne peuvent s'expliquer sans finalité. Celle-ci peut être comprise comme l'intervention d'une Providence extérieure à l'univers ou comme une propriété essentielle de la substance vivante. Comme nous

n'avons à envisager ici que le côté scientifique de la question, c'est à cette dernière hypothèse que nous nous arrêterons. Elle a le mérite de la simplicité et découle de la conception moniste de l'univers.

Qu'il me soit permis, en terminant, d'adresser tous mes remerciements à M. le professeur Giard, membre de l'Institut. Ses leçons et ses conseils, dans un séjour malheureusement trop court au laboratoire de la rue d'Ulm et à celui de Wimeux, m'ont été des plus favorables. M. Giard est une des rares personnes qui unissent à une connaissance approfondie des détails dans toutes les branches de l'histoire naturelle, un esprit philosophique de la plus haute portée. C'est donc à lui, à mon maître en biologie générale, que je dédierai cet ouvrage. Si les idées qui y sont soutenues ne concordent pas toujours avec les siennes, il voudra bien me pardonner. Il m'a paru plus intéressant, au lieu de résumer simplement les théories des autres, de faire œuvre originale en dégagant de chacune d'elles ce qui me paraissait le plus vraisemblable et de tirer de l'histoire de l'évolution des êtres une philosophie générale de la Vie.

Guéthary, 12 août 1901.

D<sup>r</sup> L. LALOY,

# TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE..... V

## PREMIÈRE PARTIE

### Nature et origine de la vie.

#### CHAPITRE I. — Qu'est-ce que la vie ?

Caractères de la vie. — La substance vivante : le protoplasma ou sarcode. — Sa composition chimique et son état physique. — Propriétés qui le distinguent de tous les autres corps connus. — Assimilation et désassimilation. — La vie, mode particulier de mouvement. — La finalité et la limitation de la taille, propriétés caractéristiques de toute substance vivante et qui n'existent que dans cette classe de substances... I

#### CHAPITRE II. — Origine de la vie.

Les données de la paléontologie. — La loi de complexité croissante des organismes. — Les premiers êtres vivants étaient des plastides. — Leur origine possible : la génération spontanée. — Conditions physiques et chimiques qui régnaient aux époques primitives et qui pouvaient favoriser ce phénomène. — Impossibilité de rien affirmer sur l'origine même de la vie. — Son point d'apparition probable : le pôle Nord.  
..... 21

## DEUXIÈME PARTIE

### Les êtres monocellulaires ou plastides.

#### CHAPITRE III. — Les premières traces de la vie.

Les Monères. — La gelée primitive des Allemands. — Le Bathybius de Hæckel. — Les différentes espèces de Monères.

- Nutrition et mouvements amiboïdes. — Reproduction par division simple ou scissiparité ou par formation de spores.  
 — Monères vivant en sociétés..... 34

#### CHAPITRE IV. — Les premiers descendants des Monères.

- Complication de la structure cellulaire. — Rôle du noyau. — Les Amœbiens ou Amibes. — Les chromoblastes et les neurones. — Les Foraminifères et les Radiolariens. — Espèces anciennes et actuelles. — L'Eozoon canadienne. — Rôle de ces organismes microscopiques dans la constitution de l'écorce du globe..... 50

#### CHAPITRE V. — Les Infusoires.

- Division du travail chez les Infusoires. — Leurs organes. — Leur nutrition, leur reproduction. — Les Infusoires ciliés, tentaculifères et flagellés. — Affinités avec les règnes végétal et animal. — Colonies d'Infusoires. — La Magosphœra..... 63

#### CHAPITRE VI. — Les Protophytes ou êtres monocellulaires à tendances végétales.

- Caractéristiques du règne végétal. — Relations des Protophytes avec les Protozoaires. — Les êtres intermédiaires entre les deux règnes. — Les Diatomées ou plantes à coquille. — Les Euglènes ou végétaux flagellifères, et les Oscillaires. — Les cellules géantes des Siphonées. — Les premières colonies végétales : les Protococcus et les Volvocinées. — Le parasitisme chez les Protistes : les levures et les microbes.... 78

### TROISIÈME PARTIE

#### Évolution de la vie végétale.

#### CHAPITRE VII. — Généralités sur la doctrine de l'évolution.

- Les colonies animales et végétales. — La différenciation cellulaire et le milieu intérieur. — Possibilité de l'évolution. — Durée des époques géologiques. Nécessité de l'évolution pour expliquer les organes rudimentaires et le développement embryonnaire. — Facteurs de l'évolution : le milieu, la finalité interne du protoplasma et l'hérédité. — La lutte pour la vie et la survivance du plus apte..... 91

#### CHAPITRE VIII. — Les végétaux cellulaires.

- Fixation définitive du type végétal. — Les Algues. — Leur importance dans la classification. — Leurs différents types

de structure. — Reproduction agame et sexuée. — Les Mousses et les Hépatiques, algues adaptées à la vie terrestre. — Faible différenciation de leurs organes végétatifs.... 107

#### CHAPITRE IX. — Les Cryptogames vasculaires et les premières Phanérogames.

Perfectionnement des organes végétatifs. — Division du travail : prothalle sexué et thalle agame. — Les Fougères et les Calamariées. — Les Lycopodiniées et les Lépidodendrées. — Les premières Phanérogames : les Gymnospermes. — Réduction progressive du prothalle. — Différenciation du sporogone..... 123

#### CHAPITRE X. — Les Angiospermes.

Réduction définitive du prothalle. — Perfectionnement des organes reproducteurs : la fleur. — La fécondation croisée. Différenciation des organes végétatifs. — Les Monocotylédones et les Dicotylédones. — Variations de la flore au cours des âges..... 135

#### CHAPITRE XI. — Les groupes aberrants.

Coup d'œil sur l'ensemble de l'évolution du règne végétal. — L'évolution régressive : le parasitisme. — Champignons et Lichens. — Phanérogames dégradées par le parasitisme. — Influence du milieu et balancement des organes. — Les plantes carnivores..... 147

### QUATRIÈME PARTIE

#### Evolution de la vie animale.

##### CHAPITRE XII. — Les Zoophytes ou Phytozoaires.

Les Spongiaires. — Leurs sociétés. — Leur squelette. — Premiers stades du développement des Métazoaires. — Les Hydriaires solitaires et coloniaux. — Les Siphonophores. — Les Coralliaires. — Division du travail dans ces colonies : transformation des individus primitifs en organes..... 156

##### CHAPITRE XIII. — Les premiers Artiozoaires ; les Vers.

Avantages réservés aux colonies linéaires. — Leurs conditions de formation. — Les Rotifères et les Tubellariés. — Les Chætopodes : naïdiens, lombriciens et néréides. — La loi d'accélération embryogénique..... 177

## CHAPITRE XIV. — Les Arthropodes ou Articulés.

Division du travail et perfectionnement organique. — Les Myriapodes. — Organisation et développement. — Les appendices des Crustacés. — Le *Nauplius* et la *Zoé*. — Les Insectes et les Arachnides. — Leurs métamorphoses et leur origine paléontologique..... 186

## CHAPITRE XV. — Les Vertébrés.

Leur type d'organisation et ses modifications. — Leur segmentation primitive : les organes segmentaires. — Les premiers Poissons : les Sélaciens. — Les Dipneustes et les Batraciens. — Les Reptiles, leur double tendance qui a donné naissance aux Oiseaux d'une part, aux Mammifères de l'autre. — Brillant essor de ceux-ci à partir du tertiaire. — Origine de l'homme..... 203

## CHAPITRE XVI. — Les groupes aberrants.

Les Mollusques, les Tuniciers et les Echinodermes. — L'évolution régressive et le parasitisme..... 220

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Marche générale de l'évolution. — Unité de la vie. — Le problème de la personnalité et l'évolution psychique. — L'instinct et l'intelligence. — Coup d'œil sur l'avenir. — Place et rôle de l'homme dans la nature..... 227

# L'ÉVOLUTION DE LA VIE

---

## PREMIÈRE PARTIE

### Nature et Origine de la vie

#### CHAPITRE PREMIER

##### QU'EST-CE QUE LA VIE ?

Caractères de la vie. — La substance vivante : le protoplasma ou sarcode. — Sa composition chimique et son état physique. — Propriétés qui le distinguent de tous les autres corps connus. — Assimilation et désassimilation. — La vie, mode particulier de mouvement. — La finalité et la limitation de la taille, propriétés caractéristiques de toute substance vivante et n'existant que dans cette classe de substances.

Il est plus facile de parler de la vie que de la définir. Aussi ne nous arrêterons-nous pas tout d'abord à chercher une définition correcte de ce phénomène. Nous nous contenterons de montrer par des exemples en quoi les êtres vivants se

distinguent des autres ; la définition de la vie découlera ensuite tout naturellement des caractères communs que nous aurons reconnus à ces êtres. Quand nous voyons un chien, un oiseau, un ver de terre, nous constatons chez eux une activité tout à fait analogue à la nôtre : comme nous ils se meuvent, ils se nourrissent, ils se reproduisent ; ils sont donc bien nettement vivants. D'autres animaux, comme ceux du corail ou des éponges, n'ont plus que des mouvements très limités, leur sensibilité paraît amoindrie ; pourtant ils s'accroissent, se nourrissent et meurent comme les animaux supérieurs. On doit donc les considérer comme vivants. Il en est de même des plantes. Elles sont immobiles et paraissent insensibles ; mais nous les voyons naître d'une graine, se nourrir par leurs racines, respirer par leurs feuilles, mourir enfin quand le cycle de leur existence est achevé. Elles sont donc vivantes au même titre que nous. Nous avons, en somme, constaté chez tous ces êtres un ensemble de phénomènes, nutrition et reproduction, puis, dans certains cas, mouvements spontanés et sensibilité.

Ces phénomènes ne se rencontrent à aucun degré dans le monde minéral : un cristal placé dans une solution saturée s'accroît, mais il ne se nourrit pas ; car il ne fait subir aucune élaboration aux molécules de sel qui viennent se fixer à sa surface. Au contraire, dans la nutrition des plantes ou des animaux, les molécules absorbées sont modifiées dans leur constitution par le phénomène de la digestion, et elles vont se fixer non

pas à la surface seulement de la plante ou de l'animal, mais dans toute sa masse : elles y sont portées par la sève ou par le courant sanguin.

Ces grandes caractéristiques de la vie ont été reconnues dès le milieu du xviii<sup>e</sup> siècle, par Linné : *Lapides crescunt, vegetabilia crescunt et vivunt, animalia crescunt, vivunt et sentiunt.* (*Philosophia botanica.*)

A plus forte raison n'a-t-on jamais vu des substances minérales se reproduire. Au contraire, nous constaterons tout à l'heure que tous les êtres vivants sont susceptibles de le faire; ce n'est même que de cette façon qu'ils continuent à exister. Car chaque individu meurt au bout d'un temps donné et ne se perpétue que par sa descendance. Les corps bruts ou inanimés persistent indéfiniment, tant qu'une cause extérieure de destruction ne vient pas agir sur eux.

Si nous résumons en une courte formule les caractères que nous venons de constater, nous pouvons dire que les êtres vivants sont des êtres qui se nourrissent aux dépens du milieu ambiant, qui se reproduisent et qui meurent au bout d'un certain temps, même lorsqu'aucune cause extérieure de destruction ne vient agir sur eux. Telles sont les propriétés qui leur sont communes à tous. Ce sont ces êtres que nous aurons à étudier ici. Nous chercherons dans ce volume à faire ressortir les caractéristiques essentielles de la vie, à exposer les analogies nombreuses et profondes qu'elle présente chez les végétaux et les animaux, à montrer comment elle a pu apparaître à la surface du globe, quels aspects divers elle a revêtus,

comment enfin les organismes vivants se sont modifiés de façon à constituer l'infinie variété des règnes végétal et animal. Mais le sujet est tellement vaste que nous ne pourrions le traiter en entier dans un seul volume; nous nous contenterons de tracer ici à grands traits les principaux linéaments de ce tableau, le plus grandiose assurément que l'homme puisse contempler sur la terre. Nous nous réservons d'examiner dans des volumes subséquents, et avec plus de développements, les points les plus importants de l'évolution des végétaux et des animaux.

Mais avant d'entrer au cœur de notre sujet, il importe de poser encore quelques définitions et d'insister sur les propriétés des substances vivantes. Et tout d'abord, on peut se demander si tous les êtres vivants sont composés des mêmes matières, ou bien si ces matières varient d'un être à l'autre. Or, la science moderne a montré que tous sont formés d'une seule et même substance, qui ne se modifie que très faiblement d'une espèce à l'autre. Cette substance a été nommée *protoplasma* ou *sarcode*. Du haut en bas de l'échelle organique, depuis l'homme jusqu'au ver le plus infime, depuis le palmier qui balance sa tête orgueilleuse à vingt mètres au-dessus du sol, jusqu'à l'algue microscopique cachée dans le limon de l'océan, c'est le protoplasma qu'on retrouve toujours dans la substance intime de tous ces êtres. Il peut être caché par des produits surajoutés, tels que la cellulose, qui constitue le bois des végétaux, ou tels que les matiè-

res cornées qui forment l'épiderme des animaux ; mais le microscope sait toujours le déceler dans l'intimité des tissus. C'est lui seul qui est vivant ; le reste, cornes, ongles, os, dents, bois, amidons, graisses, essences, etc., ne constitue que des substances fabriquées par le protoplasma et qui n'ont de vitalité que grâce à lui. Le protoplasma est donc, comme l'a dit Huxley, « la base physique de la vie ».

Mais quelle est donc cette substance merveilleuse qui nous apparaît tantôt sous la forme d'un mammifère puissant, tantôt sous celle d'un insecte aux vives couleurs, qui constitue les fleurs merveilleuses de nos prairies et les arbres géants des forêts ? Elle est unique en son genre, et doit avoir une composition tout autre que les roches inertes qui forment l'écorce terrestre ? Hé bien, et c'est ici ce qu'il y a de plus merveilleux, il n'en est rien. Le protoplasma ne renferme que des substances qu'on rencontre tout aussi bien dans le monde inorganique. Les principales, celles qu'on trouve chez tous les êtres vivants, sont le carbone, c'est-à-dire du charbon pur, l'hydrogène, gaz qui entre dans la composition de l'eau, l'oxygène et l'azote, deux gaz dont le mélange constitue l'air atmosphérique ; enfin, le soufre, le phosphore et quelquefois le fer. Ces éléments ne sont pas simplement mélangés, mais combinés chimiquement de façon à constituer une masse visqueuse, de consistance glaireuse, dont l'apparence et la constitution chimique correspondent à peu près à celle de l'albumine ou blanc d'œuf.

C'est pourquoi on dit que le protoplasma est une substance *albuminoïde*.

Voilà ce que nous donne l'analyse chimique. Mais si, au lieu de faire comme le chimiste qui ne peut étudier que des protoplasmas morts, nous observons ces substances à l'état vivant, avec un microscope, nous assistons à un spectacle vraiment merveilleux. Tout d'abord, si le grossissement est assez fort, nous voyons que cette substance, que nous pouvions croire homogène, présente une structure aréolée, réticulée ou fibrillaire, c'est-à-dire qu'au sein d'une matière transparente on voit des fibrilles plus foncées, qui dessinent un réseau ou des alvéoles d'une délicatesse extrême. Une discussion s'est élevée dans le monde savant pour décider si la vie réside dans la substance *hyaline* ou dans le réseau *protoplasmique* ; les deux opinions ont été défendues. Pour M. Yves Delage (1), les deux substances sont vivantes au même titre, et le réseau ne doit être considéré que comme une condensation de la matière transparente. Quoi qu'il en soit, voilà une propriété qui distingue tout protoplasma des corps chimiques, même d'origine organique : il est *organisé*, c'est-à-dire qu'il possède une structure d'un ordre plus élevé que la structure atomique des molécules chimiques des corps bruts. Dans ceux-ci, la molécule a bien une structure, mais les diverses

(1) Y. Delage, *la Structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*. — Paris, 1895.

molécules ne sont pas disposées les unes par rapport aux autres dans un ordre défini. Il en est tout autrement dans le protoplasma.

Mais le microscope, même avec des grossissements moins puissants, nous fait assister à un autre spectacle, bien inattendu. Cette matière, qui nous semblait inerte, comme l'albumine dont elle a l'apparence, est en état de mouvement continu. S'agit-il, par exemple, d'une cellule végétale vivante (fig. 1), nous voyons le protoplasma tantôt s'étaler le long des parois de cette cellule, tantôt se concentrer autour d'un point central, puis émettre de longs prolongements dans toutes les directions. Dans ces filaments protoplasmiques circulent de nombreuses granulations de couleur plus claire. Il y a donc de véritables courants dans le protoplasma. Tous ces phénomènes cessent au moment de la mort. Ainsi une des principales propriétés du protoplasma, ce qui le distingue de toutes les substances inanimées, c'est d'être doué de *mouvements spontanés*.

Il en est d'autres non moins remarquables.

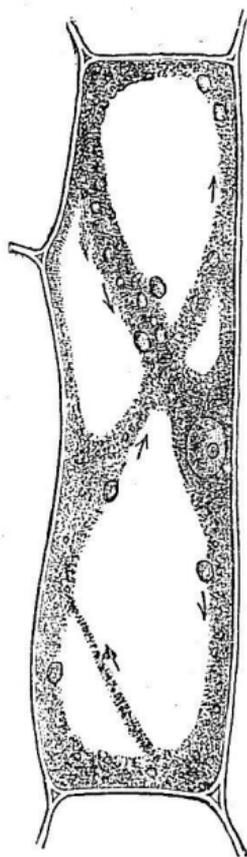


Fig. 1. — Cellule végétale adulte, les flèches indiquent le sens des courants protoplasmiques.

Si l'on abandonne un corps inanimé au contact de l'air et de l'eau, en général il ne se passera rien : le corps ne sera pas modifié et ne modifiera pas le milieu où il a été placé. Ou bien si une réaction doit avoir lieu, elle se produira et cessera lorsqu'un certain état d'équilibre aura été atteint. Pour les substances vivantes, il en est autrement. Ni le milieu dans lequel elles baignent, ni elles-mêmes ne conservent une composition constante. Si l'on observe des êtres vivants au contact de l'air, on constate qu'ils absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique; c'est ce qu'on appelle leur *respiration*. Le milieu est donc modifié puisqu'au bout d'un certain temps il contient une plus grande proportion d'acide carbonique et moins d'oxygène. Mais le protoplasma l'est aussi, puisqu'une partie de son carbone lui a été enlevé et a disparu sous forme d'acide carbonique. S'il s'agissait d'un corps inanimé, la même réaction ne pourrait continuer que jusqu'à ce que tout le carbone ait disparu par oxydation. Dans un corps animé, au contraire, la réaction a une durée indéfinie, parce que les substances enlevées par l'oxydation, ou respiration, se renouvellent au fur et à mesure par la *nutrition*. Ce nouveau phénomène consiste en l'absorption de substances capables de combler les pertes produites par le fonctionnement vital et, en outre, de produire un accroissement de l'individu. Nous l'étudierons avec plus de détails dans la suite de ce livre. Pour le moment il nous suffira d'indiquer que l'assi-

milation ou absorption de substances nouvelles et la désassimilation ou destruction du protoplasma sont deux phénomènes de sens contraire, aussi essentiels l'un que l'autre à la vie.

Si l'assimilation est plus forte que la désassimilation, la masse protoplasmique grandit ; si elles sont égales, elle reste stationnaire ; si, au contraire, la désassimilation l'emporte, la masse protoplasmique dépérit, et finalement toute son activité s'arrête ; elle meurt. C'est ce qui arrive nécessairement au bout d'un certain temps, au moins pour les êtres supérieurs, non seulement parce que la désassimilation finit par l'emporter sur l'assimilation, mais surtout parce que les produits résiduaire (ce que M. Le Dantec appelle les substances R) ne sont pas éliminés entièrement. Ils s'accumulent dans l'organisme, modifient le milieu intérieur et rendent impossible la vie des cellules. C'est à cette accumulation des produits de désassimilation que sont dues la sénilité et la mort des organismes complexes, même alors qu'aucune cause externe n'agit pour les détruire.

Nous avons vu que le protoplasma se compose essentiellement d'atomes de carbone, qu'on représente en chimie par la lettre C ; d'hydrogène, H ; d'oxygène, O ; d'azote Az, et de soufre S. Ces atomes s'unissent pour constituer une molécule très complexe, c'est-à-dire formée par un grand nombre d'atomes de chaque espèce. Si nous employons la notation chimique, où les chiffres placés au-dessus de chaque lettre indiquent le nombre d'atomes correspondants, nous

obtenons pour l'albumine de l'œuf, dont la composition se rapproche beaucoup de celle du sarcode, la formule suivante:  $C^{250} H^{409} Az^{67} O^{81} S^3$ . Ces chiffres ont été établis par A. Gautier (Chimie de la cellule vivante). Comme on le voit, la molécule d'albumine ne renferme pas moins de 810 atomes et, si l'on tient compte des poids atomiques respectifs de ceux-ci, on trouve pour le poids atomique de la molécule la valeur énorme de 5739. On conçoit qu'avec une constitution aussi compliquée, la molécule d'albumine soit des plus fragiles : des agents de tout ordre sont capables de la détruire; mais en revanche elle est susceptible de donner lieu à de nombreux composés nouveaux. La constitution du protoplasma est encore plus complexe, car c'est en réalité un mélange de plusieurs substances albuminoïdes phosphorées. Mais ce qui le distingue de tous les autres composés chimiques, c'est qu'au lieu d'être en repos ses atomes sont en mouvement perpétuel. Grâce à la désassimilation, une partie d'entre eux est détruite et remplacée au fur et à mesure par de nouveaux atomes incorporés grâce à l'assimilation. Ces mouvements moléculaires intimes et invisibles viennent se superposer aux mouvements que le microscope nous a permis tout à l'heure de déceler dans la masse même du protoplasma, et ne doivent pas être confondus avec eux. On peut donc dire que la molécule vivante est un édifice très instable qui se détruit sans cesse d'un côté, pendant qu'il se reconstruit de l'autre. On peut dire encore qu'elle constitue un lieu de

## QU'EST-CE QUE LA VIE?

passage dans lequel des atomes tirés du monde inorganique sont englobés pour un moment, y contractent une combinaison momentanée, puis en sortent pour retomber dans leur inertie première.

Est-il possible d'aller plus loin dans la voie de ces approximations? Pouvons-nous prendre une idée encore plus nette de ce qu'est la vie? Le protoplasma, en effet, dont nous connaissons les propriétés, est vivant, mais il n'est pas la vie. Celle-ci ne peut avoir pour cause unique les substances chimiques dont le protoplasma est composé, puisque ces substances ne diffèrent pas de celles qu'on trouve dans le monde inorganique. Nous sommes dès lors amenés à lui chercher une autre cause. Or on sait que tous les phénomènes physiques et chimiques que nous pouvons constater ne sont que des formes particulières du mouvement: le son est produit par des vibrations d'ensemble des corps; la chaleur, la lumière, l'électricité, par des vibrations d'un fluide impondérable nommé éther; les compositions et décompositions chimiques elles-mêmes ne sont que des mouvements des atomes des corps, réglés par les lois de l'affinité. Il est même probable que les divers corps simples que nous connaissons n'ont pas d'existence réelle. La matière est une: c'est l'éther des physiciens, et les corps simples ne sont que des apparences causées par des modes vibratoires spéciaux de l'éther. Dès lors, il en est de même des corps composés, et notamment du protoplasma: ce

sont des atomes de la matière primordiale en mouvement, et la vie elle-même n'est qu'un mode particulier de ce mouvement; ou, puisqu'elle ne peut exister indépendamment du protoplasma, c'est la combinaison ou la résultante des mouvements individuels des atomes constituant ce corps, et chacun de ces atomes n'est lui-même qu'une forme de mouvement de l'éther.

D'après cette conception (1), l'univers entier est un, dans sa composition comme dans ses lois. Les planètes, le soleil, les étoiles lointaines sont, comme la terre, des condensations de la matière primordiale, et leurs mouvements grandioses obéissent à la même loi de la gravitation universelle. Des théories toutes modernes, dues à l'étude des rayons cathodiques (2), nous font encore mieux comprendre cette unité fondamentale de l'univers. D'après elles, chaque atome serait constitué par une ou plusieurs masses très fortement chargées d'électricité positive et par une multitude de petits corpuscules, sortes de planètes négatives, gravitant autour des masses centrales et pouvant s'en détacher sous certaines influences pour constituer les radiations cathodiques. Ces corpuscules sont identiques entre eux quelle que soit la substance considérée. Nous ne pouvons insister ici; il nous

(1) Pour la conception moniste de l'univers, voir : E. Haeckel. *Le Monisme, lien entre la religion et la science*. Préface et traduction de G. Vacher de Lapouge. Paris, 1897.

(2) Voir J. Perrin. *Les Hypothèses moléculaires*. Revue scientifique, 1901 (1<sup>er</sup> semestre), p. 449.

suffit d'avoir montré que les mouvements atomiques sont très analogues à ceux qui régissent les grandes masses célestes. A son tour, la vie n'étant, comme le reste de l'univers, que de la matière en mouvement, il n'y a pas lieu de s'étonner de la voir elle-même devenir une cause de mouvements. Elle en détermine effectivement de plus ou moins complexes : mouvements d'ensemble des animaux et de certains végétaux, mouvements vibratoires tels que la chaleur animale, la lumière ou l'électricité, produites par quelques animaux, mouvements moléculaires, comme les réactions chimiques qui se passent incessamment dans toute substance vivante, soit animale, soit végétale.

Nous avons vu, dans les paragraphes précédents que la vie a, comme les autres phénomènes, pour bases la matière et le mouvement. Mais chaque ordre de phénomènes a ses caractéristiques spéciales. Si l'on étudie successivement les phénomènes astronomiques, physiques et chimiques, on constate immédiatement que ces trois ordres de phénomènes sont d'une complexité croissante et présentent entre eux des différences caractéristiques, sur lesquelles nous ne pouvons insister ici. Il s'agit donc d'établir maintenant les propriétés essentielles de la vie, celles qui permettent de caractériser immédiatement une substance vivante quelconque, et de la distinguer des matières inanimées. Nous avons déjà, au début de ce travail, cité quelques-unes de ces propriétés : nutrition, durée limitée de l'exis-

tence, reproduction, mouvements spontanés. Mais il importe, maintenant, de préciser, et de montrer que tous ces phénomènes reposent sur deux propriétés essentielles et caractéristiques de la substance vivante : la *finalité* et la *limitation de la taille*.

Nous avons dit qu'un fragment de protoplasma modifie incessamment le milieu dans lequel il baigne. Il attire à lui les substances qui peuvent lui être utiles, rejette celles qu'il ne peut utiliser et s'assimile (1) les autres en les transformant en protoplasma. Il parvient ainsi, malgré la destruction incessante dont il est l'objet, à maintenir sa composition entre certaines limites de variation. Il y a dans ces phénomènes une véritable finalité, c'est-à-dire un ensemble d'actes combinés en vue d'un but à atteindre : rien de pareil ne s'observe dans le monde inorganique.

Ce fait est encore plus frappant lorsque, comme il arrive pour beaucoup d'êtres unicellulaires, la masse protoplasmique est capable d'émettre des prolongements, de ramper lentement pour se rapprocher des corps qui peuvent lui servir d'aliments et pour les englober dans sa masse. Mettez une goutte d'eau contenant des substances en décomposition, sur la platine d'un microscope. Vous y verrez s'agiter tout un petit monde formé d'êtres aussi simples que possible,

(1) Assimiler vient de deux mots latins et veut dire rendre semblable. Cette expression caractérise donc bien cette propriété si curieuse du protoplasma, de puiser des matériaux dans le monde extérieur et de les transformer en les rendant semblables à lui-même.

puisque'ils ne sont composés que d'une seule cellule. Les uns se disputent quelque parcelle alimentaire; d'autres se rapprochent de la partie éclairée, s'évitent en se heurtant au passage, ou bien suivent les bords de la goutte d'eau en cherchant à s'en échapper. N'y a-t-il pas là l'indice certain d'une volonté obscure, mais consciente? Est-il possible de dire que tous ces phénomènes sont dus simplement à des actions physiques et chimiques, comme le veulent certains auteurs?

Certes les tentatives de MM. Le Dantec (1); Giglio-Tos (2), Houssay (3), pour ramener les phénomènes vitaux à la mécanique ont contribué à fixer nos idées sur nombre de points importants. Grâce à ces travaux, les lois de l'assimilation fonctionnelle et l'influence des causes physiques sur le développement nous sont mieux connues qu'auparavant. Mais ces auteurs ne tiennent pas compte de la finalité qui est la caractéristique même de la vie. Si à la rigueur on peut admettre la chimiotaxie comme cause de la forme et des mouvements des êtres monoplastidaires, on ne saurait cependant se refuser à voir l'influence de la conscience dans les actes des Métazoaires; à moins de tomber dans l'exagération de M. Lœb (4), pour qui le papillon est

(1) Le Dantec. *La Matière vivante*. Paris, 1895. — *Théorie nouvelle de la vie*. Paris, 1896. — *Evolution individuelle et hérédité*. Paris, 1898.

(2) Giglio-Tos. *Les Problèmes de la vie*. Turin, 1900.

(3) Houssay. *La Forme et la vie, essai de la méthode mécanique en zoologie*. Paris, 1900.

(4) Lœb : *Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie*. Leipzig, 1899.

attiré par la flamme grâce à un *phototropisme* positif, pour qui encore l'actinie qu'on a retournée reprend sa position normale sous l'influence du *géotropisme*. N'est-ce pas là se payer de mots et revenir, avec un appareil scientifique moderne, au verbalisme du Moyen-Age?

Il convient évidemment d'éviter l'erreur anthropomorphique; cependant, en vertu du vieil adage : *Natura non facit saltus*, nous pouvons estimer que les phénomènes de conscience que nous constatons en nous-mêmes et chez les autres Vertébrés existent à quelque degré chez tous les êtres vivants. Leur apparition brusque chez les animaux supérieurs serait tout à fait incompréhensible s'ils n'étaient pas inhérents au protoplasma lui-même.

D'après Y. Delage (*op. cit.*, p. 755), l'assimilation aurait lieu par des séries de dialyses successives des liquides nutritifs à travers les membranes de la cellule, du noyau, du nucléole, etc. Chacune d'elles ne laisserait passer que les liquides utiles à chaque organe cellulaire, pris dans le liquide déjà modifié par les dialyses précédentes. N'est-ce pas là un bel exemple de finalité dans la vie intime de la cellule? Mais nous verrons l'adaptation à un but encore plus marquée dans la faculté d'évolution dont sont doués, à quelque degré, tous les protoplasmas. Il n'y a presque pas d'êtres vivants, si simples soient-ils, dont l'existence ne présente plusieurs phases successives parfaitement distinctes. Les œufs de tous les animaux ont non seulement la même composition anatomique, puisqu'ils ne

sont formés chacun que d'une seule cellule; non seulement ils sont constitués essentiellement par du protoplasma, mais encore l'analyse chimique ne peut déceler entre eux que des différences de composition d'ordre infinitésimal. Et cependant l'un de ces œufs devient une éponge, un autre une méduse, un troisième un calmar, cet autre un poisson, cet autre enfin un homme! N'est-ce pas la meilleure preuve, dit M. E. Perrier (1), qu'en dehors des substances chimiques et des forces qui en émanent il y a, dans ces divers protoplasmas, quelques ressorts cachés, dont ne tiennent pas compte les partisans de l'origine chimique de la vie?

Pour nous ce ressort caché n'est autre que la finalité, c'est-à-dire une volonté obscure, inhérente à toute substance vivante, animale ou végétale, qui la porte à réaliser les conditions les plus favorables à l'entretien de la vie de l'individu et à la perpétuation de la vie de l'espèce. C'est sous l'influence de cette finalité que les pseudopodes de l'amibe se dirigent vers les substances alimentaires; que les cellules nombreuses des êtres composés se groupent de façon à constituer des organes, tels que les feuilles des plantes ou les membres des animaux; qu'elles fabriquent des substances utiles à l'ensemble de l'organisme, comme la chlorophylle ou l'hémoglobine.

Claude Bernard a dit, il y a longtemps (2) :  
« Il y a dans le corps animé un arrangement,

(1) E. PERRIER. *Les Colonies animales et la formation des organismes*, 2<sup>e</sup> édit. Paris, 1898.

(2) Claude Bernard. *Leçons sur les phénomènes de la vie*. Paris, 1879.

une sorte d'ordonnance que l'on ne saurait laisser dans l'ombre, parce qu'elle est véritablement le trait le plus saillant des êtres vivants... Les phénomènes vitaux ont bien leurs conditions physico-chimiques rigoureusement déterminées; mais en même temps ils se subordonnent et se succèdent dans un enchaînement et suivant une loi fixés d'avance : ils se répètent éternellement, avec ordre, régularité, constance, et s'harmonisent en vue d'un résultat qui est l'organisation et l'accroissement de l'individu, animal ou végétal. Il y a comme un dessin préétabli de chaque être et de chaque organe, en sorte que si, considéré isolément, chaque phénomène de l'économie est tributaire des forces générales de la nature, pris dans ses rapports avec les autres, il révèle un lien spécial, il semble dirigé par quelque guide invisible dans la route qu'il suit et amené dans la place qu'il occupe.» Nous n'insisterons pas ici, car nous aurons occasion de revenir dans la suite de cet ouvrage sur les phénomènes de cet ordre. Contentons-nous d'établir pour le moment que l'adaptation des organes à un but n'est pas un pur effet du hasard, mais bien l'expression d'une tendance inhérente à tout protoplasma. La matière vivante fait effort vers la vie, et, par tous les moyens possibles, elle essaye de réaliser un maximum de vie. Cette propriété est tout à fait caractéristique du protoplasma ; si on la lui enlève, ce n'est plus qu'un composé chimique analogue aux autres, une substance *morte*.

De plus, comme l'a fort bien exposé M. Ri-

chet (1), elle est seule capable d'expliquer l'évolution, c'est-à-dire les modifications incessantes que subissent les êtres vivants à la surface du globe. Sous l'influence de la lutte pour la vie, sous celle des modifications survenues dans les conditions extérieures, les êtres *s'adaptent*, c'est-à-dire se modifient de façon à pouvoir soutenir la lutte avec plus de chances de succès. La matière vivante, disséminée à la surface terrestre, prend des formes diverses toujours renaissantes. Elle est en état de perpétuel devenir; et cette transformation incessante est une tendance au progrès dans le sens de la vie.

Nous avons dit qu'une autre propriété non moins importante distingue les protoplasmas des composés chimiques. C'est celle de ne pouvoir exister que sous forme de masses d'un petit volume (sauf de très rares exceptions sur lesquelles nous reviendrons dans la suite de ce livre). Rien ne limite la taille d'un composé chimique. Quel que soit le volume d'un cristal, on peut lui ajouter une nouvelle quantité de substance. Il n'en est pas de même de la matière vivante : toute masse protoplasmique qui a atteint quelques dixièmes de millimètres au maximum se divise spontanément en deux ou plusieurs masses distinctes et plus petites. Celles-ci se mettent à grandir, pour se diviser à leur tour, dès qu'elles ont atteint la taille maxima spéciale à leur espèce. La cause de ce phénomène pour-

(1) RICHET, *l'Effort vers la vie et la théorie des causes finales*. Revue scientifique, 2 juillet 1898.

rait être la suivante : quand une cellule s'accroît, sa surface croît comme le carré et son volume comme le cube de son rayon. Or, l'assimilation est proportionnelle au volume et, comme elle se fait par la surface, plus la cellule s'accroît plus la nutrition devient difficile. C'est pour la faciliter que la cellule se divise. Quoi qu'il en soit, nous constatons que le protoplasma ne peut exister que sous la forme d'*individus* ayant une taille limitée, que l'on appelle des *cellules* ou *plastides*. Beaucoup de plastides demeurent toujours à l'état isolé; mais plus souvent encore ils s'associent pour constituer un organisme plus ou moins complexe. Nous aurons donc à étudier successivement les plastides isolés et les plastides associés ou organismes (animaux ou végétaux).

Au point où nous sommes parvenus, nous savons que la vie ne peut exister indépendamment d'une substance nommée protoplasma, dont la composition chimique se rapproche de celle de l'albumine, mais qui se distingue de tous les autres corps connus par l'état de mouvement perpétuel où se trouvent ses molécules : cette substance se détruit sans cesse pour se reconstituer aux dépens du milieu ambiant. Nous avons été amenés à lui attribuer, en outre, une sorte de volonté, qui lui permet de rechercher les conditions les plus favorables et d'évoluer en se modifiant pour s'adapter à ces conditions. Enfin nous avons vu que cette substance a une *personnalité*, c'est-à-dire qu'elle ne peut exister que sous forme d'*individus*.

## CHAPITRE II

### ORIGINE DE LA VIE

Les données de la paléontologie. — La loi de complexité croissante des organismes. — Les premiers êtres vivants étaient des plastides. — Leur origine possible : la génération spontanée. — Conditions physiques et chimiques qui régnaient aux époques primitives et qui pouvaient favoriser ce phénomène. — Impossibilité de rien affirmer sur l'origine même de la vie. — Son point d'apparition probable : le pôle nord.

Arrivés à ce point de notre exposé, nous pouvons nous demander quelle a été l'origine de la vie sur la terre. En effet, la géologie nous enseigne qu'au début de son histoire la planète que nous habitons n'était qu'un globe de feu fort analogue au soleil. D'après Faye, tout le système solaire est le résultat de la condensation d'une nébuleuse primitive et le soleil n'a pris naissance qu'après les planètes. Quoi qu'il en soit, nous savons de source certaine qu'autrefois toutes les roches que nous connaissons sur la terre étaient fondues ou même à l'état de vapeur. Par suite la vie y était parfaitement impossible puisqu'aucun être vivant ne peut résister à une

température de 100° à 120°, c'est-à-dire celle de l'eau bouillante ou un peu au-dessus ; pour la très grande majorité, les limites de température compatibles avec la vie sont même bien inférieures à 100°. Ce n'est que bien lentement, au fur et à mesure que ce globe igné se refroidissait, et qu'il se formait à sa surface une croûte solide, que les conditions devenaient progressivement favorables à l'établissement des êtres vivants. La vie n'a donc pas existé de tous temps sur la terre. Elle y est apparue à un moment donné de la durée, probablement alors que le soleil commençait à se constituer et à envoyer une lumière diffuse sur les planètes qui évoluent autour de lui. Mais aux époques anciennes, malgré la solidification de la croûte terrestre, la chaleur du noyau central se faisait encore sentir et c'est même ce qui, d'après Faye, explique l'uniformité primitive des faunes et des flores, du pôle à l'équateur, et l'absence de zones climatiques.

Pendant bien longtemps, sur la foi d'antiques traditions, les hommes ont cru que le monde vivant avait été créé d'un seul coup, tel que nous le connaissons, avec son infinie variété de plantes et d'animaux. Mais la paléontologie, c'est-à-dire la science des êtres anciens, est venue soulever un coin du voile qui nous cachait les premiers chapitres de l'histoire du globe. Nous n'avons encore appris qu'à épeeler quelques pages de cette histoire merveilleuse et déjà les résultats acquis dépassent toute espérance. Nous les exposerons dans cet ouvrage.

et dans ceux qui le suivront. Pour le moment, constatons seulement que l'ensemble des plantes et des animaux a varié bien des fois avant d'atteindre l'état actuel. Des espèces nombreuses se sont éteintes après avoir brillé d'un vif éclat; d'autres, qui ont une origine des plus modestes, se sont élevées de nos jours seulement à un rang supérieur. L'homme même qui, à tort ou à raison, se considère comme la merveille du monde animal, n'est apparu que très tardivement et a pour ancêtres des organismes bien humbles. D'une façon générale, on voit les êtres vivants se perfectionner au cours des âges, de sorte que les espèces les plus puissantes, les plus intelligentes, les plus variées aussi, sont celles de l'époque actuelle, tandis que, en remontant la série des temps, on voit des animaux et des plantes moins perfectionnés, et moins dissemblables. A l'époque jurassique, il n'y a pas encore de Mammifères, les rois du monde d'alors sont les Reptiles, dont quelques-uns atteignent une taille gigantesque. Dans un passé plus lointain il n'y a pas encore de Reptiles, mais une riche faune de Poissons. Enfin dans les temps primaires, si les Poissons sont rares, en revanche les Mollusques et les Crustacés détiennent sans partage l'empire des mers. Les plus anciens animaux qu'on ait trouvés dans les couches géologiques ne sont pas les premiers apparus; ils ont en effet déjà une certaine complexité de structure. Les premiers êtres vivants, très petits et dépourvus de carapace solide ou de coquille, n'ont pas pu laisser de traces de leur existence.

Mais en raisonnant par analogie, on peut supposer que la même loi de complexité et de diversification croissantes avait présidé à la formation des êtres les plus anciens qu'on ait rencontrés, et que leurs ancêtres étaient des organismes bien plus simples. Enfin, en vertu de la même loi, ces organismes eux-mêmes ne pouvaient provenir que d'êtres formés d'une seule cellule, c'est-à-dire de plastides, qui se seraient unis en colonies pour constituer des organismes. Nous verrons en effet plus tard qu'il suffit d'admettre l'existence de plastides doués de la faculté d'évolution dont nous avons parlé, pour expliquer, par leurs modifications et leurs associations, la constitution des innombrables espèces animales et végétales.

Dès lors, le problème se réduit à se demander comment ont pu apparaître les premiers plastides. Mais tout d'abord il importe de voir si, à l'époque actuelle, de la substance vivante est encore susceptible de se former. Par les changements incessants qui s'accomplissent dans leur composition, par les mouvements dont ils sont le siège, par leur faculté de se nourrir, de se diviser en individualités distinctes, de se reproduire, les protoplasmas diffèrent entièrement de toutes les substances chimiques connues : ils constituent une classe de corps tout à fait à part. Si même on pouvait réaliser dans les laboratoires la synthèse des plus complexes des matières albuminoïdes, si on était capable de reproduire tous les composés qu'on peut ex-

traire des êtres vivants, on n'aurait pas pour cela le droit d'espérer la réalisation prochaine de la vie. Car tous ces corps existent dans le cadavre, et cependant la mort s'en est emparée pour jamais. Il faudrait, comme le dit M. Edm. Perrier, après avoir créé de toutes pièces du protoplasma, savoir lui imprimer cette sorte de tressaillement incessant, de composition et de décomposition continues qui constituent l'essence même de la vie, et que la chimie ne connaît pas. Or nous n'avons qu'un moyen de communiquer à un tel composé les mouvements qui lui manquent : c'est de le mettre en contact avec un protoplasma vivant. Il y a chance alors qu'il pénètre dans la masse de ce dernier, qu'il s'identifie avec sa substance et arrive ainsi à vivre à son tour. Mais ce phénomène de communication ou de transformation de la vie n'est autre chose que la *nutrition*, et il n'y a pas, en pareil cas, création de vie, mais simplement transport des mouvements vitaux d'une substance vivante à une substance inerte.

Ce que nous ne pouvons réaliser dans nos laboratoires, peut-être la nature le fait-elle tous les jours sous nos yeux? On était en droit de le croire avant les mémorables expériences de Pasteur. En effet, quand on abandonne au contact de l'air un liquide contenant des substances organiques, du bouillon, par exemple, on voit bientôt s'y développer des êtres vivants de toutes sortes, notamment des moisissures, qui semblent avoir pris naissance sur place, sans l'intervention d'aucune cause extérieure. Mais Pasteur

a montré qu'il n'y avait pas là de *génération spontanée* : les êtres développés dans le bouillon proviennent de germes répandus en quantité innombrable dans l'atmosphère. Si, après avoir fait bouillir le liquide pour tuer les germes qu'il pouvait contenir, on le met dans un flacon fermé d'un tampon d'ouate, l'air se filtre sur la ouate, y abandonne ses germes : dans ces conditions le bouillon se conserve indéfiniment. Le résultat est le même si, au lieu de prendre un flacon bouché, on en choisit un dont le col soit recourbé en bas : les germes ne peuvent remonter le long du goulot, et le bouillon reste intact. Il est donc certain qu'au moins dans ces conditions il ne se crée pas de nouvelle substance vivante, et le vicil aphorisme : *omne vivum è vivo* conserve toute sa valeur. La vie seule engendre la vie, tout être vivant provient d'un autre être vivant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un germe. Nous aurons du reste à revenir sur cette question en parlant du *Bathybius* (v. p. 38).

Mais en a-t-il toujours été ainsi? Tout au début des temps primaires, au moment où la vie a fait son apparition sur la terre, les conditions physiques et chimiques du milieu n'étaient-elles pas tout autres que celles qui règnent aujourd'hui? Les substances vivantes qui ne forment plus de toutes pièces actuellement n'ont-elles pu se produire alors sous l'empire de circonstances tout à fait différentes? Il est certain qu'à ces époques reculées notre terre devait

présenter un aspect fort étrange et dont nous avons peine à nous faire une idée. Les minéraux primitifs, granits, gneiss, schistes, s'étaient solidifiés et avaient constitué autour de la masse pâteuse de roches fondues une écorce mince et peu résistante, susceptible de se déformer sous l'influence des pressions venues de l'intérieur, et de donner lieu à des plissements ou chaînes de montagnes. L'eau, qui jusque-là se trouvait tout entière à l'état de vapeur dans l'atmosphère, s'était précipitée sur cette première écorce, l'avait ravinée et s'était rassemblée dans les dépressions, en y constituant des océans. Mais la chaleur du noyau central se faisait encore vivement sentir à travers l'écorce mince; elle maintenait ces mers primitives à une température élevée et y provoquait une évaporation abondante. L'atmosphère contenait donc encore une énorme proportion de vapeur d'eau; celle-ci se condensait dans les couches supérieures plus froides et retombait sur la terre en une pluie tiède continue. D'autre part, la composition même de cette atmosphère devait être bien différente de ce qu'elle est aujourd'hui. L'acide carbonique, qui n'avait pu encore être décomposé par les plantes ni se fixer dans les tissus des animaux, y était contenu tout entier à l'état de gaz. Si l'on réfléchit à l'épaisseur des couches de calcaire du globe, qui sont essentiellement composées d'acide carbonique fixé au cours des âges sur la chaux, sous l'influence d'organismes vivants, on peut se faire une idée de l'énorme proportion de ce gaz que renfermait l'atmosphère primitive. L'acide car-

bonique va du reste sans cesse en diminuant (1), sous l'influence de la décomposition qu'il subit de la part des végétaux. L'air actuel n'en renferme plus que 3 à 4 dix-millièmes.

D'autre part, l'atmosphère primitive ne devait contenir que peu ou pas d'oxygène. Ce gaz en effet avait dû, à la faveur d'une température élevée, se combiner avec toutes les autres substances capables de s'oxyder. Celui que renferme l'air actuel ne saurait provenir que de la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux, qui absorbent le carbone et rejettent l'oxygène. Outre l'acide carbonique, l'atmosphère primitive était constituée par de l'azote, ce gaz inerte qui se combine si difficilement avec les autres corps. On sait cependant que, d'après M. Berthelot, ce gaz peut, sous l'influence d'effluves électriques, se fixer sur des matières organiques telles que la cellulose ou la dextrine. Peut-être même est-ce à un phénomène analogue qu'est due l'apparition des substances albuminoïdes, des hydrates de carbone s'étant d'abord formés par combinaison directe du carbone et de l'eau; l'azote serait ensuite venu se joindre à ces éléments sous l'influence de décharges électriques.

Grâce à l'énorme proportion d'acide carbonique et de vapeur d'eau qu'elle renfermait, l'atmosphère était très dense, et en même temps

(1) Voir à ce sujet les intéressants articles de M. Dastre sur l'air atmosphérique. *Revue des Deux-Mondes*, 1<sup>er</sup> septembre et 1<sup>er</sup> octobre 1898.

très opaque. Les rayons du soleil n'arrivaient jamais à percer l'épais manteau de nuages qui enveloppaient la terre. Il devait régner sous cette voûte de vapeurs une chaleur humide et lourde; les océans eux-mêmes étaient à une température élevée, grâce à la minceur de l'écorce terrestre qui se laissait traverser facilement par la chaleur centrale; grâce aussi à la chaleur solaire qui se condensait sous les brumes sans subir de déperdition par rayonnement. Il n'y avait ni saisons, ni zones climatiques, et les mêmes conditions de chaleur et d'humidité s'étendaient à l'ensemble du globe. Enfin cette température élevée était éminemment favorable aux manifestations électriques, qui devaient acquérir une grande intensité, tant à la surface de la terre et des mers que dans la zone nuageuse qui enveloppait le globe.

Ces conditions de chaleur, d'humidité, d'électricité, n'étaient-elles pas propices à la production de réactions chimiques complexes, dont le résultat final aurait été l'apparition des substances vivantes, des protoplasmas? Disons tout de suite que ce milieu qui, grâce au manque d'oxygène, ne permettrait pas la vie des êtres supérieurs, est au contraire compatible avec l'existence d'êtres peu élevés en organisation. On a pu notamment faire vivre des Algues unicellulaires dans une atmosphère composée exclusivement d'azote, d'acide carbonique et de vapeur d'eau. On pourrait donc croire que les premiers êtres apparus sur la terre étaient *anaérobies*, c'est-à-dire capables de vivre sans oxygène. Ils

auraient décomposé une partie de l'acide carbonique de l'air, rejeté l'oxygène dans l'atmosphère, se seraient alors adaptés à la vie aérobie (c'est-à-dire dans un milieu oxygéné) et auraient rendu possible la vie des êtres supérieurs et notamment des animaux, qui ne peuvent pas se passer d'oxygène.

Quant à l'apparition même de ces premiers êtres nous ne pouvons rien affirmer. Les conditions de milieu qui existaient alors favorisaient évidemment la formation de composés chimiques complexes. Mais l'état moléculaire si spécial qui caractérise les substances vivantes, leur finalité interne, la conscience obscure dont toutes sont douées, leur faculté d'évolution, leur personnalité enfin, tous ces éléments qui les distinguent si bien de tous les autres corps, peuvent-ils être dus à l'intervention de facteurs physiques et chimiques seuls ? Nous nous bornons à poser la question, sans chercher à lui donner aucune réponse. Ces problèmes d'origine sont du domaine de la spéculation métaphysique et non de celui de la science.

On peut enfin, sans préjuger en rien de l'origine de la vie, se demander en quel point du globe elle est apparue. Ce ne peut être que dans une mer. L'histoire de l'évolution nous montrera en effet que les êtres les plus anciens sont tous aquatiques ; ce n'est que progressivement que quelques-uns d'entre eux se sont adaptés à la vie terrestre et aérienne. De nos jours encore la mer, qui occupe les  $\frac{4}{5}$  de la surface du globe,

présente un fourmillement de vie auprès duquel les faunes et les flores continentales semblent bien pauvres. C'est surtout près de ses rives, dans les endroits où la profondeur est plus faible et qui sont soumis à l'action des marées, qu'on observe des conditions éminemment favorables à l'existence des animaux et des végétaux. C'est là que, dans un espace relativement restreint, on trouve une infinie variété d'êtres vivants. Si les zones cotières de la mer sont actuellement si propices aux diverses manifestations de la vie, elles ne l'ont pas été moins aux époques géologiques : ce sont les rives des anciennes mers qui donnent aux paléontologistes les plus amples moissons de fossiles divers. On peut dès lors penser que c'est dans un territoire de ce genre, au milieu des anses et des baies bordant une masse continentale, que la vie a fait son apparition sur le globe.

Mais où était située cette mer primitive dans laquelle se sont constituées les primitives substances vivantes, et d'où elles ont pris leur essor pour envahir successivement toute la surface du globe? Ce ne pouvait être au voisinage de l'équateur, où la température était encore trop élevée. Le refroidissement s'est fait sentir tout d'abord aux pôles ; c'est donc là que les premières traces de la vie ont dû apparaître, une fois que la température y a été assez basse. Le pôle Sud, peu étudié et qui semble formé d'une masse continentale, ne saurait entrer en ligne de compte. En revanche le pôle Nord, avec sa ceinture d'îles et de continents, semble bien

remplir les conditions requises pour l'éclosion de la vie. C'est là, dans ce bassin fermé et jusqu'à présent à peu près inaccessible, que les premiers êtres vivants ont dû apparaître. Il y régnait alors une température bien supérieure à celle qu'on y trouve aujourd'hui ; puisque même bien plus tard, dans les temps secondaires, on y rencontre encore des plantes tropicales. Cependant cette température était déjà inférieure à celle qui régnait encore sur le reste du globe. Les premiers êtres formés là se sont répandus de proche en proche dans les autres régions ; ils se sont adaptés à la vie terrestre sur les îles et les continents qui bordaient le bassin polaire, et ont petit à petit fait la conquête du monde. Du reste, au cours de toutes les époques géologiques, le pôle Nord semble avoir été un centre de formation d'espèces nouvelles qui, constituées d'abord en ce point, se sont disséminées dans les contrées plus méridionales, au fur et à mesure que la température des régions polaires devenait trop froide pour elles. C'est ainsi qu'en explorant des terrains de plus en plus récents du Groenland ou du Spitzberg, le paléontologiste trouve des restes de végétaux et d'animaux de mieux en mieux adaptés au froid. Ce n'est qu'à une époque relativement récente que, la température ayant encore baissé, ces régions ont été définitivement abandonnées par la vie et transformées en solitudes glacées.

En résumé, nous ne savons rien de positif sur l'origine même de la vie. Tout ce que nous som-

mes à même de dire, c'est que les conditions de température, d'humidité, d'électricité, etc., régnant au début des temps primaires, étaient très différentes de ce qu'elles sont aujourd'hui et ont pu favoriser la formation de composés analogues aux protoplasmas, sans que nous soyons en mesure de préciser d'où leur est venu l'influx vital lui-même.

Les premiers êtres vivants étaient très simples, composés d'une seule cellule; ils ont pris naissance dans une mer chaude, probablement au voisinage des côtes. Le point du globe qui paraît le mieux satisfaire à ces conditions est le pôle Nord.

## DEUXIÈME PARTIE

### Les Êtres monocellulaires ou Plastides

#### CHAPITRE III

##### LES PREMIÈRES TRACES DE LA VIE

Les Monères. — La gelée primitive des Allemands. — Le Bathybius de Haeckel. — Les différentes espèces de Monères. — Nutrition et mouvements amiboïdes. — Reproduction par division simple ou scissiparité ou par formation de spores. — Monères vivant en sociétés.

Les êtres vivants que nous aurons à étudier ici diffèrent beaucoup de ce qu'on est habitué à considérer comme doué de vie. Ils n'ont pas d'organes; ils sont formés d'un simple grumeau de protoplasma; ils ne sont ni des végétaux ni des animaux. Mais ces masses amorphes et sans organisation apparente sont plus admirables dans leur simplicité que les représentants les plus compliqués des règnes végétal et animal. Non seulement, en effet, elles vivent et se reproduisent pour leur propre compte, mais encore elles portent en elles la puissance créatrice qui

a donné essor à tous les êtres vivants. Ce sont, en effet, leurs ancêtres qui, aux premiers âges du globe, se sont perfectionnés, sont devenus de plus en plus dissemblables entre eux, se sont agrégés en colonies et ont finalement donné naissance à la multitude des plantes et des animaux qui peuplent notre terre.

Dans cette lignée si nombreuse, quelques groupes se sont moins perfectionnés que les autres et sont restés comme des témoins de l'état de choses antérieur. Ils nous permettent de suppléer à ce que l'état de nos connaissances paléontologiques peut avoir d'insuffisant. En effet, de nombreux êtres vivants sont de consistance trop molle pour laisser des traces dans les couches correspondant à l'époque où ils ont vécu. Beaucoup de terrains, et notamment les plus anciens, ont du reste été modifiés — métamorphosés comme disent les géologues — plus ou moins profondément après leur dépôt. Sous l'action de causes physiques et chimiques diverses, des éruptions volcaniques, par exemple, les restes organiques qu'ils contenaient ont été détruits ou sont devenus méconnaissables. Mais en raisonnant par analogie, et en se rappelant qu'à mesure qu'on remonte le cours des âges les manifestations de la vie deviennent plus simples, on arrive à combler les lacunes de la paléontologie. Comme nous le disions plus haut, certains groupes d'êtres n'ont pas suivi le mouvement général, se sont arrêtés à une période plus ou moins avancée de leur évolution et ont persisté jusqu'à nos jours comme pour nous montrer ce

qu'étaient les premiers essais de la vie à ses débuts.

Parmi ces êtres peu évolués, nous trouvons d'abord les Monères, qui doivent différer fort peu de ce qu'étaient leurs ancêtres, lorsque l'écorce terrestre venait de se solidifier, et qu'au fond de mers très chaudes les premières substances vivantes étaient apparues. Rien, en effet, de moins compliqué qu'une Monère. Imaginez un simple grumeau de gelée : voilà tout ce que montrent nos meilleurs instruments d'optique, nos microscopes les plus puissants. Mais cette gelée est vivante : on la voit sans cesse changer de forme, se déplacer lentement sur la lame de verre du microscope. Tantôt elle s'entoure de grêles prolongements de forme variée, et apparaît dans le liquide qui la baigne, semblable à ces légers filaments qui ondulent dans un verre d'eau au-dessus d'un morceau de sucre qui fond. Tantôt tous ces prolongements se fusionnent avec la masse principale qui prend l'aspect d'une gouttelette graisseuse. Ce grumeau de gelée se nourrit et se reproduit. Au moyen de ses prolongements ou pseudopodes, il s'empare d'animalcules d'un ordre plus élevé, il les dissout et les incorpore dans sa propre substance. Enfin quand il a acquis une certaine taille il se divise en deux nouvelles Monères, qui se nourrissent, grandissent et se reproduisent à leur tour. On constate quelquefois dans l'intérieur de la masse de ces êtres l'existence de fins granules, presque toujours entraînés par cette sorte de mouvement circulatoire, qu'on a désigné sous le nom

de circulation protoplasmique. Ce sont probablement des résidus de leurs aliments : le protoplasma des Monères a lui-même la limpidité d'un liquide.

Voilà donc des êtres aussi simples qu'on peut le souhaiter. Formés d'une goutte de matière vivante, sans aucune trace d'organisation, ils nous représentent bien ce qu'a pu être la vie à ses débuts. Mais les savants ne sont jamais satisfaits. Les Monères sont douées de personnalité, elles ont une limite de taille qu'elles ne peuvent pas dépasser sans se diviser. Ils se sont demandé si elles ne procédaient pas elles-mêmes d'un protoplasma impersonnel et de taille indéterminée. On put le croire un moment.

En 1868, durant la croisière du navire anglais *The Porcupine*, les naturalistes Carpenter et Wyville Thomson découvrirent, entre les particules solides du fin limon que la drague ramenait d'une profondeur de 8.000 mètres, une sorte de glu protoplasmique animée de mouvements d'une extrême lenteur. Cette substance n'était pas limitée dans son étendue; elle pouvait grandir indéfiniment sans se diviser en individus distincts. Par suite, il ne pouvait être question chez elle de reproduction, puisque la reproduction, dans sa forme même la plus simple, suppose des êtres vivants de grandeur définie, donnant naissance à des êtres semblables à eux. Si une portion de la substance venait à être séparée artificiellement de la masse commune, on la voyait grandir indéfiniment; mais si les deux

masses se rencontraient de nouveau, elles se soudaient, ne formaient plus qu'un seul être absolument continu.

Cette substance remarquable fut rencontrée par couches d'une vaste étendue en diverses régions de

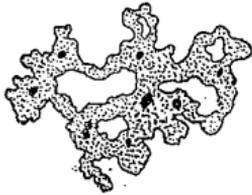


Fig. 2. — *Bathybius Haeckeli*.

l'Atlantique; des échantillons en furent rapportés et remis au professeur Huxley. C'est cet anatomiste qui les décrit et donna à cet être le nom de *Bathybius Haeckeli* (fig. 2), en l'honneur de l'illustre natura-

liste allemand Haeckel, qui avait déjà découvert les Monères.

Le *Bathybius* fit, lors de son apparition dans la science, une profonde sensation. Était-il donc vrai qu'il existait au fond des océans une couche continue de matière vivante, une sorte de limon animé, sans forme et sans limite? Dès le commencement du siècle, en 1809, le philosophe allemand Oken avait émis l'hypothèse que toutes les manifestations de la vie procédaient d'une substance unique, albumineuse, de consistance semi-fluide, qu'il désignait sous le nom de gelée primitive (*Urschleim*). Ne semblait-il pas qu'on se trouvait en présence de cette substance elle-même? Ne pouvait-on penser que ces vastes étendues de protoplasma non différencié abandonnaient de temps en temps une portion de leur masse qui se mettait à évoluer pour son propre compte. De cette gelée vivante primordiale, mère des faunes et des flores de l'avenir, s'échappaient

sans cesse des êtres nouveaux ; la vie s'élançait au fond des océans comme d'un vaste et mystérieux laboratoire, pour remplir les mers et les continents de ses productions variées (1).

Malheureusement pour cette conception si séduisante, la découverte du *Bathybius* fut contestée : on alla jusqu'à prétendre qu'il n'existait pas et que l'apparence observée était due à un simple artifice de préparation ! Les recherches plus récentes de Haeckel ont montré qu'il s'agit bien d'un être vivant ; ses mouvements ont pu être observés au microscope ; on a vu qu'il est le siège d'une véritable circulation protoplasmique, qu'il absorbe des particules alimentaires, que son corps s'étend en un réseau complexe et qui change incessamment de forme. L'existence même de « l'être des abîmes » (sens étymologique du mot *bathybius*) est donc hors de doute ; il a bien les caractères qui lui avaient été d'abord attribués et semble réaliser la forme de vie la plus simple qu'il soit possible d'imaginer. Mais il n'existe pas partout ; de nombreux dragages n'en ont pas ramené trace. Il ne semble d'ailleurs pas cantonné exclusivement dans les grandes profondeurs. En effet l'un des membres de la malheureuse expédition du *Polaris*, M. E. Bessels, en a trouvé dans le détroit de Smith, par 100 m. de fond seulement. En tous les cas, il est faux que la terre soit entourée d'une couche continue de matière vivante.

Est-il vrai maintenant que le *Bathybius* soit

(1) E. Perrier. *Colonies animales*.

vraiment la gelée primordiale d'où sont issus tous les êtres vivants, y compris les Monères ? C'est fort possible, mais ce n'est pas certain. Nous verrons tout à l'heure qu'il y a des Monères qui vivent en colonies, c'est-à-dire qu'elles sont réunies entre elles par des prolongements ramifiés de protoplasma. On a donc émis l'hypothèse que le *Bathybius* n'était qu'une colonie semblable où la fusion des individus distincts était arrivée à un degré encore plus grand, de façon à ne laisser finalement subsister qu'un réseau de protoplasma. Des observations nouvelles pourront seules décider si le *Bathybius* résulte du fusionnement d'un certain nombre de Monères d'abord isolées, ou bien s'il est, au contraire, le père des êtres individualisés, tels que les Monères. D'une façon ou d'une autre il présente un haut intérêt, parce qu'il nous montre une tendance tout à fait contraire à la limitation de la taille, si générale dans les protoplasmas.

Mais laissons cet être problématique et passons à l'examen des différentes formes de Monères. Nous trouvons d'abord la *Protamæba primitiva* (fig. 3) qui vit dans les eaux de la mer, où elle rampe à la surface des animaux marins. C'est une simple gouttelette de protoplasma, sans forme définie ; ses contours changent incessamment ; ils se découpent en lobes arrondis qu'on appelle des *pseudopodes*, et qui se rétractent ensuite tandis que d'autres points de la surface s'allongent à leur tour. Ces mouvements auxquels on a donné le nom d'*amiboïdes* consistent en un déplacement

du protoplasma qui se porte du corps de la *Protamæba* dans ses prolongements. Aussi voit-on la masse du corps diminuer dans les parties abandonnées par le sarcode, tandis que l'un des pseudopodes se gonfle de plus en plus et finit par constituer la masse principale du corps. Si, dans sa marche rampante, l'être rencontre un corps étranger de petite taille, il l'entoure immédiatement d'un bourrelet de protoplasma, et l'englobe petit à petit dans sa masse. Si le corps est apte à servir à la nutrition, il disparaît lentement, absorbé par le protoplasma de la *Protamæba*, tandis que, s'il n'est pas susceptible d'être assimilé, il ne tarde pas être rejeté au dehors, parce que le protoplasma qui l'englobait se retire de lui pour se porter sur un autre point.



Fig. 3. —  
*Protamæba*  
(*P. agilis*).

Ces mouvements amiboïdes sont très importants à considérer. Nous avons vu que, dans tout protoplasma, il y a des courants de matières : ces courants s'observent même chez les êtres supérieurs, tels que les végétaux (v. fig. 1, p. 7); mais chez ceux-ci la cellule est entourée d'une membrane d'enveloppe et les courants ne dépassent pas cette membrane. Chez les Monères au contraire la cellule est nue et les courants protoplasmiques provoquent le déplacement du corps, en portant le protoplasma dans une direction donnée et en lui faisant abandonner les points qu'il occupait primitivement. Nous retrouverons les mouvements amiboïdes plus ou moins modifiés, chez beaucoup d'êtres unicellulaires. Leur forme la plus simple

est celle que nous venons de décrire, celle où ils provoquent la formation de pseudopodes en lobes obtus. Les Monères qui présentent cette particularité s'appellent les Lobomonères.

Chose inattendue, nous trouvons ces mouvements amiboïdes jusque chez les êtres les plus



Fig. 4. — Diverses formes revêtues en 17 minutes par un leucocyte de grenouille.

élevés en organisation, l'homme par exemple. Nous verrons dans la suite de cet ouvrage que ces êtres sont composés de millions de cellules accolées entre elles et plus ou moins modifiées dans leur structure. Mais certaines d'entre elles ont conservé leur indépendance. Tels sont les globules blancs ou leucocytes qui se

trouvent dans le sang, dans la proportion de 1 pour 300 globules rouges. Ces leucocytes se meuvent, se nourrissent et se reproduisent tout à fait à la façon d'une Monère (fig. 4). Ils rampent lentement à la surface interne des vaisseaux. Ils peuvent même en sortir en s'étirant pour passer entre les cellules qui en forment les parois. C'est ce qu'ils font chaque fois que l'organisme est envahi par des éléments qui peuvent lui être nuisibles, par des microbes par exemple. Les leucocytes sortent

alors des vaisseaux et se portent en grand nombre vers le point attaqué. Leur façon de lutter contre les microbes est bien simple : ils les englobent dans leur masse et les mangent. Ce phénomène de défense de l'organisme par des cellules qui mènent une vie indépendante a été découvert par Metchnikof et nommé par lui *phagocytose*. Nous aurons encore plus d'une fois occasion de constater la présence, au sein d'organismes très compliqués, de cellules ayant conservé quelques-uns des traits des êtres vivants les plus rudimentaires.

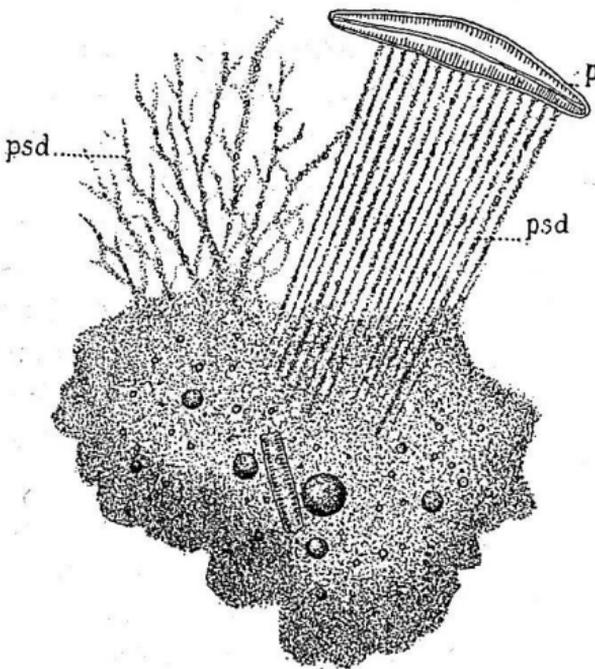


Fig. 5. — *Protogenes* (*P. primordialis*) psd., pseudopodes ; p., diatomée servant de proie ; la carapace d'une autre diatomée, déjà digérée, est incluse dans le corps de la Monère.

Pour en finir avec la *Protamœba*, disons quel-

ques mots de sa reproduction. Elle est très simple : dès que la Monère a atteint quelques centièmes de millimètres, elle s'étrangle en son milieu, prend la forme d'un biscuit et finit par se partager en travers : chaque individu en fournit ainsi deux autres. C'est à ce phénomène qu'on a donné le nom de division simple ou scissiparité.

Dans un second groupe de Monères, les pseudopodes ne sont plus en forme de lobes, mais de grêles filaments, rayonnant de toutes parts autour d'une sphère centrale, gélatineuse. Ces filaments s'allongent, se contractent, se ramifient de toutes les façons possibles, peuvent même rentrer complètement dans la masse générale et y disparaître en entier pour être aussitôt remplacés par d'autres. Tels sont les *Protogenes* (fig. 5), *Protomyxa* et *Myxastrum* qui constituent le groupe des Rhizomonères, caractérisées par des pseudopodes filamenteux et ressemblant au chevelu des racines.

Ceux-ci, comme dans le groupe précédent, sont de simples expansions du protoplasma qui servent à la fois à la marche et à la préhension des aliments. Qu'un infusoire, un petit crustacé ou quelque autre animalcule vienne à frôler l'un de ces pseudopodes, il est aussitôt arrêté au passage : les pseudopodes voisins viennent s'appliquer sur lui, l'englober dans leur masse, et, par un mouvement de déplacement du protoplasma, le conduire petit à petit jusque dans la sphère centrale, où il est dissous. Les parties qui résistent à cette action dissolvante sont rejetées au dehors.

La reproduction des Rhizomonères est tout à fait semblable à celle que nous avons étudiée chez la *Protamœba*. Mais, outre cette reproduction par division, certaines présentent un autre mode sur lequel il nous faut dire quelques mots. A un moment donné de son existence, la *Protomyxa aurantiaca* rentre ses pseudopodes, prend une forme sphérique, puis s'entoure d'une sorte de membrane résistante, incolore, secrétée par son protoplasma. Celui-ci se divise ensuite en un grand nombre de petits corps d'abord globuleux, ou spores, qui s'allongent bientôt en poire, et qui émettent au niveau de leur extrémité la plus grêle un long filament, ou *flagellum*, de nature protoplasmique, et enfin sortent de la membrane après avoir déterminé sa rupture, et se dispersent dans l'eau. Lorsque ces petits êtres rencontrent un corps solide, ils rétractent leur flagellum, se déforment, émettent d'abord des pseudopodes obtus à l'aide desquels ils rampent, puis des filaments anastomosés et deviennent semblables à l'animal qui leur a donné naissance.

Ce mode de reproduction est intéressant à plusieurs points de vue. D'abord, il est plus perfectionné que la simple division, puisqu'il permet une multiplication plus rapide de l'espèce. Ensuite nous constatons pour la première fois un fait que nous observerons bien souvent au cours de ces études : c'est qu'un même être est susceptible de prendre, au cours de son développement, des formes différentes, et que ces

formes varient suivant les conditions où il doit vivre. En effet, notre jeune *Protomyxa* commence par nager au moyen de son long flagellum. Puis une fois qu'elle a trouvé un endroit à sa convenance, elle se transforme et acquiert des pseudopodes lobés qui lui permettent de ramper sur le sol. Ce n'est que plus tard qu'apparaissent les pseudopodes filamenteux, qui doivent être considérés comme un perfectionnement

des premiers, destinés à permettre de capturer plus facilement des proies.

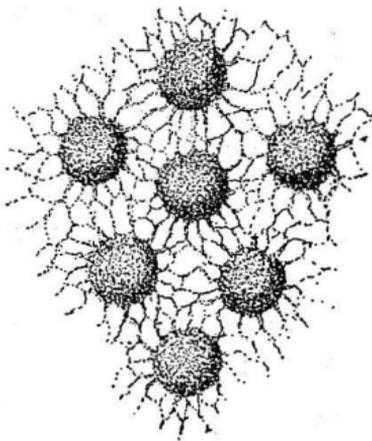


Fig. 6. — *Myxodictyum*, Monère vivant en colonies.

Ensuite il faut remarquer la formation de la membrane d'enveloppe. Nous verrons tout à l'heure que l'existence d'une membrane est caractéristique des cellules végétales. C'est dans le règne végétal également

qu'on rencontre le plus souvent la reproduction par corpuscules nombreux appelés spores. On peut donc dire que les Monères qui présentent ce mode de reproduction ont une tendance assez marquée à prendre quelques-uns des attributs des plantes.

Chez d'autres Monères, qui se reproduisent par division simple, les individus formés, au lieu de se séparer, restent unis par leurs pseu-

dopodes ramifiés (fig. 6). L'ensemble constitue une véritable société dont les membres sont si intimement agrégés qu'on peut suivre le passage des granulations protoplasmiques d'un individu à l'autre à travers les pseudopodes confluent. Tous les individus se ressemblent, les courants protoplasmiques charrient de l'un à l'autre les particules alimentaires : c'est le communisme le plus parfait. Nous verrons plus tard quelle importance la formation de colonies cellulaires a eue pour l'évolution des règnes végétal et animal. Il est intéressant de constater déjà un premier essai de vie sociale chez les êtres les plus infimes du monde organique.

Dans certaines de ces colonies de Monères, les pseudopodes augmentent de grosseur aux dépens du corps des cellules. On conçoit qu'on puisse arriver de la sorte à une espèce de réseau protoplasmique non individualisé et sans épaisissements notables. On se rappelle que, d'après certains auteurs, le *Bathybius* serait ainsi constitué par le fusionnement d'un certain nombre de Monères.

Si nous négligeons cet organisme énigmatique, nous voyons que les représentants les plus humbles du monde vivant sont constitués par un simple grumeau de protoplasma doué de mouvements, capable d'émettre des pseudopodes soit lobés, soit filamenteux, et se reproduisant, en général, par simple division. Ces êtres ne sont ni plantes ni animaux et ils rentrent bien dans ce règne des *Protistes*, que

Haeckel (1) avait institué pour recevoir les êtres intermédiaires aux règnes végétal et animal et d'où tous deux sont issus.

Cependant les Monères ont quelques attributs de la vie animale. Je ne parle pas de leurs mouvements; car bien des plantes se meuvent. Mais j'ai en vue leur nutrition. D'une part, en effet, les végétaux (à l'exception des plantes parasites et carnivores) se nourrissent en absorbant des éléments empruntés au monde inorganique : des sels dissous dans l'eau qui baigne leurs racines, du carbone emprunté à l'acide carbonique de l'air, etc. Ils élaborent ces substances minérales et les transforment en matière vivante. D'autre part, ils ne *prennent* pas leur nourriture, ils n'introduisent pas dans leur organisme des particules solides; leurs aliments sont toujours liquides ou gazeux et pénètrent par osmose à travers la membrane qui limite leurs cellules. Au contraire, les animaux saisissent leur nourriture avec des organes (mâchoires, pinces, pattes, etc.) spécialement destinés à cet usage. Ils introduisent souvent dans les cavités de leurs corps des aliments solides; enfin, et c'est là le point essentiel, aucun d'eux n'est capable de transformer directement des éléments empruntés au règne minéral en substance vivante. Tous se nourrissent de subs-

(1) E. HÆCKEL, *Histoire de la Création des Êtres organisés d'après les lois naturelles* Traduit de l'allemand et revu sur la septième édition allemande, par le Dr Ch. Letourneau. Voir aussi pour les découvertes plus récentes concernant l'évolution de la vie : E. Haeckel. *État actuel de nos connaissances sur l'origine de l'homme*. Préface et traduction par le Dr L. Laloy. Paris, 1900.

tances plus ou moins élaborées : les Herbivores mangent des Végétaux et les Carnivores mangent d'autres animaux.

Or nos Monères en font tout autant. Leur nourriture se compose d'infusoires, de diatomées, de crustacés microscopiques, jamais de substances minérales. Elles saisissent leurs proies avec leurs pseudopodes, les portent tout entières, avec les parties dures, dans l'intérieur de leur corps, et rejettent ce qu'elles ne peuvent utiliser. Ce fait a une conséquence assez curieuse. C'est que les Monères actuelles, malgré leur simplicité, ne nous représentent cependant pas d'une façon absolument parfaite ce qu'étaient les premières Monères apparues sur le globe. En effet, en l'absence de toute autre substance animale ou végétale, il fallait de toute nécessité que celles-ci fussent capables de se nourrir de matières inorganiques. Au cours des âges, elles se sont modifiées et, tout en restant très simples de structure, elles se sont adaptées à une alimentation carnivore et herbivore.

## CHAPITRE IV

### LES PREMIERS DESCENDANTS DES MONÈRES

Complication de la structure cellulaire. — Rôle du noyau. — Les Amœbiens ou Amibes. — Les chromoblastes et les neurones. — Les Foraminifères et les Radiolariens. — Espèces anciennes et actuelles. — *L'Eozoon canadiense*. — Rôle de ces organismes microscopiques dans la constitution de l'écorce du globe.

Dès que des Monères eurent fait leur apparition sur notre globe, la tendance au perfectionnement qui est inhérente à toute substance vivante commença à faire son œuvre. Placées par les hasards des courants marins dans des conditions fort diverses, certaines d'entre elles devinrent de plus en plus différentes des Monères primitives et s'adaptèrent de mieux en mieux au milieu nouveau dans lequel elles étaient appelées à vivre. Nous verrons plus tard qu'un des meilleurs moyens de victoire dans la lutte pour la vie est l'union, et que les cellules qui ont su s'associer pour constituer de vastes organismes sont celles qui ont finalement remporté la victoire et donné naissance à la majorité des êtres vivants; tandis que les plastides isolés n'ont jamais joué dans la nature qu'un rôle assez subordonné.

Cependant, sauf quelques rares exceptions, il n'en a pas été ainsi tout d'abord. Les premiers héritiers des Monères n'ont pas cherché leur force dans la vie coloniale dont nous avons déjà vu une ébauche chez celles-ci. Au contraire, ils ont vécu isolés les uns des autres, à l'état de simples cellules : leur progrès a consisté dans le perfectionnement de la structure intime du plas-tide. En même temps sa nature végétale ou animale devenait de plus en plus évidente.

Nous avons vu que les Monères avaient des tendances plutôt animales ; aussi étudierons-nous d'abord les êtres unicellulaires qui leur ressemblent le plus, c'est-à-dire ceux dont le mode de vie se rapproche davantage de celui des animaux, et qu'on a appelés des *Protozoaires*. Notre dernier chapitre sera consacré aux végétaux unicellulaires. Nous verrons qu'eux aussi ont cherché leur voie, qu'ils ont d'abord perfectionné leur cellule avant de s'associer pour former des organismes pluricellulaires.

Chez les uns et les autres, nous constaterons que la cellule est arrivée à un degré de perfection et de complication qu'on ne rencontre plus dans celles qui font partie des êtres composés. Il y a donc eu une tentative bien nette vers le progrès consistant dans le perfectionnement de la cellule, et non dans l'association. Cette tentative a avorté de bonne heure ; mais un certain nombre d'animaux et de végétaux monocellulaires a persisté jusqu'à nos jours, et nous permet d'entrevoir ce qu'a été la vie à une des périodes anciennes du globe avant que les

organismes composés n'aient pris naissance.

Nous savons que les Monères elles-mêmes, malgré leur simplicité de structure, présentaient cependant des différenciations remarquables. Nous avons pu les diviser en deux groupes : les Lobomonères et les Rhizomonères, celles-ci un peu plus complexes et paraissant descendre des premières. Chacun de ces groupes, en se perfectionnant, a donné naissance à une série d'êtres distincte : le premier aux Amœbiens, le second aux Foraminifères et aux Radiolaires.

Qu'est-ce en effet qu'un Amœbien ou Amibe? C'est une Monère à pseudopodes lobés, pourvue d'un noyau et quelquefois d'une membrane d'enveloppe. Dans tous les organismes que nous aurons à étudier maintenant, le protoplasma n'est plus homogène. Souvent sa couche la plus externe devient plus dense et constitue une *membrane* d'enveloppe. Quelquefois à l'intérieur de celle-ci le protoplasma de la cellule se divise en deux couches d'inégale densité, l'une emboitant l'autre. Enfin, chez tous, en un point de la cellule on voit un corps plus brillant que le reste du protoplasma, réagissant différemment sous l'effet des agents chimiques. Ce corps est le *noyau*. Il renferme quelquefois lui-même un ou plusieurs corps plus petits, nommés *nucléoles*, et d'autres formations plus complexes sur lesquelles nous ne pouvons insister ici. Il nous suffira d'indiquer qu'elles jouent un rôle des plus importants dans les phénomènes de la division cellulaire. Il semble, en somme, que, chez les êtres plus

parfaits, que nous allons avoir à considérer, différentes sortes de protoplasmas, qui se trouvaient mélangées chez les Monères, se sont séparées, de façon à constituer dans chaque cellule des organes distincts (1).

Le noyau, notamment, que nous allons retrouver dans toute la série des végétaux et des animaux, a une très haute importance biologique. En effet, si on coupe en deux une cellule, la moitié renfermant le noyau continuera seule à vivre. Dans la reproduction par division, c'est toujours le noyau qui se partage le premier, de façon à ce que chacune des nouvelles cellules formées en renferme une moitié. Cette division du noyau s'accompagne souvent de phénomènes excessivement complexes, sur la nature desquels on n'est pas encore tout à fait fixé (2). Dans les organismes doués de reproduction sexuelle, la fécondation consiste, en somme, en la fusion d'un noyau mâle avec le noyau de la cellule ovulaire. Lorsque cette fusion a eu lieu, celle-ci se met à se diviser pour produire toutes les cellules de l'organisme. La division se fait de telle sorte que tous les noyaux de ces cellules renfermeront une parcelle de la substance du noyau maternel et de celle du noyau paternel. Enfin, une expérience bien curieuse de Boveri montre que le noyau est le facteur matériel de l'hérédité. Cet auteur pré-

(1) Y. DELAGE, *op. cit.*

(2) Voir à ce sujet Y. DELAGE et HÉROUARD. *Traité de zoologie concrète*, t. I, p. 27.

pare des fragments d'œuf d'oursin sans noyau, et les fait féconder par les spermatozoïdes d'une autre espèce. Les larves obtenues n'ont que les caractères de l'espèce paternelle, sans aucun mélange de ceux de l'espèce maternelle.

La substance qui constitue le noyau s'appelle la nucléine: elle appartient par sa composition à la famille des protoplasmas. Il est probable qu'elle existe, à l'état diffus, même dans les plastides dépourvus de noyau, car on a pu en extraire des cellules de levure, chez lesquelles on n'a jamais constaté l'existence de cet organe. Sa condensation sous forme de noyau doit être considérée comme un progrès.

On passe par transition insensible des Monères aux Protozoaires les plus perfectionnés. En effet l'*Amœba princeps*, qui vit dans les eaux douces contenant des matières organiques en voie de décomposition, ne diffère d'une Lobomonère que par la présence d'un noyau et d'un nucléole. Son contour sans cesse changeant est rendu très irrégulier par les pseudopodes obtus qu'il émet et rétracte alternativement et qui servent à la fois à la locomotion et à la préhension des aliments. La couche externe du corps est constituée par un protoplasma un peu plus dense que le reste, mais ne formant cependant pas une membrane d'enveloppe véritable. Les aliments pénètrent par un point quelconque de la surface du corps, comme chez les Monères.

Il n'en est plus de même chez la *Diffugia oblonga*, autre Amœbien d'eau douce : son

corps oblong est recouvert dans la plus grande partie de son étendue par une membrane dense sécrétée par le protoplasma, qu'elle limite nettement. La petite extrémité du corps est seule dépourvue de membrane et peut seule émettre des pseudopodes; elle sert pour ainsi dire de bouche; c'est aussi par elle que sont rejetées les matières non assimilables. La membrane s'incruste de petites particules de sable ou de calcaire et forme une sorte de coquille ouverte seulement au niveau de la petite extrémité.

Il y a donc chez cet animal une tendance très nette vers le perfectionnement, tout en restant monocellulaire. Nous allons voir chez les Foraminifères et les Radiolaires la coquille atteindre un degré de complication tout à fait remarquable, en même temps que les pseudopodes se transformeront en organes de pêche et de locomotion d'une délicatesse extrême. Mais, par leur complication même, ces êtres constituent un type qui n'est plus susceptible d'adaptations nouvelles et qui a subsisté à peu près sans modification depuis les époques anciennes jusqu'à nos jours. Au contraire, les Amibes, au moins dans leur forme la plus simple, ont pris part, dans une certaine mesure, à la constitution des animaux composés d'un grand nombre de cellules. Les leucocytes ou globules blancs du sang, dont nous parlions plus haut, ne sont en somme que des Amibes. D'autre part, on trouve dans les téguements de beaucoup d'animaux des cellules mobiles nommées *chromoblastes*, qui renferment des matières colorantes. Elles sont susceptibles

de se rétracter au milieu des tissus et alors la teinte générale de l'animal est très pâle, ou, au contraire, d'étaler en tous sens leurs pseudopodes à la façon d'un Amibe et alors la coloration de l'animal change et devient plus foncée. Ces chromoblastes sont très développés notamment chez des animaux marins, les poulpes par exemple : les changements de teinte qu'ils produisent leur permettent de prendre instantanément la couleur du fond sur lequel ils se trouvent et, par suite, d'échapper à la vue de leurs ennemis. On en trouve également sur les poissons et les crustacés. On sait, par exemple, que les carpes pêchées dans une eau vaseuse sont de couleur bien plus sombre que celles qui vivent en eau courante.

Enfin les cellules nerveuses sont pourvues de ramifications extrêmement nombreuses. D'après la théorie amœboïde du système nerveux, développée surtout par Mathias-Duval et ses élèves (Voir *Revue scientifique*, 1898 p. 321), ces prolongements des neurones sont en rapport de contiguité seulement, et non de continuité. Ils peuvent se rétracter et alors les cellules nerveuses ne sont plus en contact, les associations d'idées ne se font plus : c'est le sommeil. Au contraire, qu'un contact plus ou moins stable s'établisse entre deux ou plusieurs neurones, aussitôt l'association des idées, l'imagination, le souvenir, entrent en jeu. Ainsi les phénomènes les plus complexes de la vie psychique auraient pour substratum les mouvements de prolongements cellulaires fort semblables aux

rhizopodes de certaines Protistes. N'est-ce pas là une des meilleures preuves de l'unité fondamentale des phénomènes vitaux, et peut-on dire que les plastides ramifiés des Monères ou des Amœbiens sont entièrement dépourvus de conscience alors que les cellules très analogues qui constituent le système nerveux des animaux supérieurs et de l'homme servent de support aux manifestations intellectuelles les plus élevées? (1)

Les Foraminifères et les Radiolariens sont des Protozoaires remarquables par la propriété qu'ils ont d'extraire de l'eau de mer certaines substances pour s'en constituer une coquille. Ces substances sont le carbonate de chaux ou calcaire pour les Foraminifères, la silice pour les Radiolariens. Si on se rappelle que l'eau de mer ne renferme, par litre, que 0 gr. 10 de carbonate de chaux et 0 gr. 01 de silicate de soude, on sera frappé de l'activité surprenante de ces organismes inférieurs, qui parviennent à extraire ces minimes quantités de sel et à les condenser autour d'eux pour s'en constituer une coquille. On remarquera ensuite que les protoplasmas qui les constituent sont doués de propriétés bien différentes, puisqu'ils savent, sans aucun organe, choisir l'un la silice, l'autre le calcaire, dans une eau qui contient à la fois ces deux sels. Nous trouverons d'ailleurs des faits

(1) Voir L. Laloy. *Die Stellung des Menschen in der Thierwelt, mit besonderer Berücksichtigung der Gehirnphysiologie*, Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie, t. I., 1899 p. 313.

analogues en étudiant les êtres supérieurs. Il y a des éponges à squelette calcaire, siliceux ou fibreux. Chez les animaux plus élevés en organisation nous voyons la cellule du foie préparer de la bile, celle du rein, de l'urine, celles d'autres glandes de la salive, du suc gastrique ou du mucus intestinal, et cependant elles extraient ces substances diverses d'un même liquide, le sang, dans lequel elles baignent toutes. On est donc conduit à admettre dans le protoplasma la possibilité de choisir entre certaines substances qui lui sont offertes par un même milieu nutritif. Cette propriété peut tenir soit à une volonté obscure inhérente au protoplasma lui-même ; soit à des différences de composition chimique qui font qu'il existe dans la grande famille des protoplasmas, des substances ayant de l'affinité les unes pour le calcaire, les autres pour la silice, ou pour d'autres corps.

Comme les Foraminifères et les Radiolariens ne constituent en somme qu'une branche collatérale du règne animal, arrêtée dans son développement, nous pourrons être assez bref sur la description de leurs principales formes. Les Foraminifères les plus simples se rattachent intimement à la *Difflugia* que nous avons étudiée plus haut, par la constitution de leur enveloppe formée simplement de grains de sable agglutinés sur une membrane. Mais les pseudopodes qui sortent de l'ouverture de cette enveloppe sont plus grêles et plus ramifiés, analogues à ceux des Rhizomonères. On passe de là à des formes à coquille calcaire, telles que la *Gromia oviformis*.

Dans d'autres types, la coquille comprend plusieurs loges disposées de façons très diverses, souvent enroulées en spirales du plus gracieux effet, comme chez les Nummulites ou les *Polystomella* (fig. 7). Fréquemment les parois extérieures

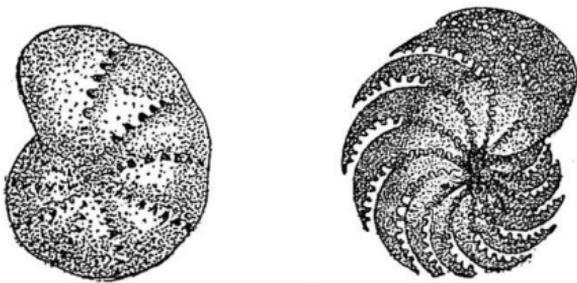


Fig. 7. — *Polystomella* entier et décalcifié.

de ces chambres sont percées de pores très fins par lesquels sortent les pseudopodes. Ceux-ci sont toujours longs et grêles, comme ceux des Rhizomonères.

Il en est de même chez les Radiolariens, mais ici nous trouvons une complication de plus : le protoplasma est souvent divisé en deux couches : l'interne plus dense et plus foncée, l'externe plus claire. L'enveloppe siliceuse est souvent double et correspond à ces deux couches de protoplasma ; il se développe fréquemment des spicules ou baguettes siliceuses qui traversent, en rayonnant, les sphères grillagées formant l'enveloppe de la cellule. On est confondu d'admiration devant les formes artistiques que ces êtres, si petits et si simples d'organisation, savent adopter pour leurs demeures. Il est certain que de simples actions chimiques ne peuvent expliquer ces productions : il faut invoquer en

outre les courants qui s'établissent dans le protoplasma en vertu de la nutrition et de la désassimilation. Ce serait dans des lieux de repos relatif que s'effectuerait le dépôt des particules solides. L'étude du mode de formation des carapaces des Radiolaires est peut-être de nature à jeter un peu de lumière sur les phénomènes intimes de la vie et sur l'origine du squelette des animaux supérieurs. Il y a là tout un champ de recherches que nous ne pouvons qu'indiquer en passant.

Les Foraminifères et les Radiolariens ne sont pas de taille absolument microscopique. Beaucoup ont la dimension d'une tête d'épingle, quelques-uns sont même bien plus grands: les

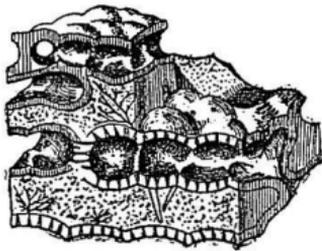


Fig. 8. — *Eozoon* (*E. Canadense*).

Nummulites atteignent plus d'un centimètre de diamètre. On a même trouvé dans le laurentien et le huronien du Canada des corps formés de loges placées bout à bout et communiquant par des canaux. On a voulu voir en elle un Foraminifère gigantesque

qu'on a dénommé *Eozoon canadense* (fig. 8); si cette hypothèse se confirme, ce serait le plus ancien être vivant connu.

Quoi qu'il en soit de cet organisme problématique, il n'en est pas moins certain que, à l'époque actuelle aussi bien que dans les périodes géologiques anciennes, les Foraminifères et les

Radiolaires ont un rôle des plus importants dans la physique du globe. Ils tendent à maintenir constante la composition des eaux de la mer. Celles-ci reçoivent incessamment de nouvelles quantités de calcaire et de silice provenant de la lessivage des roches continentales par la pluie. Les Protozoaires s'emparent de ces débris amenés à la mer par les fleuves, ils en constituent leurs squelettes. Après leur mort ces squelettes tombent en pluie continuelle au fond de la mer. Tel est le nombre de ces animalcules que la sonde retire souvent des grands fonds marins une boue composée exclusivement de débris de Radiolaires ou de Foraminifères. Ce sont les continents futurs qui s'édifient ainsi au sein de la mer au moyen des débris des continents actuels fixés et mis en œuvre par des êtres presque microscopiques. Si, par suite d'un changement de niveau des terres et des eaux, le fond de la mer venait à être soulevé, nous nous trouverions en présence de roches formées en majeure partie de craie, c'est-à-dire de calcaire provenant de Foraminifères; en d'autres points les dépôts siliceux des Radiolaires seraient prédominants.

Or, ce fait s'est passé bien des fois aux époques géologiques. Pour ne prendre qu'un exemple, la craie, qui constitue à elle seule un étage du terrain secondaire, dénommé le crétacé, représente un dépôt marin. Si on l'examine au microscope, on voit que sa grande masse est formée de carapaces microscopiques de Foraminifères. Les cailloux de silex qu'elle renferme

proviennent des débris siliceux des Radiolaires. Pour donner une idée de l'immense période de temps qu'a nécessitée cette formation, rappelons que la craie atteint environ 500 m. d'épaisseur. Pendant la période tertiaire, on rencontre un autre calcaire formé entièrement de Nummulites. Le calcaire grossier de Paris est lui-même constitué en majeure partie par une agglomération de Foraminifères.

On voit donc que si ces êtres presque microscopiques n'ont qu'un faible intérêt au point de vue de l'évolution générale de la vie, à laquelle ils n'ont pris part que d'une façon restreinte, en revanche ils en présentent un immense tant au point de vue de la complexité de structure à laquelle peut atteindre un animal formé d'une seule cellule, qu'à celui de l'économie générale du globe. Avec les débris arrachés aux continents et qui, dissous dans l'eau de la mer, finiraient par en altérer la composition et rendre la vie de ses habitants impossible, ils constituent des roches nouvelles qui serviront d'assises aux terres de l'avenir.

## CHAPITRE V

### LES INFUSOIRES

Division du travail chez les Infusoires. — Leurs organes. — Leur nutrition, leur reproduction. — Les Infusoires ciliés, tentaculifères et flagellés. — Affinités avec les règnes animal et végétal. — Colonies d'Infusoires. — La *Magosphæra*.

Nous avons vu dans le chapitre précédent une première tentative de perfectionnement des êtres unicellulaires à tendances animales. Mais malgré l'élégance des coquilles des Foraminifères et des Radiolaires, le progrès n'est pas bien considérable : il réside surtout dans la structure plus compliquée de parties accessoires telles que le squelette calcaire ou siliceux. L'anatomie du corps reste la même que chez les Rhizomères ou les Amibes les moins différenciés ; il n'y a ni bouche ni membres permanents. Les aliments absorbés pénètrent par un point quelconque de la surface du corps, les pseudopodes ne sont que des parties du protoplasma momentanément élevées au rang de membres.

Il n'en est plus de même chez les Infusoires. Ces êtres remarquables vont nous montrer comment un animal composé d'une seule cellule peut

posséder des organes parfaitement différenciés. Le corps est limité dans ses contours, il n'est plus diffluent, comme celui des Monères, il ne peut plus employer une partie de sa substance à former des pseudopodes. En revanche il est muni de membres bien caractérisés que nous aurons à étudier dans chacun des trois groupes d'Infusoires. Ces membres persistent pendant toute la vie de l'animal ; les uns servent à la locomotion, d'autres à la préhension des aliments. Il y a donc, au moins chez beaucoup d'Infusoires, une véritable *division du travail*.

En un point défini du corps, on trouve un enfoncement généralement entouré d'organes servant à y attirer des particules alimentaires. C'est la bouche. Les substances nutritives y pénètrent, dépriment sa paroi postérieure qui forme cul-de-sac et s'enfoncent dans le protoplasma qui les englobe et les digère. Quant aux particules qui ne peuvent être assimilées, elles finissent par en être expulsées par un point de la surface du corps en général opposé à la bouche. Cet anus n'a pas une existence continue, il ne se forme qu'au moment de l'issue des matières à expulser ; il n'est pas relié à la bouche par un conduit analogue au tube digestif des animaux supérieurs. La digestion se fait donc dans la masse même du protoplasma ou bien dans de petites cavités qui s'y creusent momentanément autour des particules alimentaires, et où viennent s'accumuler des sucs destinés à les dissoudre.

Il ne faut pas confondre ces cavités digestives

temporaires avec d'autres cavités qui ont un rôle tout différent : ce sont les *vacuoles contractiles*. On voit en un point de la substance du protoplasma se former un vide qui se remplit petit à petit de liquide ; puis la cavité se contracte brusquement et le liquide est chassé à travers les parois du corps. On peut considérer ces vacuoles contractiles comme un rudiment d'appareil excréteur destiné à évacuer les substances nuisibles accumulées dans l'organisme. Leur nombre et leur position sont en général déterminés pour chaque espèce.

La reproduction des Infusoires est remarquable. On observe d'abord, comme chez les êtres précédemment étudiés, la division simple du corps de l'animal par un plan longitudinal ou transversal ; elle est toujours précédée de la division du noyau. Mais il semble qu'au bout d'un certain temps la faculté que possède le protoplasma de se scinder en individus distincts soit épuisée (*sénescence*) et qu'elle ait besoin d'être renouvelée par un phénomène nouveau. C'est alors qu'intervient la *conjugaison*. Deux Infusoires de même espèce se rapprochent, se soudent, leurs protoplasmas se fusionnent, il se forme autour du nouvel être ainsi constitué une membrane d'enveloppe, et l'intérieur se divise en un grand nombre de corpuscules. Ceux-ci sortent par une déchirure de la membrane et chacun d'eux se transforme rapidement en un Infusoire semblable à ses parents. Pour que la conjugaison produise ses effets utiles, il est nécessaire que les deux conjoints ne soient pas tout à fait sembla-

bles, et notamment qu'ils ne soient pas issus, par division, d'un individu unique.

Si on veut bien y réfléchir on verra que la conjugaison présente les plus grandes analogies avec la reproduction sexuée des animaux et des végétaux supérieurs. Chez ces êtres, en effet, la cellule unique constituant l'ovule se divise un grand nombre de fois pour donner naissance aux innombrables cellules dont est composé l'organisme. Puis vient un moment où cette faculté de division est épuisée, l'individu cesse de grandir. Il faut alors qu'une cellule d'un individu mâle s'unisse avec une cellule provenant d'un sujet femelle. Celle-ci se met alors à se diviser pour donner naissance à un nouvel individu. On peut seulement dire que chez nos Protozoaires la distinction des sexes n'est pas encore parfaitement établie, et d'autre part chez la plupart d'entre eux les individus nouvellement formés se séparent aussitôt et mènent une vie indépendante. Nous verrons cependant que chez beaucoup d'Infusoires ils peuvent rester unis et former des colonies.

Nous ne pouvons abandonner ce qui a trait à la perpétuation de l'espèce sans parler du phénomène si remarquable de l'*enkystement* que nous retrouverons du reste chez beaucoup d'animaux et de végétaux inférieurs. Que la flaque d'eau où vivent nos Infusoires se dessèche, que la nourriture vienne à manquer; en un mot que, pour une cause ou pour une autre, les conditions extérieures deviennent mauvaises, ils ne seront pas embarrassés pour si peu. Leur corps, jusque-

là assez mou, s'enveloppe d'une membrane épaisse et, protégé par ce *kyste*, devient capable d'attendre pendant un temps fort long le retour de circonstances plus favorables. En voyant apparaître brusquement, dans les mares desséchées depuis longtemps, des infusoires et d'autres organismes, on avait cru tout d'abord que ces êtres y naissaient d'eux-mêmes, par génération spontanée. En réalité, ils y existaient déjà à l'état de *kyste*, et n'ont fait que reprendre une vie active quand l'eau est revenue dans la mare. Les organismes inférieurs enkystés sont si petits et si légers qu'ils peuvent être transportés au loin par le vent. On s'explique ainsi comment leur espèce peut se propager à de grandes distances, qu'ils ne pourraient certainement franchir par leurs propres ressources. La faculté qu'ils possèdent de reprendre vie après avoir été desséchés s'appelle la *réviviscence*.

Ce phénomène existe aussi chez des êtres pluricellulaires, tels que les Rotifères, les Tardigrades et certains Nématodes. La *vie latente* où ces animaux sont capables de se plonger n'est qu'un cas particulier de l'adaptation à la dessiccation. Certaines plantes, après avoir été entièrement desséchées, sont également susceptibles de reprendre vie : tels sont le Nostoc, les Mousses, les Lichens. Enfin l'adaptation au froid a produit des phénomènes analogues chez certains Poissons et Batraciens qui peuvent être congelés sans périr. L'hibernation de certains Mammifères et l'arrêt de la végétation en hiver doivent également en être rapprochés. Tous ces faits,

que j'ai exposés en détail dans le *Biologisches Centralblatt*, t. XX, 1900, p. 65, prouvent que la vie active n'est pas continue, mais est susceptible de subir des interruptions; ils étaient intéressants à rapprocher de la réviviscence des Protozoaires.

Les Infusoires sont extrêmement répandus dans la nature. On ne peut examiner une goutte d'eau douce ou marine, contenant des substances animales ou végétales en décomposition, sans en rencontrer plusieurs espèces. On en trouve également dans la terre humide, dans les mousses; enfin un grand nombre sont parasites et vivent dans le tube digestif ou dans d'autres organes des animaux. Parmi cette grande quantité d'espèces, nous serons forcés de faire un choix : nous ne décrirons que les plus caractéristiques, celles surtout qu'il est facile de se procurer et d'examiner avec un faible grossissement. En effet, quoique en général assez petits, les Infusoires ne sont cependant pas absolument microscopiques; beaucoup d'espèces peuvent être suffisamment étudiées avec une forte loupe ou un petit microscope peu dispendieux.

Nous trouvons d'abord le grand groupe des INFUSOIRES CILIÉS, caractérisés par la présence de *cils vibratiles*. Ce sont de très fines expansions de protoplasma, semblables à de petits poils très serrés. Voici, par exemple, le *Paramecium aurelia* très commun dans les eaux stagnantes. Cet animal est entièrement couvert de cils tous égaux entre eux, dont les mouve-

ments incessants lui permettent de se déplacer avec rapidité pour chercher sa nourriture. Chez d'autres Infusoires ciliés, les cils sont de deux sortes : outre le revêtement général de cils courts, il y en a d'autres plus longs et plus rigides situés autour de la bouche et servant plus spécialement à la préhension des aliments. Chez d'autres, la complication est encore plus grande : il y a chez la *Stylonychia mytilus*, qui vit dans les eaux douces, des lanières situées de chaque côté de la bouche et formant de véritables lèvres ; des soies rigides placées sur la face ventrale permettent à l'animal de ramper sur le sol, tandis que les cils vibratiles disséminés sur le reste du corps lui servent à nager.

D'autres formes sont fixées et atteignent, dans un autre genre, un étonnant degré de perfection. Voici les Vorticelles, qu'il est facile de se procurer en examinant les matières végétales en décomposition au fond de l'eau. Elles ont l'apparence d'une fleur fixée au bout d'un long pédoncule. La bouche est située à l'extrémité opposée à la tige, et entourée d'une couronne de cils vibratiles. Ceux-ci sont continuellement en mouvement et déterminent dans l'eau un courant qui amène les particules alimentaires jusqu'à la bouche. Si quelque chose vient à effrayer notre Vorticelle, si par exemple elle est heurtée par un Infusoire nageur, son pédoncule se replie avec la rapidité de l'éclair : et puis, lorsque le calme est rétabli, il se déplie lentement à la façon d'un ressort à boudin, l'animal

étend sa couronne de cils vibratiles et recommence à produire son tourbillon.

Le *Stentor Roeseli* est le géant de ce groupe. Il a la forme d'un pavillon de trompette; comme chez les Vorticelles le mouvement des cils produit dans l'eau un tourbillon qui lui amène des substances alimentaires. Quand il a épuisé un territoire de chasse, il se détache de son support et nage au moyen de ses cils en quête d'un endroit plus favorable où il va se fixer.

Les Infusoires ciliés ont une grande importance au point de vue de l'origine des animaux. Ils ont pris part en effet d'une façon bien nette à la constitution de ceux-ci. Les larves de beaucoup de Vers sont garnies d'un revêtement de cellules pourvues de cils vibratiles qui leur servent à progresser dans l'eau, à la façon des paramœcies. D'autre part, on trouve jusque chez les Vertébrés supérieurs des cellules pourvues de cils vibratiles sur leur paroi libre; elles correspondent aux infusoires fixés comme les Stentors et les Vorticelles. Mais ici le mouvement des cils ne sert plus à amener des aliments à la cellule; il a pour but l'avantage général de l'organisme. C'est ainsi que les cellules vibratiles qui garnissent les bronches font toutes mouvoir leurs cils dans le même sens, de façon à se passer les unes aux autres les poussières et les microbes qui ont pu s'introduire dans ces fines ramifications et à finalement les expulser au dehors.

Le second groupe des Infusoires, celui des TENTACULIFÈRES ou SUCEURS, nous arrêtera moins. Il comprend des formes presque toutes fixées qui capturent leurs proies au moyen d'appendices rigides, fonctionnant à la façon de ventouses; qu'un petit infusoire vienne à heurter l'un d'eux, il est subitement arrêté et paralysé. Le tentacule s'applique sur lui avec force et bientôt on voit se produire un courant de protoplasma allant de la victime à son bourreau. En quelques heures la substance entière de l'Infusoire capturé a passé dans le corps du Suceur, qui a grossi d'autant; certains peuvent dévorer en même temps cinq ou six Infusoires. Quelques espèces semblent faire un choix dans leurs proies.

Les Tentaculifères ne demeurent immobiles que dans les milieux où ils trouvent une abondante nourriture. Si les Infusoires ciliés auxquels ils font la chasse deviennent rares, ils rétractent leurs suçoirs, se couvrent de cils vibratiles et s'élancent à la nage pour aller se fixer ailleurs.

Leur reproduction se fait suivant un mode nouveau que nous n'avons pas encore eu occasion d'observer jusqu'ici : c'est le *bourgeoisement*. Il consiste essentiellement en ce que, au lieu de se diviser en deux moitiés égales, la cellule se scinde en parties de taille très différente. La cellule nouvellement formée, beaucoup plus petite que l'ancienne et dépourvue de tentacules, s'en sépare et nage à la façon d'un Cilié, au moyen de cils vibratiles. Dans certaines espèces le nombre des bourgeons formés à la fois est très grand et contribue, bien plus que la division simple, à

multiplier rapidement l'espèce. Inutile de dire que chacun des individus nouvellement formés contient un fragment de l'ancien noyau. Ce mode de reproduction est intéressant à plus d'un point de vue. D'abord, par leurs larves ciliées, les Suceurs nous montrent qu'ils descendent des Infusoires du premier groupe. Nous verrons en effet qu'une des grandes lois de l'évolution veut que l'individu reproduise au cours de son développement les formes parcourues par ses ancêtres. On peut donc affirmer que les Tentaculifères descendent d'Infusoires ciliés, originaires libes, qui se sont fixés et se sont adaptés à un genre de vie tout particulier. En second lieu cette division du corps en parties très inégales a pour effet la persistance de la personnalité. En effet lorsqu'un amibe se scinde en deux parties égales, sa personnalité disparaît pour faire place à celle de deux nouveaux amibes, qui contiennent chacun une moitié de sa substance. Au contraire, le Suceur qui vient de donner naissance à un certain nombre de petits bourgeons persiste avec un volume à peine diminué et a tôt fait de réparer ses pertes. Enfin nous verrons que, chez certains êtres, les bourgeons destinés à perpétuer la race, au lieu de se former à l'extérieur, se développent dans des cavités spéciales et sont tout à fait microscopiques : telles sont, par exemple, les spores des végétaux inférieurs ou cryptogames.

Le troisième groupe des Infusoires ou FLAGELLIFÈRES va nous amener, par une transition insensible, au règne végétal. Ces animaux n'ont plus ni

cils vibratiles ni suçoirs, mais un long fouet nommé flagellum, qui bat l'eau à la façon d'une hélice et produit la progression du corps (fig. 9). Dans certaines espèces il y a plusieurs flagellums. Nous allons rencontrer des formations analogues dans un grand nombre de formes animales et végétales. En effet, chez les animaux l'élément reproducteur mâle est constitué par une cellule pourvue d'un flagellum, qui lui sert à nager à la rencontre de la cellule femelle ou ovule. Il en est de même des anthérozoïdes (p. 128, fig. 16) de beaucoup de Cryptogames, et des zoospores des Algues (p. 112, fig. 13). D'autre part, certains végétaux inférieurs monocellulaires sont également munis d'un flagellum et mobiles. Nous nous trouvons donc en présence d'un mode d'organisation qui a contribué, pour une large part, à la constitution des faunes et des flores.

A l'état jeune les Flagellés présentent en général des mouvements amiboïdes; on peut donc dire qu'ils descendent des amœbiens. Mais bientôt la surface du protoplasma devient rigide et le seul organe de mouvement et de préhension des aliments est le flagellum. La bouche se trouve généralement située à sa base, et le mouvement du flagellum lui amène un courant de particules alimentaires. Elle est souvent entourée d'une collerette formant une sorte d'entonnoir qui facilite l'introduction de la nourriture.

La reproduction se fait par conjugaison de deux individus très dissemblables, ce qui indique un commencement de différenciation sexuelle. Lorsque la fusion a eu lieu, le protoplasma se

divise en un grand nombre d'individus nouveaux. Les Flagellés sont les uns libres, les autres fixés. Ce sont évidemment les premiers qui se sont modifiés pour prendre part à la formation des animaux et des végétaux supérieurs. Les seconds constituent des formes non-adaptatives qui, après s'être perfectionnées dans le sens de la vie monocellulaire, se sont arrêtées dans leur évolution.

Les Infusoires, quel que soit le groupe auquel ils appartiennent, sont susceptibles de constituer



Fig. 9. —  
*Monas.*

des sociétés composées d'un grand nombre d'individus. Que faut-il pour cela? Tout simplement qu'au moment de la reproduction les sujets nouvellement formés ne se séparent pas les uns des autres, mais restent unis par un prolongement protoplasmique. C'est surtout dans les types immobiles qu'on observe ce phénomène. Il convient de se demander quelle forme vont revêtir nos colonies d'Infusoires. Parmi les êtres que nous avons étudiés jusqu'ici, les uns, comme les Monères ou les Amibes,

sont diffluent et sans contours déterminés. D'autres, plus perfectionnés et de consistance plus rigide, ont un aspect absolument caractéristique pour chaque espèce. Or nous pouvons le dire dès maintenant, la forme de tout être vivant, plastide isolé ou colonie de plastides, est déterminée par son genre de vie. Si l'être

est libre et flotte dans l'eau, il est soumis à des pressions égales de tous côtés et revêt une forme sphérique : tels sont les Radiolaires. Si au contraire il nage activement dans le liquide ambiant, son corps s'allongera pour rendre sa progression plus facile : c'est le cas de la plupart des Infusoires libres. Si l'être est destiné à ramper sur le sol, il sera pour ainsi dire écrasé entre le fond et le liquide superposé ; il s'aplatira donc de haut en bas et présentera une face dorsale et une face ventrale. Tels sont un certain nombre de Foraminifères et d'Infusoires ciliés. S'il s'agit au contraire d'un organisme complexe fixé au sol, on voit aisément que l'adjonction d'individus nouveaux donnera bientôt à la colonie un aspect ramifié. Les bourgeons naîtront sur les côtés de l'individu primitif et, ne se séparant pas, donneront lieu à autant de branches distinctes. Cette forme ramifiée est en effet caractéristique de la plupart des Végétaux et, parmi les animaux, de ceux qu'on a appelés Zoophytes et qui vivent fixés au fond de la mer, le corail, par exemple. C'est elle également que présentent nos Infusoires sociaux fixés (fig. 10). Ils nous offrent comme une ébauche de ce type si remarquable des Zoophytes. En effet quelques-uns d'entre eux sont capables de sécréter une coque dure qui sert de support et d'abri aux membres de la colonie et qui remplit le même rôle que le squelette calcaire du polypier. Dans nos colonies ramifiées d'Infusoires, il n'y a encore aucune division du travail, mais simple rapprochement des individus : chacun de ceux-ci vit, chasse et se nourrit pour son propre

compte. Nous verrons que

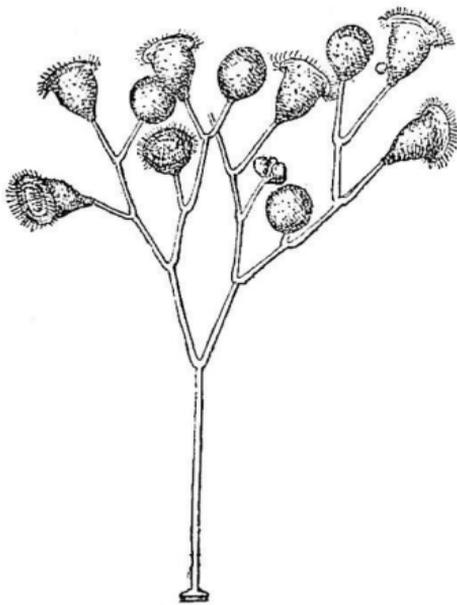


Fig. 10. — *Epistylis*, Infusoire fixé social. Il représente une colonie de Vorticelles.

chez les Coralliaires il en est tout autrement et qu'une grande division du travail finit par s'établir. Mais nous pouvons dire dès maintenant que les êtres fixés, animaux ou végétaux, ont un certain nombre de caractères communs : l'importance donnée au bourgeonnement, la présence d'appareils de

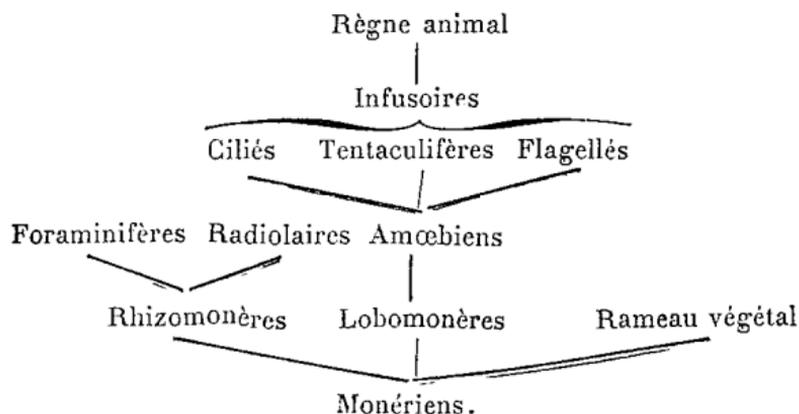
soutien, en cellulose, en silice ou en calcaire, enfin la grande fréquence de la reproduction hermaphrodite.

Un autre organisme colonial, la *Magospæra planula*, découverte par Hæckel sur les côtes de Norwège, peut se rattacher aux Infusoires ciliés. Qu'on se figure une sphère formée d'un grand nombre de cellules appliquées les unes contre les autres et couvertes de cils vibratiles à leur extrémité libre qui forme la surface de la sphère. Celle-ci nage librement dans l'eau au moyen de ces cils. A un moment donné les cellules qui forment la colonie se séparent, et tombent au fond de l'eau. Chacune d'elles rampe pendant quelque temps à la façon d'un Amibe, puis elle se seg-

mente en un nouvel agrégat de cellules ciliées. Cet être présente un grand intérêt; il nous montre en effet un exemple de cellules qui vivent tantôt isolées, tantôt en colonies. D'autre part, nous verrons (p. 163) que les premières cellules provenant de la division de l'œuf chez les animaux composés ou Métazoaires constituent un corps sphérique tout à fait analogue à la *Magosphæra*. Celle-ci peut donc être considérée comme un essai arrêté en chemin vers une condition de vie supérieure.

Si maintenant nous essayons de résumer en quelques lignes les données acquises jusqu'à présent, nous voyons à la base des deux règnes animal et végétal des êtres indéterminés, les Monères, qui se divisent en Rhizomonères et en Lobomonères. Les premières donnent naissance aux Radiolaires et aux Foraminifères; les secondes aux Amœbiens et aux Infusoires. C'est de ce rameau que naîtra le règne animal. Mais, d'autre part, du tronc commun des Monères naît une autre branche qui donnera naissance au règne végétal. C'est elle que nous aurons à étudier dans le chapitre suivant.

Tableau généalogique des Protozaires.



## CHAPITRE VI

### PROTOPHYTES OU ÊTRES MONOCELLULAIRES A TENDANCES VÉGÉTALES

Caractéristiques du règne végétal. — Relations des Proto-phytes avec les Protozoaires. — Les êtres intermédiaires entre les deux règnes. — Les Diatomées ou plantes à coquille. — Les Euglènes ou végétaux flagellifères, et les Oscillaires. — Les cellules géantes des Siphonées. — Les premières colonies végétales : les Protococcus et les Volvocinées. — Le parasitisme chez les Protistes : les levûres et les microbes.

Tous les êtres que nous avons étudiés jusqu'à présent ont des tendances plutôt animales. Leur corps, nu ou enveloppé d'une membrane peu épaisse, est en communication constante avec l'extérieur, soit par toute sa surface, soit au moins par les prolongements protoplasmiques qu'il envoie de tous côtés. Sa forme est en général très variable, ses mouvements sont rapides ; enfin il est doué d'une irritabilité très grande : le moindre attouchement le fait se rétracter brusquement ou fuir. Ces êtres sont capables d'absorber des aliments solides et de rejeter hors de leur corps les déchets inutilisables. Ce sont eux qui, par leur association, donneront naissance

aux animaux supérieurs, caractérisés par le développement de plus en plus grand de la sensibilité, de l'intelligence et de la motilité.

Au contraire, chez les plantes, nous trouvons une adaptation toute différente. La cellule végétale est entourée d'une épaisse membrane de cellulose, cette substance résistante et insoluble qui constitue les fibres du bois et que le coton nous offre à l'état de pureté presque absolue. A l'abri de ce rempart la sensibilité s'émousse; cette conscience obscure que nous avons vue inhérente à tout protoplasma persiste seule sans s'élever jamais à une vie psychique plus active. Aussi les végétaux supérieurs ou Métaphytes nous offrent-ils peu de phénomènes analogues aux manifestations de la sensibilité des animaux. Il en est de même des mouvements : paralysés par la membrane de cellulose, ils ne peuvent plus transporter le corps entier de la plante d'un point à un autre; quant aux déplacements d'organes, ils sont en général lents et peu marqués; seuls, les courants protoplasmiques persistent dans l'intérieur de la cellule, avec la même activité que chez les plastides animaux (V. fig. 1, p. 7).

Ne pouvant ni chasser sa proie ni la saisir, parce qu'elle manque d'organes des sens et de membres moteurs, la plante s'est adaptée à un genre de vie tout particulier qui ne nécessite pas l'intervention d'une conscience développée. Elle n'absorbe que des aliments liquides ou gazeux, tels que les lui offre le milieu extérieur. Ces substances pénètrent dans la cellule à travers sa paroi, grâce au phénomène bien connu des phy-

siciens sous le nom d'osmose. Chez les Métaphytes il y a une division du travail, les substances liquides sont absorbées au niveau de la racine, les gazeuses au niveau des feuilles. Chez les Protophytes au contraire la pénétration a lieu par toute la surface du corps. Il est probable que, malgré le peu de développement de sa vie consciente, le végétal est capable d'un certain choix dans ses aliments. Car il n'absorbe en réalité que les substances qu'il peut utiliser.

D'un autre côté, il semble qu'il y ait une sorte de balancement entre la vie intellectuelle et végétative. A mesure que la première s'oblitère, la seconde se perfectionne. L'animal ne peut absorber que des substances déjà élaborées par les plantes. Celles-ci au contraire sont en général capables de se nourrir directement avec les produits offerts par le monde inorganique. Elles ont dans ce but élaboré un certain nombre de substances qui leur permettent de modifier chimiquement ces aliments minéraux et de les transformer en matière vivante. Parmi ces substances, la plus remarquable est la *chlorophylle*. C'est une matière verte qui se présente en général sous forme de granules microscopiques. Elle est surtout bien développée dans les feuilles des Métaphytes. C'est grâce à elle que les végétaux décomposent l'acide carbonique de l'air, absorbent le carbone et rejettent l'oxygène; phénomène précisément inverse de la respiration, par laquelle les animaux (et à un plus faible degré les végétaux) absorbent l'oxygène et rejettent l'acide carbonique. C'est là une de ces harmonies

de la nature, grâce à laquelle les produits expulsés par certains êtres sont nécessaires à la vie d'autres organismes.

Ainsi la diminution de la vie sensitive et le perfectionnement de la vie végétative sont chez les plantes la conséquence d'un seul phénomène bien simple et semblant de prime abord peu important : la présence d'une membrane de cellulose. Mais les premiers végétaux que nous aurons à étudier ne nous présentent les caractères distinctifs de la vie végétale que d'une façon peu marquée. Beaucoup d'entre eux sont encore doués de mouvements d'ensemble, comme les animaux, et ont été par divers auteurs rangés tantôt dans un règne, tantôt dans l'autre. Ce sont, dans toute la force du terme, des *êtres intermédiaires*.

Voici, par exemple, les Diatomées, algues microscopiques qui, au nombre de milliers d'espèces, peuplent les eaux douces et marines. Quel monde

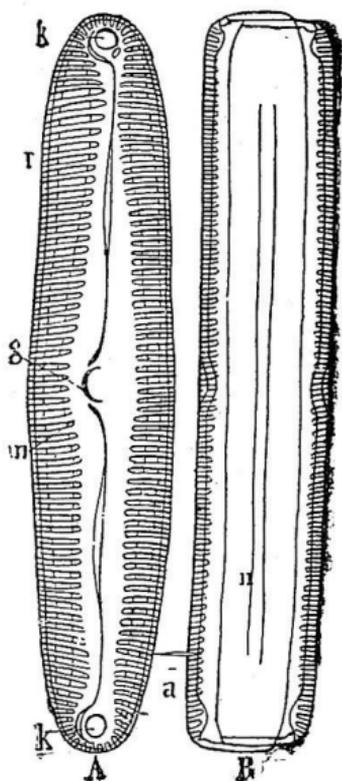


Fig. 11. — *Pinnularia viridis*. A, vu par la surface supérieure; B vu par la tranche; g, nodule médian; k, k, nodules terminaux; m, ligne médiane; r, stries; n valve externe; i, valve interne.

étrange est celui-ci ! Voici une plante pourvue d'un pigment analogue à la chlorophylle, qui lui permet de vivre en décomposant l'acide carbonique dissout dans l'eau. Son corps unicellulaire est protégé par une coquille à deux valves siliceuse qui présente les formes les plus régulières et les sculptures les plus délicates qu'on puisse imaginer (fig. 11. Voir aussi fig. 5, p. 43).

Certaines Diatomées sont mobiles et se déplacent constamment dans l'eau par un procédé que leur extrême petitesse n'a pas encore permis d'étudier complètement. D'autres, au contraire, restent immobiles et s'unissent entre elles pour former des chaînettes du plus gracieux effet.

Les Diatomées se reproduisent par division simple ou scissiparité et de temps en temps par conjugaison. On a calculé qu'un seul individu pouvait donner un million de descendants en quelques jours. Aussi ne faut-il pas s'étonner de voir ces plantes microscopiques jouer un rôle important dans l'économie du globe. Certaines couches géologiques renferment un nombre incalculable de leurs carapaces, que leur constitution siliceuse rend presque indestructibles. C'est ainsi que Berlin repose sur une tourbe argileuse de 7 à 20 mètres de hauteur composée de débris de Diatomées. Le tripoli, qui forme en Bohême une couche de 40 mètres d'épaisseur, n'est qu'une accumulation incommensurable de carapaces des mêmes plantes. La houille elle-même en renferme, et, chose remarquable, elles sont en partie identiques à celles d'aujourd'hui. On peut donc affirmer que les Diatomées sont apparues de fort

bonne heure avec leurs caractères si remarquables et que ce groupe inadaptatif a persisté jusqu'à nos jours sans modifications sensibles. Il constitue une de ces ébauches, comme nous en avons constaté chez les Protozoaires; grâce à la complexité même qu'ils avaient atteinte d'emblée, ces êtres avaient perdu toute plasticité et n'ont pu prendre part à la constitution des organismes supérieurs.

Si les Diatomées ont, grâce à la présence de leur coquille, certaines analogies avec les Foraminifères et les Radiolaires, d'autres algues unicellulaires nous rappellent les Infusoires flagellifères. Telles sont les Euglènes, qui ne se distinguent des véritables Protozoaires que par la présence de la chlorophylle. Elles nagent dans l'eau au moyen d'un long flagellum, et sont pourvues d'une tache rouge qu'on a considérée comme un œil rudimentaire!

Examinez au microscope ces plaques verdâtres qui se forment sur les pierres submergées. Vous aurez chance d'y trouver de petits tubes arrondis aux extrémités. Ce sont les Oscillaires. Dans les aquariums on les trouve toujours du côté éclairé. Si on change l'incidence de la lumière, par exemple en retournant l'aquarium, on constate, au bout de quelques heures, que toutes les Oscillaires ont quitté leur ancienne place devenue obscure pour se porter sur la face éclairée. Voilà donc des plantes monocellulaires dépourvues de toute espèce d'organe, qui sont attirées par la lumière. Ce fait, comme celui des organes

foliaires et floraux des Métaphytes, qui se dirigent vers le soleil, prouve que si la vie consciente est moins développée chez les plantes que chez les animaux, elle n'est cependant pas entièrement abolie. Elles ont tout au moins conscience des phénomènes de chaleur, de lumière, d'humidité, etc., qui peuvent leur être utiles ou nuisibles et cherchent toujours à se placer dans les conditions les plus favorables possibles. C'est une nouvelle confirmation de cette loi d'identité de la conscience avec la vie et de cette *tendance à vivre* inhérente à tout protoplasma, que nous avons exposée dans la première partie de cet ouvrage.

Une autre tentative de perfectionnement dans le sens de la vie végétale unicellulaire nous est offert par des algues bien remarquables, les Siphonées. Nous avons vu qu'une loi tout à fait générale veut que les cellules, animales ou végétales, restent toujours de petites dimensions. Les Siphonées font exception à cette règle. Elles sont composées d'une seule cellule de très grande taille, qui peut atteindre 1 mètre de longueur ! Ce qu'il y a de plus curieux, c'est que cette cellule unique se ramifie et se fixe même au sol par des sortes de crampons. Les Siphonées imitent en un mot tout à fait la forme extérieure des Algues de structure complexe, telles que les *Fucus*. Elles doivent avoir rempli dans les mers primitives du globe le rôle qui devait revenir plus tard à celles-ci ; malheureusement la délicatesse de leur structure en a empêché la fossilisation. En tous les cas, elles représentent une tentative

bien intéressante de la nature vers le perfectionnement par l'augmentation de taille et la complication de structure d'une cellule unique.

Cet essai ne pouvait mener bien loin. Aussi de bonne heure voit-on se constituer des sociétés tout à fait analogues à celles que nous avons observées chez les Protozoaires. Nous avons déjà vu que, chez certaines Diatomées, les individus nouvellement formés, au lieu de s'éloigner l'un de l'autre, restent unis et constituent des chaînettes. D'autres Diatomées sont fixées à des pédicelles et forment des colonies ramifiées semblables à celles des Infusoires. Il y a des algues inférieures qui vivent cachées dans une sorte de gelée exsudée par la cellule. Les individus nouvellement formés restent enfouis dans cette masse et sont reliés entre eux sous forme de chaînettes. Tel est par exemple le *Nostoc*. On rencontre assez fréquemment le long des chemins cette masse tremblante, plissée, ondulée, verdâtre quand elle est mouillée, devenant brune par la dessiccation. Elle n'est pas fixée au sol et se nourrit exclusivement des substances apportées par l'air atmosphérique. On peut rapprocher de ces colonies rudimentaires les sociétés des *Protococcus* qui forment, du côté exposé à l'humidité, un enduit vert sur l'écorce des arbres. Ces Algues, bien inférieures comme organisation, puisqu'elles ne sont formées que de cellules rondes microscopiques, sont pourtant intéressantes, parce qu'elles représentent un premier essai d'adaptation à la vie aérienne. Les masses

de gelée dont s'entourent certaines espèces sont tout simplement destinées à en prévenir la dessiccation.

D'autres Algues forment des colonies plus parfaites. Telles sont les Volvocinées qui constituent dans le monde végétal le pendant de la *Magospheera planula*. On trouve assez souvent dans les eaux douces une petite sphère verte d'environ 1 millimètre de diamètre. C'est le *Volvox globator*; il se promène dans l'eau en roulant sur lui-même, s'élevant jusqu'à la surface, puis redescendant, se portant de côté et ainsi de suite. On croirait avoir devant soi un animalcule, et cependant c'est une plante puisque les cellules qui la composent sont pourvues de chlorophylle. Chacune d'elles est munie de deux flagellums, dont les mouvements produisent le déplacement de la colonie.

En somme, si nous cherchons à condenser en quelques mots les données acquises jusqu'ici, nous voyons que les Protistes à tendances végétales se sont de très bonne heure séparés de ceux qui devaient donner naissance au règne animal. Cette séparation a eu lieu dès le stade Monère; mais au début les différences ont été très faibles. Les Protozoaires se couvraient tout au plus d'une membrane albumineuse souple, ou bien, s'il y avait une carapace solide comme chez les Foraminifère et les Radiolaires, elle était percée de fins pertuis qui permettaient l'issue des pseudopodes. Au contraire les Protophytes constituaient autour de leur cellule une enveloppe

épaisse et résistante de cellulose ; par suite, leurs relations avec le monde extérieur devenaient plus difficiles, l'alimentation se réduisait à des substances liquides ou gazeuses, que la plante élaborait au moyen de produits tels que la chlorophylle, inconnus au règne animal. Tandis que chez celui-ci, cette conscience obscure inhérente à toute substance vivante va se perfectionner de façon à aboutir finalement au magnifique développement de la raison humaine, la plante, plongée dans un milieu nutritif indéfini, n'ayant besoin ni de voir, ni de poursuivre sa proie, n'aura jamais qu'une vie psychique tout à fait rudimentaire. En revanche, sa vie végétative se perfectionnera et lui permettra de puiser ses aliments directement dans le monde inorganique.

Mais ces progrès n'ont pas eu lieu en un jour. Il y a eu, comme chez les Protozoaires, des tâtonnements au début. La plante a d'abord essayé de se perfectionner en restant monocellulaire. Elle n'a pas perdu immédiatement les attributs de la vie animale. Les premières algues sont aussi mobiles que les infusoires. Nous verrons du reste que le mouvement n'est pas l'apanage exclusif des animaux, et que, même chez les végétaux supérieurs, on observe encore des mouvements spontanés, par exemple les déplacements des feuilles quand elles prennent leur position de sommeil ou qu'elles se dirigent vers le soleil. La sensibilité même n'est pas tout à fait abolie chez la plante, comme le prouvent les mouvements de la sensitive ou ceux des plantes carnivores. Mais d'une façon générale ces deux propriétés, sensibilité et

motilité, sont bien moins développées dans le règne végétal que dans le règne animal.

Comme chez les Protozoaires, nous voyons la reproduction des Algues unicellulaires se faire tantôt par division simple, tantôt par conjugaison. Le noyau joue dans ces phénomènes le même rôle dans les deux règnes. Les individus nouvellement produits se séparent d'ordinaire assez tôt. Mais dans certaines espèces ils restent unis et constituent des sociétés irrégulières où il y a seulement voisinage d'un certain nombre de cellules équivalentes entre elles et ne se rendant pas de services réciproques. Nous verrons au contraire bientôt que le progrès n'a été possible, dans les deux règnes, que par la division du travail entre les membres de l'association.

Tandis que la plupart des Protistes, tant animaux que végétaux, cherchaient à se perfectionner dans le sens d'une vie indépendante, quelques-uns d'entre eux s'adaptaient à l'existence parasitaire. On appelle parasite un être qui vit aux dépens d'un autre sans le détruire, ou tout au moins sans le détruire rapidement. Ce genre de vie détermine chez tous les êtres qui s'y adonnent des déformations analogues. L'animal vivant dans un milieu gorgé de sucres nutritifs perd ses organes de mouvement et de préhension, la plante absorbant des produits organiques carbonés n'a plus besoin d'extraire le carbone de l'air, elle se dépouille de sa chlorophylle et prend un aspect jaunâtre caractéristique.

On rencontre dans la nature tous les intermédiaires possibles depuis les cas de parasitisme confirmé, amenant sur le parasite et sur son hôte les régressions les plus marquées, jusqu'à ceux où un être se contente de vivre des débris de la table d'un autre organisme (commensalisme) ou bien ceux où deux êtres se rendent des services réciproques (mutualisme). Tous ces phénomènes sont extrêmement répandus et leur importance biologique est telle que je ne puis que les signaler au passage, me réservant d'y revenir dans un travail subséquent.

Chez des êtres aussi simples que les Protistes, les réductions amenées par le parasitisme ne peuvent être bien importantes; cependant, on constate que les nombreux Infusoires parasites du tube digestif des animaux supérieurs ont une forme bien moins compliquée que leurs congénères vivant à l'état libre. Ils sont souvent doués de mouvement amiboïdes et rappellent par là leurs ancêtres monériens. Le parasitisme a en effet souvent pour résultat de *maintenir ou de faire reparaître des caractères ancestraux* qui disparaissent chez les êtres vivant à l'état libre. Les Sporozoaires constituent un autre groupe de Protozoaires parasites, d'affinités encore mal définies.

Le parasitisme chez les Protophytes est plus intéressant à étudier. Il provoque la disparition de la chlorophylle et souvent l'apparition de mouvements amiboïdes. Ses représentants constituent l'immense classe des levûres et des microbes sur le rôle desquels nous ne pou-

vons insister ici. Rappelons seulement que ces êtres ont une origine des plus anciennes, puisqu'on a trouvé dans la houille des bactéries qui ont certainement contribué à désagréger ces débris végétaux et à les transformer en charbon. Actuellement encore le rôle des bactéries dans la nature est immense. Ce sont elles qui détruisent les restes des plantes mortes et en font de l'humus ou terre végétale; ce sont elles encore qui fixent dans cet humus l'azote de l'air et rendent ainsi possible la vie des plantes supérieures. Ainsi de quelque côté que nous portions nos yeux, nous voyons que les êtres les plus infimes eux-mêmes ont leur rôle dans l'harmonie de la nature et sont dignes de toute l'attention de l'homme de science.

# TROISIÈME PARTIE

## Évolution de la vie végétale

### CHAPITRE VII

#### GÉNÉRALITÉS SUR LA DOCTRINE DE L'ÉVOLUTION

Les colonies animales et végétales. — La différenciation cellulaire et le milieu intérieur. — Possibilité de l'évolution. — Durée des époques géologiques. — Nécessité de l'évolution pour expliquer les organes rudimentaires et le développement embryonnaire. — Facteurs de l'évolution: le milieu, la finalité interne du protoplasma et l'hérédité. — La lutte pour la vie et la survivance du plus apte.

Les êtres vivants que nous avons étudiés jusqu'ici et que nous avons, avec Haeckel, désignés sous le nom de Protistes, ont un caractère commun: celui de n'être formés que d'une cellule ou plastide. Même lorsqu'ils restent unis, leurs sociétés ne sont constituées que par la juxtaposition de cellules équivalentes entre elles, ne se rendant pas de services réciproques et, par suite, capables de vivre aussi bien isolément. Au contraire, les végétaux et les animaux que nous

avons à examiner maintenant sont des êtres essentiellement coloniaux, c'est-à-dire qu'ils sont formés par association d'un nombre en général très grand de plastides intimement soudés entre eux. Ces plastides sont plus ou moins modifiés de façon à devenir solidaires les uns des autres. Les uns se sont façonnés pour remplir les fonctions de digestion : ils digèrent pour l'ensemble de la colonie. D'autres se sont transformés en tubes pour conduire les liquides, d'autres en organes de protection, de préhension, de respiration, de reproduction, etc. On constate ainsi, dans la vaste société qui constitue un végétal ou un animal supérieur, des associations secondaires qui sont les organes, par exemple les feuilles, les fleurs, les racines, le tube digestif, le poumon, le foie, les membres. Ces plastides ainsi spécialisés en vue d'une fonction déterminée ne sont plus capables de mener une vie indépendante. Si on les sépare de l'ensemble de l'organisme, ils meurent plus ou moins rapidement, d'autant plus rapidement que la plante ou l'animal dont ils font partie sont plus élevés en organisation.

Il en est ainsi dans les sociétés humaines. Voyez ces associations rudimentaires constituées par les hordes de sauvages ; chaque individu y est à la fois chasseur, cuisinier, constructeur de huttes, de pirogues, etc. Isolez l'un d'eux dans la forêt vierge, il sera parfaitement capable d'y subvenir tout seul à ses besoins. Faites-en autant pour un membre d'une société civilisée, il y mourra de faim, parce que, trop

spécialisé dans une fonction déterminée, celle de musicien ou d'écrivain par exemple, il ne saura pas pourvoir sans aide extérieure à ses besoins les plus urgents.

Ainsi les Métaphytes et les Métazoaires sont formés de cellules différentes les unes des autres et unies dans une position déterminée. Il y a à la fois une différenciation *histologique* qui crée les différentes sortes de cellules et une différenciation *anatomique* qui préside à leurs arrangements : de là résultent d'une part la diversité des tissus, d'autre part la forme du corps et des organes jusque dans les plus minimes détails.

Toute cellule non différenciée est capable de se diviser indéfiniment. Il en est ainsi chez les Protistes, sauf le cas des Infusoires sénescents que nous avons étudié plus haut (p. 65). Mais toute cellule qui se différencie met par cela même une limite à sa faculté de division. C'est ce que nous montre l'expérience de tous les jours. Après une période ascendante, le corps ou soma des êtres pluricellulaires cesse de croître : il est adulte. Puis, au bout d'un temps variable, les produits de désassimilation s'accumulent dans ces plastides qui ne se renouvellent plus qu'imparfaitement : c'est la vieillesse et la mort. Il y a cependant dans tout organisme des cellules qui ne se différencient que peu ou pas : elles constituent ce qu'on a appelé le *plasma germinatif*. Celui-ci donne naissance aux produits sexuels, ovules, spermatozoïdes, pollen, et jouit d'une immortalité tout à fait comparable à

celle des Protistes. Quant à la faible différenciation subie par ces produits, elle est compensée par la fécondation, qui a pour effet de fusionner une cellule mâle et une cellule femelle différenciées en sens contraire, c'est-à-dire ayant perdu chacune précisément ce que l'autre a en excès. Cette théorie de l'immortalité du plasma germinatif opposée à la mortalité du soma a été surtout développée par Weismann. Nous ne pouvons nous y étendre davantage : on trouvera tous les détails nécessaires dans l'ouvrage de Delage (*Structure du protoplasma*) déjà cité. Contentons-nous de dire que, même chez les êtres susceptibles de se perpétuer par des bourgeons asexués (parthénogénèse de nombreux animaux, tubercules des pommes de terre, etc.), les cellules différenciées meurent comme toujours et c'est seulement par des éléments indifférenciés que la vie se continue.

Il nous reste, pour montrer combien est étroite la dépendance mutuelle des cellules de l'organisme, à dire quelques mots du *milieu intérieur*, c'est-à-dire du liquide dans lequel elles baignent. Tout d'abord, même chez les animaux supérieurs et chez l'homme, ce milieu est salé comme chez les êtres marins et ce fait vient à l'appui de ce que nous verrons au sujet de l'évolution des Vertébrés. Mais de plus chaque organe verse dans le sang veineux les déchets de sa propre nutrition ; parmi eux se trouvent les matériaux nécessaires au fonctionnement d'autres organes, à la régénération d'autres tissus. Aussi toute maladie d'un organe a-t-elle son retentis-

sement sur l'économie entière. C'est la connaissance, toute récente, de ces faits qui a donné lieu à une méthode thérapeutique nouvelle, l'opothérapie, ou traitement par les injections d'extraits d'organes. Cette modification incessante du milieu intérieur par l'ensemble des Plastides, ainsi que la constitution des organes et des tissus, montrent qu'il existe entre les cellules composant les animaux supérieurs de véritables relations de mutualisme, ou, plus exactement, de symbiose, c'est-à-dire de fusionnement d'éléments se rendant des services réciproques. Il en est exactement de même chez les Végétaux : il est certain que chacune de leurs cellules réagit en quelque façon sur l'ensemble de l'organisme, et nous constatons chez eux également la constitution d'organes et de tissus. Cependant, en général, la spécialisation n'est pas portée aussi loin que chez les Animaux ; aussi, en bien des cas, voyons-nous des parties détachées d'une plante susceptibles de continuer à vivre ; c'est là l'origine des boutures et des marcottes. Ce phénomène de survie est beaucoup plus rare dans le règne animal et ne s'observe que dans les échelons inférieurs de la série.

Les Métaphytes et les Métazoaires descendent tous des cellules isolées que nous avons étudiées précédemment. Au cours des âges, ces organismes se sont perfectionnés progressivement en s'adaptant aux conditions physiques et chimiques du milieu. Cette donnée a définitivement acquis droit de cité dans la science depuis les im-

mortels travaux de Lamarck, de Darwin et de Haeckel. L'exposé de toutes les preuves de la réalité de l'évolution nous entraînerait trop loin. Mais afin qu'aucun doute ne persiste dans l'esprit de nos lecteurs, nous exposerons successivement les données suivantes.

1. *L'évolution est possible.* — Il va de soi que les modifications successives qui ont conduit de la Monère à l'Algue et de celle-ci aux plantes supérieures, ou bien de la même Monère à l'Infusoire et de là au Ver, au Poisson, au Reptile et au Mammifère, il est certain, dis-je, que ces modifications ont été très lentes et se sont accomplies d'une façon tout à fait progressive. Les durées de temps indiquées par les anciennes cosmogonies seraient tout à fait insuffisantes pour expliquer de pareilles transformations. Heureusement la géologie est venue nous apprendre que des êtres vivants existent sur la terre depuis bien plus longtemps qu'on ne pouvait l'imaginer. Nous avons représenté dans le tableau suivant la durée relative des principales époques géologiques rapportées à 100. Quand le globe se fut solidifié et que les eaux se furent précipitées à sa surface, leurs déplacements, les changements de niveau des terres et des mers provoquèrent la formation de dépôts sédimentaires englobant les restes fossilisés des êtres vivant à chacune des époques correspondantes. C'est l'étude de ces dépôts qui a permis de constater que les faunes et les flores avaient subi d'incessants changements et que, d'une façon générale, les Animaux et les Plantes les plus simples en organisation occupaient les cou-

ches les plus profondes, c'est-à-dire les plus anciennes. Pour se faire une idée de ces phénomènes, on remarquera que l'époque quaternaire, caractérisée par l'apparition de l'Homme, n'occupe que 0,5 pour 100 du total, depuis la formation des premiers dépôts sédimentaires. Or, des géologues autorisés estiment la durée de cette seule époque à près de 1 million d'années, et affirment que depuis l'apparition de la vie sur la terre 200 millions d'années se sont écoulées (1). Que sont

Périodes	Durée relative	Principales subdivisions	Plantes caractéristiques	Animaux caractéristiques
Quaternaire	0,5	moderne ancien (glaciaire)	flore actuelle flore des pays froids	homme mammouth
Tertiaire...	2,3	Pliocène miocène éocène crétacé	angiospermes	mammifères
Secondaire...	11,5	jurassique triasique Permien	gymnospermes	reptiles
Primaire...	32,1	carbonifère dévonien silurien	cryptogames	poissons et mollusques
Archéen....	53,6	huronien laurentien	protophytes	protozoaires
Total....	100			

nos chronologies en face de ces chiffres qui confondent l'imagination? Dans le tableau ci-dessus vis-à-vis de chaque époque nous avons noté les

(1) Haeckel. *Etat actuel de nos connaissances sur l'origine de l'Homme*, traduction du Dr L. Laloy. Paris, 1899.

Animaux et les Végétaux les plus caractéristiques, c'est-à-dire ceux qui ont atteint le maximum de leur développement à l'époque considérée.

Quelle que soit l'opinion qu'on adopte sur la durée réelle des époques géologiques, il est hors de doute que cette durée est suffisante pour expliquer les modifications des faunes et des flores. Quant à l'objection tirée de la fixité actuelle des espèces elle n'a aucune valeur. En effet, comme le dit M. Le Dantec (*Théorie nouvelle de la vie*, p. 200), l'évolution est actuellement impossible à cause de la grande différenciation des êtres. Si nous introduisons une variation légère dans les conditions du milieu, nous obtenons une variation très légère de l'espèce. Si nous introduisons une variation plus forte, nous tuons le plastide fragile sur lequel nous opérons, tandis que, pour la même variation, un plastide ancestral, plus résistant parce que moins différencié, aurait donné, au lieu de se détruire définitivement, un plastide d'une espèce notablement différente. C'est pour la même raison, comme nous le verrons, que les grands Reptiles jurassiques, ainsi que les Éléphants du tertiaire, ont tous disparu dès que le climat et les autres éléments du milieu se sont modifiés.

Mais il est un autre fait dont il nous faut dire quelques mots. D'après la remarque d'Agassiz, dès les premières couches fossilifères, on rencontre des Animaux assez élevés en organisation, les Trilobites et les Mollusques par exemple. Ainsi le protoplasma, apparu peu auparavant,

n'a eu besoin que d'une période relativement courte pour évoluer et donner les principaux types, qui ont ensuite mis un temps beaucoup plus long pour ne subir que des modifications secondaires ; sur la jeune terre qui venait de se solidifier, la vie à peine apparue s'exerçait avec une intensité dont rien ne peut nous donner une idée, et créait sans cesse des formes nouvelles. C'est à cette courte période de morphogénèse rapide que M. Houssay (*la Forme et la vie*, p. 268) propose d'appliquer le nom de création.

Nous verrons que l'évolution embryonnaire reproduit en gros celle de l'espèce ; or on y observe également au début une période de différenciation très intense. L'embryon d'un poulet, dont l'évolution totale dure 21 jours, en emploie seulement 2 pour être un vertébré, 7 pour acquérir les caractères de l'oiseau et 12 pour devenir un poulet.

L'évolution a donc été très rapide au début. Mais d'après de Vries (1) elle pourrait le redevenir. Cet auteur a en effet observé que certaines espèces végétales, au lieu d'avoir la fixité des autres, sont au contraire en train d'acquérir de nouveaux caractères spécifiques : elles sont en *état de mutation*. Telle serait notamment l'*Œnothera lamarckiana*. Si l'on étend cette théorie à l'ensemble des êtres, on dira que l'évolution, au lieu d'être continue, s'est faite par à-coup. A la suite d'une modification des conditions exté-

(1) De Vries. *Die Mutationstheorie, Versuche und Beobachtungen über die Entstehung der Arten im Pflanzenreiche*. Leipzig, Veit, 1901.

rieures, un grand nombre d'espèces périssaient, les autres s'adaptaient au milieu nouveau, c'est-à-dire se transformaient en espèces nouvelles. Cette période de mutation était suivie d'une phase de repos plus ou moins longue. Nous sommes actuellement, pour la grande majorité des espèces, dans une phase de repos que des modifications légères de la composition de l'atmosphère ou de l'intensité de la radiation solaire pourraient faire cesser.

La faiblesse des variations nécessaires pour créer des espèces nouvelles est prouvée par les expériences des éleveurs de Chenilles qui obtiennent des variétés nouvelles de Papillons en ne modifiant que très légèrement les conditions extérieures. Les travaux de Dareste (1) sont encore plus remarquables : en soumettant des œufs de poule à des chocs ou à des variations de température, cet auteur est parvenu à obtenir des fœtus monstrueux. On conçoit que, si des modifications brutales donnent lieu à des anomalies incompatibles avec la vie, des changements progressifs du milieu, tels qu'ils se sont produits un grand nombre de fois au cours des époques géologiques, peuvent et doivent donner naissance à des êtres parfaitement viables. Il y a là toute une science nouvelle, la tératogénie, ou production artificielle des monstres, susceptible de jeter du jour sur l'origine des espèces.

2. *L'évolution est nécessaire.*— Elle seule per-

(1) Dareste. *Recherches sur la production artificielle des monstruosités ou essais de tératogénie expérimentale.* Paris, 1891.

met en effet de comprendre la succession des faunes et des flores dans le temps, succession qui n'est pas due au hasard, mais qui a pour principe directeur un perfectionnement progressif des organismes. Cette succession nous est démontrée par la paléontologie.

En second lieu, on trouve chez les êtres les plus élevés des parties qui ne servent à rien, qui peuvent même devenir nuisibles dans certaines circonstances : tel l'appendice vermiculaire du cœcum chez l'Homme. Ces *organes rudimentaires*, comme on les appelle, sont tout simplement les traces d'organes qui existaient avec tout leur développement chez une forme ancestrale et qui y remplissaient une fonction déterminée. Avec le temps, le changement de régime ou de milieu, ils sont devenus superflus, mais, grâce à l'hérédité, ils persistent cependant, à l'état amoindri, chez les descendants auxquels ils ne sont plus d'aucune utilité. Si l'on admettait que les espèces ont été créées chacune isolément, l'existence absolument générale des organes rudimentaires deviendrait inexplicable.

Enfin on ne pourrait comprendre non plus pourquoi l'embryon au cours de son développement acquiert des organes qui ne persisteront pas plus tard, mais qui rappellent des dispositions existant chez les espèces inférieures. Les Mammifères, et l'Homme lui-même, ont, à une phase de leur développement des arcs branchiaux comme les Poissons. Le premier rein qui se développe chez les Vertébrés est analogue à celui des Vers. Plus tard ce rein disparaît en partie et est remplacé

par un autre constitué tout différemment. Les Poissons restent généralement à ce stade. Mais chez la plupart des Reptiles, chez les Oiseaux et chez les Mammifères, cet organe se résorbe à son tour pour faire place au rein définitif. Ces faits si curieux trouvent leur explication toute naturelle dans cette grande loi de l'embryologie : *l'embryon d'un animal ou d'une plante parcourt en les abrégant toutes les phases qu'a traversées son espèce dans la suite des temps pour arriver à sa forme actuelle.*

On conçoit dès lors quelle aide mutuelle se fournissent la paléontologie (étude des formes anciennes et de leur succession), l'anatomie (étude des analogies de structure entre les espèces différentes) et l'embryologie (étude du développement individuel) et comment leur coopération a pu nous donner une vision très nette de l'ensemble de l'évolution. Mais nous pouvons maintenant nous poser une troisième question.

3. *Facteurs de l'évolution.*— Pourquoi les premiers plastides se sont-ils modifiés et associés pour constituer des organismes complexes et pourquoi ces organismes, à leur tour, sont-ils devenus si différents les uns des autres? A cela nous ne voyons que deux raisons : le milieu et la finalité interne du protoplasma. Pour mieux faire comprendre notre pensée rappelons les remarquables expériences de M. Bonnier (1). Il lui a suffi d'établir dans les Alpes et les Pyrénées des

cultures artificielles de plantes de la plaine pour voir, le plus souvent dès la première génération, survenir les modifications les plus remarquables. La métamorphose du topinambour est presque invraisemblable : au lieu de la plante élancée que tout le monde connaît, on n'observe plus qu'une rosette de feuilles aplaties et velues, étalées sur le sol. Or on sait que la forme rampante et la présence de poils sont éminemment favorables à la plante destinée à vivre dans les régions froides : elles sont caractéristiques des flores polaire et arctique. Ainsi voilà des végétaux qui, sous l'influence même du froid, prennent spontanément la forme qui leur permettra le mieux de lui résister.

Il est évident que des variations de même ordre ont dû se produire un nombre incalculable de fois aux cours des périodes géologiques sous l'influence des changements des conditions de milieu. Dès qu'elles étaient favorables, elles se transmettaient par hérédité et donnaient naissance à des formes adaptées aux conditions nouvelles. Comme les Animaux et les Plantes se trouvèrent dès le début placés dans une infinité de milieux plus ou moins différents les uns des autres, il n'est pas difficile de comprendre comment le simple jeu de l'adaptation a pu produire les espèces si variées que nous observons tant de nos jours que dans les couches géologiques. D'autres influences interviennent pour fixer les formes nouvelles et ne laisser subsister que les mieux adaptées : dans la lutte pour la vie, les espèces les moins résistantes disparaissent grâce à la sélection.

tion naturelle, étouffées par leurs concurrents mieux armés.

Cependant il semble qu'on ait exagéré l'influence des facteurs darwiniens, la lutte pour la vie et la sélection. Même dans la sélection artificielle et raisonnée que pratiquent les éleveurs, il est impossible de passer d'une espèce à une autre. A plus forte raison, la sélection naturelle s'exerçant sur des variations individuelles ne peut-elle avoir à elle seule produit des espèces nouvelles et encore moins des genres ou des familles. Toutes les chances sont en pareil cas pour que les individus présentant la variation soient détruits si celle-ci est défavorable; ou bien pour que, même utile, elle disparaisse au bout d'un nombre restreint de générations par croisements avec l'espèce type. On ne voit d'ailleurs pas bien quelle utilité pourrait avoir pour l'individu une variation qu'on suppose forcément faible au début. Quel avantage retirerait un animal des régions polaires ou alpines d'un pelage légèrement plus blanc que ses congénères? De même, dans une bataille, les soldats les plus grands, ceux qui portent les uniformes les plus voyants, n'ont pas forcément une mortalité supérieure à celle des autres.

Les expériences de M. Bonnier nous ont montré au contraire que tous les individus d'une même espèce sont susceptibles de varier à la fois et dans le sens le plus favorable pour s'adapter à des conditions nouvelles. Ce serait selon moi cette variation brusque et totale, cet état de mutation, comme s'exprime de Vries, qui

serait la véritable cause de la formation des espèces. La lutte pour la vie et la sélection ne seraient plus que des facteurs secondaires, qui n'entrent en jeu que pour fixer et rendre stables les variations acquises en bloc et surtout pour supprimer les différenciations fâcheuses. Elles maintiennent les espèces dans leur caractère normal, mais ne sauraient en former de nouvelles. Ainsi, comme cause principale de l'évolution, nous retrouvons encore cette finalité du protoplasma qui lui permet de s'accommoder aux circonstances les plus diverses.

L'hérédité transmet aux générations suivantes les variations une fois produites. On a beaucoup discuté sur la façon dont cette transmission était possible. Weismann et d'autres auteurs ont recherché comment l'œuf et les spermatozoïdes pouvaient porter en eux la trace des caractères les moins importants des parents, et ils ont échafaudé, pour expliquer ce fait, les systèmes les plus compliqués. D'après M. Delage (*Structure du protoplasma*, p. 777), les caractères ancestraux ne sont qu'en faible partie représentés dans l'œuf. Il suffit que celui-ci contienne un seul des nombreux facteurs indispensables à la reproduction identique de tous les phénomènes évolutifs. Les autres facteurs sont situés en dehors de lui, mais il est sûr de les rencontrer à temps, sinon il mourrait et l'évolution serait non pas déviée, mais arrêtée. Or, toutes ces conditions sont précisément celles qu'a rencontrées l'œuf du parent à chaque stade correspondant ; on conçoit donc que les œufs des générations

successives suivent la même évolution, puisque, ayant la même constitution, ils rencontrent en outre dans le même ordre une série de conditions rigoureusement déterminées. Ce serait sortir de notre sujet que d'entrer dans le détail des théories concernant l'hérédité, aussi me contenterai-je de signaler l'importance de ce facteur pour la fixité des espèces.

Nous savons que quelques-unes des formes même les plus primitives ont pu, grâce à un concours de circonstances favorables, persister jusqu'à nos jours : ce sont des témoins d'un état de choses depuis longtemps aboli. Tels sont les Protistes que nous avons étudiés précédemment. Il y eut un moment de l'histoire du monde où les seuls êtres vivants étaient unicellulaires. Tous n'ont pas disparu lorsque se sont constitués les Métazoaires et les Métaphytes, et un certain nombre d'espèces ont survécu. Telles sont encore les Algues, que nous avons à étudier maintenant. Elles ont dû avoir leur maximum de développement au début des temps primaires, alors que les mers avaient une extension bien plus grande qu'aujourd'hui. Malheureusement elles n'ont laissé que des débris fossiles peu nombreux et difficiles à déterminer. Aussi ne peut-on juger de ce qu'étaient ces premiers Métaphytes que par l'étude de leurs descendants actuels.

## CHAPITRE VIII

### LES VÉGÉTAUX CELLULAIRES

Fixation définitive du type végétal. — Les Algues. — Leur importance dans la classification. — Leurs différents types de structure. — Reproduction agame et sexuée. — Les Mousses et les Hépatiques, Algues adaptées à la vie terrestre. — Faible différenciation de leurs organes végétatifs.

Les premiers Métaphytes sont encore bien peu perfectionnés : leur corps ou *thalle* est constitué de cellules toutes semblables entre elles, il n'y a encore ni fibres ni vaisseaux nettement différenciés, par suite pas d'organes comparables à des feuilles, des tiges, des racines. Aussi a-t-on donné à ces végétaux le nom de cellulaires ; ils comprennent les Algues, les Muscinées (Mousses et Hépatiques), les Lichens et les Champignons. Nous réserverons les deux derniers groupes pour plus tard (V. chap. XI) et nous nous occuperons d'abord des Algues et des Muscinées. On réunit souvent tous ces végétaux aux plantes unicellulaires sous le nom de Protophytes. Mais il nous paraît préférable de réserver cette appellation à ces dernières par analogie avec les Protozoaires, et de dénommer végétaux cellulaires les

moins différenciés des Métaphytes, dont nous avons à nous occuper maintenant et dont les cellules ne sont pas modifiées pour donner naissance à des fibres et à des vaisseaux.

Quelque rudimentaire que soit leur organisation, nous constaterons cependant en remontant la série de ces végétaux une certaine tendance au perfectionnement et à la différenciation; mais les tissus formés restent toujours peu distincts les uns des autres. Nous remarquerons aussi que dès ce moment une grande différence se fait sentir entre les deux règnes.

Dans tout être colonial, animal ou végétal, on peut dire qu'il y a génération alternante. L'œuf, la graine ou la spore donne naissance, en se divisant, à un grand nombre de cellules qui constituent l'individu adulte. Celui-ci a donc été produit par voie asexuée ou agame (division). A son tour il donne naissance à un nouvel être unicellulaire, œuf ou spore, et le cycle recommence. Nous ne tenons provisoirement pas compte de la fécondation et des organes qui lui sont destinés. Le mode de formation de la cellule ovulaire varie suivant les cas et nous aurons à y revenir. Quand elle se divise pour donner des tissus, chez la plante le cloisonnement se fait dans une direction prédominante de manière à former des filaments, et s'il se produit plus tard des lames ou des formes massives, c'est par association de files cellulaires plus ou moins parallèles. Chez l'animal, le cloisonnement se fait dans les trois directions de l'espace et il en résulte une forme massive d'emblée. En d'autres termes, chez la

plupart des animaux la formation de cellules nouvelles a pour effet de produire des replis et par suite d'introduire le milieu ambiant dans la masse vivante. Chez les végétaux et chez les animaux fixés, qui ressemblent à tant d'égards aux plantes, le fait essentiel est le bourgeonnement, c'est-à-dire une croissance *localisée* à certains points de l'organisme. Par suite, il se produit des saillies qui font pénétrer l'être dans le milieu extérieur (Houssay, *la Forme et la Vie*, p. 591). C'est là une distinction essentielle entre les deux règnes organiques; il importait de l'établir dès maintenant.

Les Algues vont nous offrir de bons exemples de ces faits. On commence seulement depuis peu de temps à comprendre toute l'importance de ces végétaux. Ils ne constituent pas une famille comparable à celles des Phanérogames, mais bien un groupe de valeur égale à l'ensemble du reste du règne végétal. Les subdivisions elles-mêmes de ce grand groupe présentent entre elles des différences profondes sur lesquelles nous ne pouvons insister ici. Ancêtres de toutes les autres plantes, les Algues étaient originairement toutes marines. Cependant, quelques espèces se sont habituées à la vie en eau douce et c'est l'une d'elles que nous étudierons d'abord.

Tout le monde connaît ces masses vertes enchevêtrées qui croissent à la surface des eaux stagnantes. Ce sont des Conferves. Si on les examine au microscope, on voit que chacun de ces filaments est formé d'une simple rangée de

cellules placées bout à bout. On y observe un noyau et des grains de chlorophylle. Ceux-ci sont souvent disposés de façon très régulière ; ils forment, chez les Spirogyres, une spirale de l'effet le plus gracieux (fig. 12). En somme ces algues

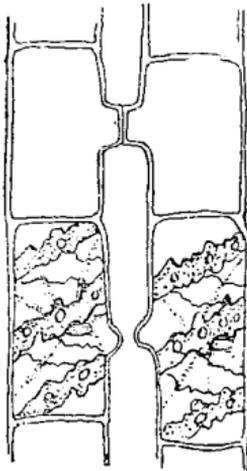


Fig. 12. — Cellules de *Spirogyra* en conjugaison.

ne diffèrent des Oscillariées que parce que les plastides nouvellement formés restent unis. C'est la cellule terminale de chaque filament qui, en se cloisonnant à sa partie postérieure, produit des cellules nouvelles qui augmentent d'autant la longueur de la colonie.

Dans d'autres Algues les séries de filaments sont accolées les unes aux autres et forment une membrane continue, mais n'ayant que l'épaisseur d'une seule cellule. Enfin les grandes

et belles Algues qui peuplent nos mers, les Fucacées par exemple, nous présentent le maximum de différenciation organique. Leur thalle est formé de couches nombreuses de cellules superposées. Il porte des crampons qui lui servent à se fixer au fond de la mer, parfois aussi des vésicules remplies d'air qui lui permettent de flotter près de la surface. Ce sont ces Algues qui présentent les organes de reproduction les plus compliqués. Notons en passant que c'est parmi elles qu'on rencontre les géants du règne végétal, par exemple les *Macrocystis* longs de plus de 200 mètres.

La reproduction des Algues est sexuée ou asexuée. Souvent les deux modes coexistent sur la même plante. On trouve, en un mot réunis chez ces végétaux tous les systèmes que nous verrons séparés et spécialisés chez les Métaphytes supérieurs.

La reproduction asexuée a lieu par des spores. En d'autres termes, à un moment donné le contenu de l'une des cellules constituant le thalle se divise en un certain nombre de masses protoplasmiques. Mises en liberté par rupture de la membrane cellulaire, ces spores germent, c'est-à-dire que chacune d'elles, en se segmentant, donne naissance à un grand nombre de cellules reproduisant la plante-mère. Dans la plupart des espèces, les spores sont pourvues de cils vibratiles ou de flagellums (fig. 13), elles se meuvent dans l'eau au moyen de ces organes, à la façon de véritables Infusoires, et portent le nom de *zoospores*. Au bout d'un certain temps elles perdent leurs cils, se fixent par l'extrémité qui était antérieure pendant le mouvement, et qui se dilate en crampon, se revêtent de cellulose, et enfin se segmentent en un thalle nouveau au niveau de leur extrémité postérieure.

La reproduction sexuée n'est dans sa forme la plus simple qu'une *conjugaison*. Voici par exemple le *Zygonone*, algue verte poussant sur la terre humide. A un moment donné deux des filaments qui la constituent s'approchent et se placent parallèlement. Les cellules en regard poussent l'une vers l'autre des protubérances

latérales qui s'allongent jusqu'à se rencontrer. Leur contenu pénètre dans le canal formé de

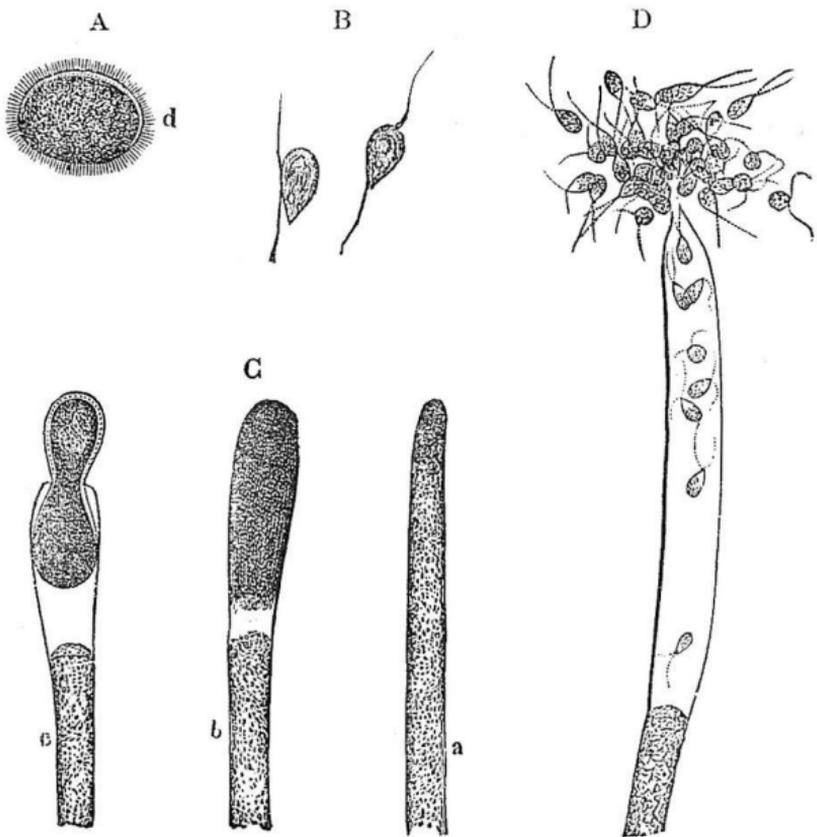


Fig. 13.

- A, zoospore couverte de cils vibratiles.  
 B, zoospores munies seulement de deux flagellums.  
 C, évolution d'une zoospore de *Vaucheria*; a, filament avant la fructification; b, à l'extrémité d'un filament s'est formé une accumulation de protoplasme, d'où proviendra la zoospore; c, la zoospore, presque achevée et déjà munie de sa membrane d'enveloppe, fait saillie hors du filament.  
 D, nombreuses zoospores mises en liberté.

cette façon, le protoplasma de chaque cellule après s'être condensé, vient se fusionner avec celui de sa partenaire; il en est de même des

noyaux. La masse ainsi constituée à mi-chemin des cellules primitives, est un *œuf* qui, en se segmentant, donnera naissance à un individu nouveau. Il n'y a pas encore chez ces plantes de différenciation sexuelle entre les cellules reproductrices, ou *gamètes*.

Celles-ci en effet peuvent être entièrement semblables aux autres cellules de la plante, ou bien s'en distinguer nettement et s'adapter uniquement à la fonction de reproduction. On connaît tous les intermédiaires entre ces deux stades extrêmes, c'est ainsi que chez les Spirogyres (voir fig. 12), nous avons déjà un degré de complication un peu plus grand. Le protoplasma de l'un des gamètes s'engage seul dans le canal, le traverse en entier et se rend dans la cellule opposée, où il se fusionne avec l'autre demeuré en place et où se forme également l'œuf. Celui des deux gamètes qui fait ainsi tout le chemin pour s'unir à l'autre peut déjà être dit mâle, l'autre femelle.

Chez l'*Œdogonium*, autre Algue filamenteuse de nos eaux douces, la fonction reproductrice se partage entre des cellules tout à fait spécialisées. Les unes, dites *anthéridies*, donnent naissance à des *anthérozoïdes* mobiles, qui nagent activement dans l'eau au moyen d'une couronne de cils vibratiles. En même temps, le contenu d'une autre cellule, nommée *oogone*, s'est transformé en une grosse masse qu'on appelle *oosphère*, et un orifice s'est percé dans la paroi de cette cellule. Les anthérozoïdes nagent autour de l'oosphère, et font tous leurs

efforts pour y pénétrer. En général, un seul y parvient, son protoplasma se fond dans celui de l'oosphère, son noyau se combine avec le sien. Le résultat de cette fusion est l'œuf, qui s'entoure aussitôt d'une membrane de cellulose.

Chez les Fucacées, par exemple, les varechs, intervient un nouveau perfectionnement, les organes mâles (anthéridies) et femelles (oogones) sont portés dans des cryptes ou conceptacles spécialement destinés à les recevoir. Il y a du reste souvent séparation complète des sexes, en ce sens que certains pieds ne portent que des anthéridies, et d'autres des oogones; la plante est alors dite *dioïque*.

Dans toutes les Algues que nous avons passées en revue, la rencontre des éléments sexuels est abandonnée au hasard. Chez les Floridées, vaste groupe d'Algues marines, dont la couleur varie du rose au pourpre, les anthéridies, cellules terminales d'un système de ramifications très serrées, sont très petites et rapprochées en grand nombre. Chacune d'elles condense son protoplasma autour de son noyau et forme un anthérozoïde arrondi qui s'échappe par une ouverture de la membrane. D'autre part, l'oogone qui est aussi la cellule terminale d'un filament, développe son sommet en un long appendice nommé *trichogyne* et, en même temps, condense à sa base son protoplasma autour de son noyau pour former l'oosphère. Ceux des anthérozoïdes qui, portés par les courants de l'eau, viennent à heurter le trichogyne, y adhèrent fortement; au point de contact, l'un d'eux résorbe sa mem-

brane de cellulose ainsi que celle du trichogyne et, par l'ouverture, déverse son protoplasma et son noyau, d'abord dans le trichogyne, puis dans l'oosphère. Dès lors, celle-ci est transformée en œuf ; elle s'entoure d'une membrane et se segmente.

Cette fécondation des Floridées ressemble de tous points à celle des Phanérogames : le trichogyne correspond au style et sert, comme celui-ci, à retenir l'élément mâle et à conduire son protoplasma jusqu'à la cellule femelle. Cependant les phanérogames ne procèdent pas directement des floridées et ce n'est que par un long détour qu'une organisation analogue a fini par se développer chez elles.

Ainsi, en ne tenant pas compte de la multiplication agame ou par spores qui n'est, en somme, qu'un perfectionnement du bourgeonnement, nous avons vu chez les Algues la reproduction sexuée constituée d'abord par l'union de deux cellules équivalentes entre elles, ne se distinguant en rien des cellules purement végétatives. Plus tard, les plastides chargés de la fonction de reproduction deviennent de plus en plus différents des autres ; ils sont situés en un point déterminé du thalle et pourvus d'organes accessoires facilitant leur rapprochement. En outre, ils diffèrent de plus en plus l'un de l'autre ; tandis que l'un, gros et immobile, constitue l'organe femelle, l'autre, bien plus petit, pourvu d'organes de mouvement, est l'élément mâle. Attiré par le premier il vient se fondre en lui.

Dès lors la reproduction sexuelle est consti-

tuée. Elle présente essentiellement les mêmes caractères dans tout l'ensemble des Métaphytes et des Métazoaires. Quant à l'utilité même de ce mode de reproduction, on n'est pas encore bien fixé à ce sujet. Pourquoi, au lieu de multiplier le nombre des individus par la simple division, la nature exige-t-elle la fusion préalable de deux individualités? Tout ce qu'on peut dire c'est que les divisions successives qui donnent naissance à l'ensemble des cellules d'un organisme s'arrêtent au bout d'un certain temps. Celui-ci cesse alors de grandir, il est adulte. Pour que ses cellules sexuelles soient capables de se segmenter pour produire un organisme nouveau, il faut que chacune d'elles s'unisse à une cellule de sexe opposé qui peut d'ailleurs être portée sur le même organisme (hermaphroditisme) ou sur un individu différent (dicécie). D'après M. Le Dan-tec (1), la cessation du phénomène de division tiendrait à l'accumulation de substances nuisibles dans l'intérieur du protoplasma. Au moment de la fécondation, une partie de ces substances est éliminée, et le reste est neutralisé par les substances différentes formées dans le plastide de l'autre sexe. Dès lors la division redevient possible.

Nous avons vu que, chez les Algues, la reproduction par spores existe en général en même temps que la reproduction sexuée sur les mêmes individus. Il n'y a donc pas division du travail. Dans tout le reste du règne végétal, nous allons

(1) LE DANTEC, *Théorie nouvelle de la vie*. Paris, 1896.

voir ces deux modes de multiplication se spécialiser de plus en plus et lutter entre eux pour la prééminence. Disons tout de suite, afin d'éviter toute confusion, que, lorsqu'il y aura génération alternante, nous appellerons *prothalle* le stade sexué et *thalle* ou *sporogone* l'individu porteur de spores agames.

Chez la plupart des Algues, l'œuf, une fois formé, se détache de la plante-mère et se développe en un nouvel individu. Il n'en est pas de même chez les Floridées. Leur œuf évolue sur place : sur l'individu même qui l'a formé, il se cloisonne, donne naissance à des branches et finit par constituer un petit buisson dont les cellules terminales se renflent, se remplissent d'un protoplasma plus dense et se séparent du buisson. Ce sont des spores; le buisson constitue un sporogone développé sur la plante sexuée. Après un certain temps, chacune de ces spores se segmente et donne soit directement une plante adulte, soit d'abord un corps rudimentaire filamenteux ou lamelliforme sur lequel le thalle adulte prend naissance par voie de bourgeonnement.

Nous allons retrouver tous ces phénomènes si compliqués chez les Muscinées (Mousses et Hépatiques). Les Hépatiques sont des plantes des lieux humides constituées souvent par une simple lame verte, d'autres fois par une petite tige feuillée. Elles représentent en somme des algues adaptées à la vie aérienne. Grâce à ce genre de vie si nouveau leur structure s'est perfectionnée.

Il y a une couche épidermique plus dense et, dans certaines espèces, des chambres à air servant à la respiration; en outre la plante est fixée au sol par des poils servant de racines. Sur ce prothalle se développent des anthéridies et des oogones. Ces dernières sont bien plus compliquées que celles des Algues : elles constituent une sorte de sac pluricellulaire nommé *archégone* et contiennent chacune une oosphère. Celle-ci s'unit à un anthérozoïde cilié et développe sur place un sporogone. Les spores qui s'en échappent donnent directement naissance à un prothalle adulte. Comme les Algues, les Hépatiques ont en outre une reproduction asexuée, représentée ici par des corpuscules pluricellulaires nommés *propagules*, qui se forment sur le prothalle, s'en détachent et se développent en individus nouveaux.

Nous avons dit que certaines Hépatiques ont une petite tige feuillée. Elles nous fournissent une transition toute naturelle pour passer aux Mousses. Ces végétaux présentent des différenciations bien remarquables. Ils ont des poils radiculaires, une tige pourvue de rameaux et de petites feuilles. Mais on peut dire que tous ces organes ne sont que l'imitation de ceux des végétaux supérieurs. Il n'y a en effet dans les Muscinées ni fibres ni vaisseaux : ces plantes sont exclusivement cellulaires et les feuilles des Mousses, notamment, ne sont essentiellement composées que d'une seule couche de cellules.

La reproduction sexuée des Mousses est tout à fait analogue à celle des Hépatiques. Le spo-

rogone se développe aussi sur la plante-mère. Il a l'apparence d'une *capsule* portée sur une longuetige et fermée par un couvercle ou *opercule*. Mais les spores qui en sortent ne donnent pas directement naissance à l'individu adulte. Il se forme tout d'abord un lacis de filaments verts enchevêtrés; c'est le *protonéma*. Ce stade ressemble tout à fait aux Algues de la famille des Conferves que nous avons étudiées plus haut (p. 109) et en vertu des lois de l'embryogénie on peut dire que les Mousses descendent d'Algues de ce groupe. Au bout d'un certain temps on voit, en quelques points du protonéma, se développer des bourgeons qui donnent naissance à autant de plantes adultes. La multiplication asexuée, par rejets ou par propagules, est également très développée chez les Mousses.

Le thalle ou sporogone est très réduit chez les Muscinées : il est loin de présenter la perfection de structure et la variété des formes que nous rencontrerons dans les groupes végétaux plus élevés. Cependant, il y a dans la capsule des Mousses des stomates semblables à ceux des plantes vasculaires; il y a également des espaces lacunaires, ce qu'on ne trouve ni dans la tige ni dans les feuilles du prothalle sexué. Le thalle a donc une tendance à s'individualiser; c'est son indépendance de plus en plus grande qui donnera naissance au magnifique développement des formes chez les Métaphytes vasculaires. S'il n'y arrive pas chez les Muscinées c'est parce qu'il vit en parasite sur le prothalle et que tout parasitisme est cause d'arrêts de dévelop-

pements. Cependant, chez une Mousse, la *Buxbaumia aphylla*, la tige et les feuilles sont souvent très réduites ou même nulles, la capsule qui représente le thalle prend alors un très grand développement. Nous verrons qu'au cours de l'évolution des végétaux supérieurs, c'est, au contraire des Muscinées ordinaires, le prothalle sexué qui finit par se réduire progressivement et par vivre en parasite sur le thalle.

Nous avons vu, dans ce chapitre, les premiers Métaphytes constitués par des colonies de la plus grande simplicité, se compliquer et se perfectionner progressivement, tout en restant exclusivement cellulaires. Les organes végétatifs atteignent chez certaines Algues une grande complexité; chez les Muscinées, ils ressemblent même à ceux des végétaux les plus élevés en organisation. Quant aux organes reproducteurs, ils suivent également une série nettement ascendante. La reproduction sexuée représentée d'abord par la conjugaison de deux cellules égales entre elles se spécialise bientôt dans des organes distincts qui atteignent un haut degré de perfection. Il y a une double reproduction asexuée; l'une, par spores, propagules ou rejets, persiste à côté de la reproduction sexuée avec laquelle elle est sans rapports (1). Elle correspond à la division simple des Protistes que nous

(1) Ce mode de reproduction persiste dans toute la série végétale. Voir à ce sujet L. Laloy : *Die ungeschlechtliche Fortpflanzung bei den Phanerogamen*. Biologisches Centralblatt, t. XVIII, 1898, p. 65.

avons vue souvent coexister avec la conjugaison. Elle ne s'en distingue que parce que la partie nouvellement formée est beaucoup plus petite que l'ancienne. L'autre genre de reproduction agame n'existe que chez les Floridées et les Muscinées. Elle fait suite à la formation de l'œuf et constitue une génération agame qui, dans les plantes que nous venons d'étudier, se développe directement sur le prothalle sexué. C'est ce sporogone qui, chez les végétaux que nous allons passer en revue maintenant, va acquérir une importance de plus en plus prépondérante et reléguer dans l'ombre la génération sexuée.

Les Mousses et les Hépatiques nous représentent un premier essai d'adaptation des Algues à la vie aérienne. L'histoire de leur développement montre que les Mousses descendent d'Algues filamenteuses analogues aux Conferves. La forme en lame aplatie de beaucoup d'Hépatiques prouve qu'elles ont pour ancêtres des Algues du type lamelleux. Les Muscinées n'ont qu'un rôle assez subordonné dans la nature actuelle ; il n'a pas dû en être autrement aux époques géologiques. En effet, le développement hâtif des organes sexuels a empêché leur prothalle de se différencier en organes et en tissus variés. D'autre part, vivant en milieu humide, il n'a pas eu besoin de former de vaisseaux, il est resté entièrement cellulaire ; quant à leur thalle, il est arrêté dans son développement par la vie parasitaire qu'il mène. Nous verrons que le progrès n'a été obtenu dans le règne végétal que par le retard de la sexualité et la prépondérance du

stade agame. Les Mousses et les Hépatiques ne représentent donc qu'un rameau détaché du tronc commun des algues et arrêté de très bonne heure dans son développement.

Il resterait à étudier les Cryptogames cellulaires aux époques paléontologiques anciennes. Malheureusement, à ce point de vue, nos connaissances sont extrêmement restreintes : la délicatesse de la structure de ces plantes n'a en effet permis leur fossilisation que dans des circonstances extrêmement rares. Dans la plupart des cas les empreintes conservées sont trop indistinctes pour nous permettre aucune conclusion sur la structure de ces végétaux. Souvent même on a pris pour des Algues ce qui était tout autre chose, par exemple les Bilobites du silurien. Il est certain maintenant que ces fossiles problématiques ne sont que la trace laissée sur des grèves humides par la marche rampante de Crustacés ou de Vers marins. Ainsi les premiers stades de l'évolution paléontologique des végétaux pluricellulaires ne sont, en général, pas constatables directement ; nous en sommes réduits aux ressources de l'induction. Toutefois, les preuves tirées du développement embryonnaire et de l'existence des organes rudimentaires sont si nombreuses et si convaincantes que nous pourrions sans hésiter tracer dans ses grandes lignes l'arbre généalogique des deux règnes, végétal et animal.

## CHAPITRE IX

### LES CRYPTOGAMES VASCULAIRES ET LES PREMIÈRES PHANÉROGAMES

Perfectionnement des organes végétatifs. — Division du travail : prothalle sexué et thalle agame. — Les Fougères et les Calamariées. — Les Lycopodiniées et les Lépidodendrées. — Les premières phanérogames : les Gymnospermes. — Réduction progressive du prothalle. — Différenciation du sporogone.

Les végétaux qui nous restent à étudier sont définitivement adaptés à la vie terrestre. Ils ne vivent plus comme les Muscinées dans les lieux humides; ils ne peuvent plus, comme les Algues aquatiques, absorber leurs aliments par toute la surface de leur corps. Aussi ont-ils développé des *racines* qui vont les puiser au sein de la terre; certaines files de cellules se sont transformées en tubes continus ou *vaisseaux* qui conduisent les substances nutritives, c'est-à-dire la *sève*, dans toute les parties de la plante. D'autres se sont allongées et épaissies de façon à former des *fibres* qui servent à consolider l'ensemble. Le rapprochement de ces fibres en un tissu continu et dense constitue le *bois*. Enfin les parties vertes de la plante se sont transformées en

appendices diversement découpés, pourvus de *nervures* constituées par des fibres et des vaisseaux, d'un *épiderme* supérieur et inférieur et de *stomates*, ouvertures destinées à favoriser l'accès de l'air. Ces appendices sont les *feuilles*. Il y a donc dans ces végétaux une division du travail à laquelle nous n'avions pas assisté jusqu'à présent. Ce ne sont plus des colonies par simple juxtaposition de plastides, mais de véritables associations où chaque cellule remplit un rôle déterminé, pour l'absorption ou la conduction des aliments, pour la fonction respiratoire, pour la consolidation de la colonie, etc.

On pourrait croire qu'il n'y a aucun degré de parenté entre ces plantes et les végétaux cellulaires non différenciés. Cependant ici encore la loi du développement embryogénique va nous permettre de reconstituer l'arbre généalogique de ces êtres. On trouve à la face inférieure des frondes des Fougères, des amas de matière brune pulvérulente, qui revêtent des formes diverses. Chacun des grains qui les composent est un sporange, c'est-à-dire une petite boîte renfermant des quantités de spores. Les cryptogames vasculaires du type des Fougères sont donc des individus asexués ou sporogones. On trouve du reste les dispositions les plus variées pour favoriser l'émission des spores. Dans les Fougères de nos pays, chaque sporange porte un anneau vertical de cellules à parois épaisses et élastiques. Cet anneau est interrompu en un point. Au moment de la maturation des spores, il se redresse brusquement, la paroi du spo-

range se déchire au point faible et les spores se dispersent (fig. 14).

Arrivées sur le sol elles germent et chacune

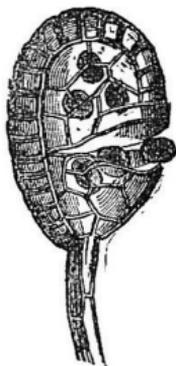


Fig. 14. — Sporangium d'*Aspidium Filix mas* après la déhiscence.

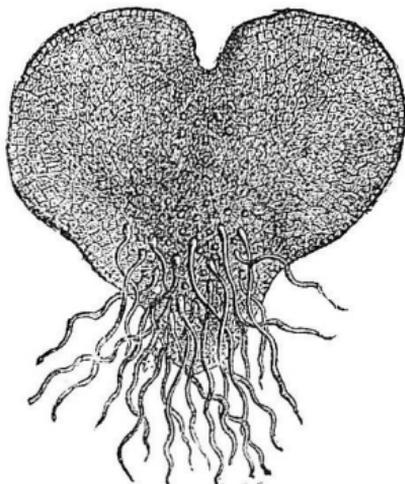


Fig. 15. — Prothalle adulte de l'*Aspidium Filix mas*.

donne naissance à un prothalle sexué. Ce prothalle consiste en une simple lame verte de constitution exclusivement cellulaire (fig. 15), ce qui indique que les Fougères ont eu pour ancêtres des végétaux cellulaires, c'est-à-dire des Algues adaptées à la vie terrestre et rampant sur le sol. Il porte des organes femelles ou archéogones et des organes mâles ou anthéridies. Les anthérozoïdes munis de cils vibratiles viennent féconder les oosphères situés au fond des archéogones. De l'œuf qui en résulte naît un pied de Fougère agame, qui germe directement sur le prothalle. Remarquons le balancement qui existe entre les organes végétatifs et reproduc-

teurs. Chez les Muscinées, et sur les prothalles sexués des Fougères, les premiers sont rudimentaires. Ils atteignent, au contraire, un haut degré de développement dans les frondes agames des Fougères. On sait que, dans les pays tropicaux, nombre d'espèces deviennent même arborescentes.

Les Fougères avaient une énorme extension à l'époque houillère. Elles constituaient à elles seules, avec quelques autres cryptogames sur lesquels nous aurons à revenir, les forêts immenses qui ont donné naissance aux dépôts de charbon. Les phanérogames n'existaient, en effet, pas encore. Une autre famille, celle des Equisétinées, est bien réduite de nos jours : elle ne comprend plus que les Prêles (*equisetum*), qui habitent nos marais. Leur reproduction est à peu près la même que celle des Fougères. A l'époque carbonifère cette famille était représentée par les Calamariées qui ressemblent à des Prêles géantes. Comme celles-ci, les Calamariées (*calamites*, *annularia* et *asterophyllites*) ont une tige fistuleuse munie de diaphragmes de distance en distance et des appendices foliaires verticillés ; certaines de ces feuilles sont modifiées et supportent les sporanges, elles forment au haut de la tige un organe tout à fait analogue à l'épi terminal de nos *equisetum* actuels. Tous ces détails structuraux ont pu être étudiés avec une précision merveilleuse sur les fossiles de la houille. Ils sont exposés en détail dans le bel ouvrage de MM. de Saporta et Marion : *l'Évolution du règne végétal* (Paris, 1881-1885) auquel nous

avons dû faire de nombreux emprunts pour cette partie de notre travail. Il va de soi que, grâce à sa structure cellulaire, le prothalle n'a jamais pu être conservé par la fossilisation ; mais son existence chez les Calamariées et les Fougères de la houille est hors de toute discussion : elle est prouvée par la similitude de constitution de ces végétaux avec les espèces actuelles.

Dans les plantes que nous venons d'examiner, le prothalle, quoique réduit, avait encore une existence indépendante. Mais dans d'autres végétaux il n'a même pu conserver ce rôle effacé : continuant à s'atténuer en importance et en durée, il a tendu à ne plus se détacher de la spore et à en devenir un simple accessoire. Tout d'abord, chez la plupart des Prêles, il y a deux sortes de prothalles : les uns plus petits ne portent que des anthéridies, sont mâles (fig. 16) ; les autres plus grands, ne portent que des archégonés, et sont femelles (fig. 17) ; en un mot, il y a dicécie, sans que les spores qui produisent les uns et les autres cessent pourtant d'être de tous points semblables.

Chez les Lycopodinéés hétérosporées, il y a deux sortes de spores sur l'individu adulte : des petites ou microspores et des grandes ou macrospores. Les premières donnent naissance à un prothalle mâle, les secondes à un prothalle femelle. Ces deux genres de prothalle se forment en grande partie *dans les téguments mêmes* de la spore et la fécondation des archégonés par les anthérozoïdes a lieu sur place. C'est ainsi

que, chez les Sélaginelles, plantes habitant les forêts humides et les montagnes, les microspores donnent naissance, à la maturité, à un tissu pluricellulaire, d'où proviennent les cellules mères des anthérozoïdes. Ce tissu correspond

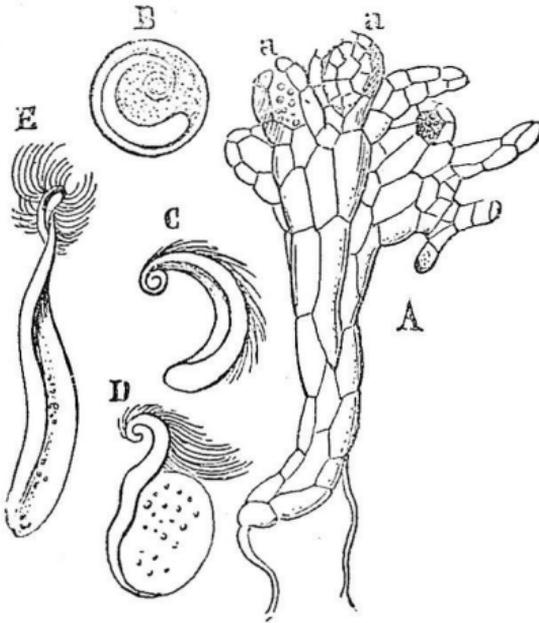


Fig. 16. — *Equisetum arvense*. — A, prothalle mâle portant : a, a anthéridies; B, C, D, E, anthérozoïdes à divers états.

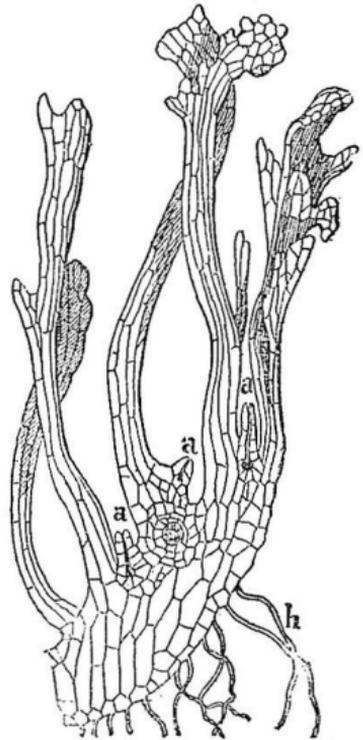


Fig. 17. — *Equisetum arvense*. Prothalle femelle; h, rhizoïdes; a, a, archégones.

au prothalle mâle resté inclus dans la microspore. Quant à la macrospore elle développe un tissu cellulaire répondant au prothalle femelle : on y voit naître en effet des archégonies renfermant chacune une oosphère. Mais ce tissu est

moins réduit que le prothalle mâle, il fait éclater la paroi de la macrospore et se trouve par le fait à demi-inclus seulement : sa partie terminale déborde hors de la spore. Les anthérozoïdes sont toujours pourvus de cils vibratiles. Une fois la fécondation opérée, l'oogone se transforme en un embryon; elle tombe sur le sol et y germe quand les circonstances sont favorables.

Les Lycopodinées, plantes bien modestes de nos jours, avaient de magnifiques représentants à l'époque houillère : les Lépidodendrées. C'étaient des arbres atteignant 20 à 30 mètres de haut. On a pu étudier leur inflorescence et on a constaté qu'elle comprenait des macrospores et des microspores, comme celles des Lycopodinées hétérosporées actuelles. On peut donc penser que leur prothalle avait subi la même réduction que chez celles-ci. Cette remarquable famille végétale n'a plus aujourd'hui d'autres descendants directs que des plantes herbacées qui ont longtemps échappé par leur petitesse à l'attention des botanistes. Ce sont les *Isoetes*, dont certaines espèces sont lacustres et submergées, tandis que d'autres habitent les gazons secs du midi de la France et de l'Algérie. Par la structure de leurs sporanges, ainsi que par l'emplacement occupé par les macrosporangies sur les feuilles inférieures de la plante, les supérieures étant seules pourvues de microsporangies, les Isoétées se rapprochent beaucoup des Lépidodendrées fossiles. Elles constituent pour ainsi dire un reste amoindri et dégénéré de cette famille dont le rôle, aux époques anciennes, a été

si brillant. C'est peut-être l'humilité même de ces plantes qui leur a permis de survivre aux événements auxquels ont succombé leurs frères et leurs aînés, les végétaux géants des époques primitives, aussi puissants de taille que remarquables par l'élégante ciselure de leurs moindres organes.

Chez les Isoétées, le prothalle femelle est lui-même entièrement inclus dans la macrospore. Il devait en être de même, par analogie, chez les Lépidodendrées. Mais bientôt un nouveau progrès a été accompli et, du stade cryptogamique, on a passé à la phase phanérogamique par une transition presque insensible. Le perfectionnement croissant des organes de la reproduction va permettre d'en réduire le nombre dans des proportions considérables. Au lieu de la quantité énorme de spores produites par les Cryptogames inférieures, on n'en a plus qu'un nombre limité. En un mot la multiplication de l'espèce sera assurée plutôt par la perfection des éléments reproducteurs que par leur nombre. Il n'y a plus dans chaque macrosporangie qu'une seule macrospore germant sur place et donnant lieu à un prothalle complètement inclus. D'autre part, la microspore ne produit également qu'un prothalle mâle inclus et de plus en plus réduit. Il ne porte plus qu'une seule anthéridie. Celle-ci ne donne pas naissance à des anthérozoïdes mobiles; son protoplasma reste diffluent, et, lorsque la microspore est portée sur l'organe femelle, ce protoplasma s'écoule directement sur l'ovule sous la

forme d'une sorte de boyau nommé *tube pollinique* et opère la fécondation. Ces microspores contenant des rudiments de prothalle et une cellule anthéridienne à protoplasma diffluent ne sont autres que les grains de *pollen*.

Tous les végétaux qui nous offrent ces modifications sont appelés Phanérogames ; on voit qu'ils se relient d'une façon tout à fait intime aux Cryptogames, et qu'il n'y a pas entre ces deux groupes de plantes de ligne de démarcation tranchée. Les recherches toutes récentes de Navachin et de Guignard ont même montré que les analogies étaient plus grandes qu'on ne l'avait pensé. D'après ces auteurs, il y a dans le tube pollinique deux noyaux qui ont la forme d'anthérozoïdes sans cils. L'un de ces noyaux va féconder l'oosphère, tandis que l'autre se porte sur un autre noyau du sac embryonnaire et se fusionne avec lui. Le corps ainsi formé se segmente ensuite et donne l'albumen. Nous n'insisterons pas sur ce phénomène si curieux de double fécondation. Tout ce qu'il faut retenir, c'est la présence, même chez les Phanérogames supérieures, de deux noyaux représentant les anthérozoïdes.

Les Phanérogames les moins élevées en organisation sont les Gymnospermes (plantes à graines nues), ainsi nommées parce que chez elles le macrosporange ou ovule n'est pas encore renfermé dans une feuille modifiée pour lui servir de tégument protecteur. Chez les moins parfaites d'entre elles, les organes reproducteurs sont

simplement fixés à l'aisselle de feuilles, comme chez les Lycopodinéés et les Lépidodendrées. Telles sont les Cycadées qui ont persisté jusqu'à nos jours, mais qui existaient déjà à l'époque carbonifère, en compagnie de nombreuses familles actuellement éteintes. Leurs organes reproducteurs sont caractérisés par une réduction encore imparfaite des prothalles sexués. Aussi leurs grains de pollen sont-ils remarquablement gros. Dans le genre *Cycas* ainsi que dans le gingko (voir plus loin), le tube pollinique renferme encore deux anthérozoïdes ciliés. Ce fait remarquable, découvert en 1897 par Ikeno et Hirase (1), prouve que ces plantes forment le véritable passage des cryptogames zoodiogames (fécondation par l'intermédiaire d'anthérozoïdes) aux phanérogames siphonogames (fécondation par un boyau pollinique). Quant au macrosporange ou ovule, il comprend, au sein de sa masse, une cellule plus grande que les autres, c'est la macrospore ou *sac embryonnaire*, qui est généralement unique dès le début. A son intérieur se forme un tissu cellulaire, nommé endosperme, qui correspond au prothalle femelle et n'est en effet qu'un prothalle inclus dans la macrospore. Vers le haut de cet appareil végétatif rudimentaire naissent en plus ou moins grand nombre des archégonés, nommées ici *corpuscules*. Ces archégonés comprennent chacune une cellule centrale correspondant à l'ooogone et une cellule operculaire à travers laquelle se déverse le pro-

(1) *Botanisches Centralblatt*, 1897.

toplasma pollinique. Après fécondation les corpuscules donnent naissance à plusieurs embryons, dont un seul se développe, les autres avortant en général.

Chez d'autres Gymnospermes, plus élevées en organisation, le mécanisme de la reproduction se simplifie encore davantage par accélération et réduction des phénomènes nécessaires. Mais il y a toujours des rudiments très nets de prothalle, qui prouvent que ces végétaux descendent des Cryptogames à prothalle bien développé et indépendant. D'autre part, les organes reproducteurs tendent à se réunir de façon à constituer de véritables inflorescences et en même temps à s'entourer de parties nouvelles destinées à les protéger.

Les Salisburiées ne sont plus représentées aujourd'hui que par le seul genre *Gingko*, qu'on ne rencontre qu'en Extrême-Orient. Elles étaient au contraire très répandues dans les deux hémisphères à l'époque jurassique : Nansen en a rapporté des échantillons fossiles provenant de la terre François-Joseph, ce qui, pour le dire en passant, prouve que ces régions arctiques jouissaient encore, à ce moment, d'une température bien plus douce que de nos jours. Certaines Salisburiées remontent même au permien. Chez les *Gingko* l'organe mâle est constitué par un chaton, dont l'axe porte de courts pédicelles avec 2 ou 3 logettes à pollen; l'appareil femelle consiste en une réunion de feuilles modifiées réduites à leur pétiole; chacune porte à son sommet deux ovules qui tiennent visiblement la

place des deux segments du limbe. Ces parties n'ont subi que de légères modifications dans les genres voisins.

Les Aciculariées (taxées et conifères) procèdent visiblement de plantes analogues aux Salisburiées. Les feuilles des espèces anciennes consistaient en lamelles planes, atténuées à la base, à nervures parallèles. Peu à peu, leur limbe s'est rétréci et les nervures se sont rapprochées en se soudant de façon à former finalement les aiguilles qui tiennent lieu de feuilles à nos sapins actuels. Quant à l'appareil floral, deux tendances se sont manifestées de très bonne heure. Chez les Taxinées, dont l'if est un représentant bien connu, l'axe de l'inflorescence s'est réduit et l'appareil femelle n'a plus correspondu qu'à un nombre limité de bractées et d'ovules. De plus la substance entourant la base de l'ovule s'est gonflée, de façon à constituer à la graine adulte une enveloppe charnue ou membraneuse. Chez les Conifères (pin, sapin, etc.), au contraire, le cône ou strobile est un axe modifié pour servir de support aux organes femelles. Ceux-ci sont situés à l'aisselle de feuilles transformées en bractées qui acquièrent à la maturité la dureté du bois.

Mais dans les deux cas l'ovule reste nu; il n'y a pas à proprement parler d'ovaire et les organes que nous venons de décrire chez les Gymnospermes supérieures ne sont que des essais encore bien imparfaits en comparaison du magnifique développement que prendront la fleur et le fruit chez les Angiospermes.

## CHAPITRE X

### LES ANGIOSPERMES

Réduction définitive du prothalle. — Perfectionnement des organes reproducteurs : la fleur. — La fécondation croisée. — Différenciation des organes végétatifs. — Les Monocotylédones et les Dicotylédones. — Variations de la flore au cours des âges.

Chez les Gymnospermes, une seule macrospore naît en général dans l'ovule. Il n'en est pas de même des Angiospermes. Chez elles il y a d'ordinaire une file de 2, 3 ou 4 cellules superposées, dont une seule se développe en refoulant les autres. Ce fait a son importance, car il nous permet de comprendre comment l'apport nutritif divisé entre plusieurs macrospores est insuffisant pour déterminer, même chez l'une d'entre elles, la production d'un rudiment de prothalle. En effet, celui-ci n'est plus représenté que par un groupe de trois cellules, dites *antipodes*. Entre elles et l'oosphère se trouve une masse de protoplasma groupée autour d'un noyau; elle constitue une substance nutritive de réserve qui peut, après la fécondation, se développer en *périsperme* ou *albumen* destiné à nourrir l'em-

bryon jusqu'à ce qu'il soit en état d'extraire lui-même ses aliments du sol.

D'autre part, l'élément mâle, la microspore, subit une réduction de même ordre. Son noyau se divise en deux parties inégales : puis, entre les deux nouveaux noyaux, il se fait à travers le protoplasma une mince cloison en forme de verre de montre, qui partage le grain de pollen en deux cellules, dont la plus grande correspond à l'élément fécondant, la plus petite au prothalle mâle. Dans les Gymnospermes, cette cloison s'affermit, passe à l'état de cellulose et persiste ; la petite cellule se divise même parfois en deux ou trois. Dans les Angiospermes, au contraire, la cloison demeure albumineuse et finit par se dissoudre. Les deux protoplasmas se réunissent de nouveau et les deux noyaux restent les seuls témoins de cette tentative avortée pour constituer un prothalle mâle.

En somme, depuis le stade de l'évolution végétale où les prothalles ont perdu leur autonomie, ils sont devenus inutiles à l'acte de la reproduction, et se sont réduits de plus en plus. Les quelques traces fugitives qui en persistent encore chez les Phanérogames les plus élevées prouvent avec quelle ténacité l'hérédité maintient chez les êtres vivants des organes rudimentaires et superflus. Elles sont également une démonstration de l'utilité que la théorie de l'évolution des espèces peut tirer de l'étude du développement embryonnaire.

Mais en même temps que la phase prothallienne diminue d'importance, le mécanisme de

la reproduction se perfectionne. Après la fécondation, l'œuf des Phanérogames se segmente et donne naissance à un *embryon*, c'est-à-dire à une véritable petite plante pourvue d'une tigelle, d'une radicule et d'une ou deux feuilles primitives ou *cotylédons*. Cet embryon, développé sur le sporogone lui-même, va rester à l'état de vie latente jusqu'à ce que, la graine étant tombée sur le sol, il rencontre les conditions de chaleur et d'humidité nécessaires à son développement. Chez beaucoup d'Angiospermes des provisions de diverses natures sont accumulées autour de lui dans la graine et lui permettent de s'alimenter pendant les premiers stades de son existence.

Nous avons vu que, chez les Gymnospermes, les ovules sont nus et simplement portés à l'aiselle d'écaillés qui subissent diverses modifications suivant les familles végétales, sans cependant jamais réaliser un ovaire véritable. Chez les Angiospermes (plantes à graines couvertes), il n'en est plus de même. Les feuilles entourant les ovules se sont repliées sur elles-mêmes et soudées entre elles de façon à constituer une cavité close nommée *ovaire*. Suivant le nombre et la disposition des feuilles ou *carpelles* qui le constituent, l'ovaire est à une ou plusieurs loges. Les ovules s'insèrent sur une surface nommée *placenta* située en général sur le bord des feuilles carpellaires; on se rappelle que, chez les Cycadées, ils adhéraient directement à une feuille non modifiée.

Les Angiospermes elles-mêmes ont dû traverser au cours des périodes géologiques un stade

gymnospermique pendant lequel les carpelles servant de support à l'ovule n'étaient encore ni repliés ni soudés entre eux. Les Gymnospermes actuelles sont des végétaux qui, parvenus à ce stade, s'y sont arrêtés à tout jamais par suite de l'avortement de la feuille carpellaire. Les Angiospermes, au contraire, l'ont dépassé et ont constitué un ovaire grâce au plissement et à la soudure de ces feuilles. Mais leur état prototypique avant la formation de l'ovaire ne saurait nous être connu que par conjecture. Nous pouvons cependant acquérir quelque notion de ce qu'étaient les formes de passage des Gymnospermes aux Angiospermes en étudiant la famille des Gnétacées. Chez ces plantes l'ovule termine un rameau, il est entouré de feuilles qui se combinent paire par paire et lui forment un double tégument encore bien imparfait. Il est évident qu'il faut voir dans cette disposition le stade primitif du développement de l'ovaire et que la petite famille des Gnétacées, arrêtée à égale distance des Gymnospermes et des Angiospermes nous représente une période de développement par laquelle celles-ci ont dû forcément passer.

Quant à l'appareil mâle des Angiospermes, ou *androcée*, il est également composé de feuilles modifiées, comme le prouvent les nombreux cas de transformation des étamines en pétales. dans les fleurs doubles, par exemple, comme le prouvent également les fleurs comme celles du nénuphar, où la transition entre les pétales et les étamines véritables est tout à fait graduelle. Ce-

pendant en général, la feuille qui porte le microsporange est beaucoup plus transformée chez les Angiospermes que chez les Aciculariées et à plus forte raison que chez les Salisburiées et les Cycadées. Nous savons que celles-ci nous ramènent tout droit aux Cryptogames hétérosporées. Au contraire, on passe des Gymnospermes aux Angiospermes par l'intermédiaire des Gnétacées (*éphedra*, *gnetum*, etc.), chez lesquelles l'androcée résulte de la soudure de deux feuilles sexuées mâles supportant des loges à pollen. Chez les Angiospermes véritables, la feuille modifiée qui sert d'organe mâle porte le nom d'*étamine*; elle comprend en général une petite tige ou *filet* et deux loges ou *anthères* contenant le pollen. Mais ici un point important est à noter. On se rappelle que les Phanérogames ont pour origine des Cryptogames hétérosporées, c'est-à-dire chez lesquelles il y avait deux sortes de spores donnant naissance les unes à un prothalle mâle, les autres à un prothalle femelle. Cette séparation des sexes a persisté chez les Gymnospermes. Les unes sont dioïques : leurs fleurs mâles et femelles sont portées sur des pieds différents. Chez les autres, dites monoïques, le même pied donne naissance à des fleurs, les unes mâles, les autres femelles. Chez la majorité des Angiospermes, au contraire, les fleurs sont hermaphrodites et la position de leurs divers organes est définie. Au centre, on trouve l'ovaire, puis autour de lui les étamines, enfin un ou deux cercles de feuilles moins profondément modifiées constituant les *pétales* et les

*sépales*, c'est-à-dire la *corolle* et le *calice*. La fleur des Angiospermes est en somme constituée par un rameau contracté dont les feuilles se sont transformées de diverses façons pour donner naissance aux organes floraux. De plus le voisinage d'une fleur provoque une sorte d'arrêt de croissance sur les feuilles les plus rapprochées. On les voit en effet souvent devenir plus courtes et plus coriaces. Elles prennent alors le nom de *bractées*. Ce fait tient à ce que les prothalles ou du moins les organes sexués qui les remplacent, vivent en parasites sur la plante. Le parasitisme a déjà provoqué une réduction extraordinaire du parasite, c'est-à-dire du prothalle; il produit en outre des modifications plus ou moins marquées sur les parties voisines de son hôte, c'est-à-dire de l'appareil végétatif.

L'hermaphrodisme des Angiospermes est un phénomène assez curieux. Car il semble que la perpétuité de l'espèce ne puisse être assurée que par la fécondation croisée entre fleurs de pieds ou tout au moins de rameaux différents. Ce résultat est obtenu d'une façon pour ainsi dire mécanique chez les Gymnospermes et certaines Angiospermes peu évoluées et à fleurs unisexuées. Il y a chez ces plantes une très grande quantité de pollen et le vent se charge de le porter sur les fleurs femelles. Chez les Angiospermes supérieures au contraire la fécondation croisée est obtenue par un procédé tout différent. La fleur, quoique hermaphrodite, ne peut en général pas se féconder elle-même parce que ses éléments sexuels n'arrivent pas à maturité en même temps,

ou parce que des dispositions organiques interdisent, comme chez les Orchidées, le contact du pollen avec les organes femelles. En revanche, ces fleurs s'entourent d'une corolle aux vives couleurs, elles sécrètent des sucs odorants qui attirent les insectes. Ceux-ci, en butinant, se chargent de pollen et le portent inconsciemment sur des fleurs dont l'ovule est à maturité. Il y a donc entre certains insectes et les plus élevées des phanérogames des relations mutualistes telles que ces êtres ont dû apparaître à peu près au même moment des âges géologiques. Cette conception est confirmée par la paléontologie; en effet, les Hyménoptères et les Lépidoptères qui sont indispensables à la fécondation des Angiospermes, apparaissent dans le jurassique, mais ne prennent, comme elles, tout leur développement que pendant les temps tertiaires.

En même temps que les organes reproducteurs des Angiospermes subissaient les remarquables perfectionnements que nous venons d'esquisser, leurs parties végétatives se différenciaient de plus en plus. Presque dès le début, deux tendances se faisaient jour. Les Monocotylédones, ainsi nommées parce que leur embryon n'est pourvu que d'une seule feuille primitive ou cotylédon, constituent un type moins évolué. Elles représentent un stade qu'ont dû traverser toutes les Phanérogames au sortir de la période gymnospermique. Leur bois est de structure irrégulière et peu consistant; la tige n'est en général pas ramifiée. La feuille est à

nervures parallèles et peu différenciée. Elle engaine le plus souvent la tige. Chez les Dicotylédones cette *gaine*, qui doit être considérée comme l'organe foliaire primitif, se réduit de plus en plus. Elle n'est plus représentée que par les *stipules*, souvent elles-mêmes caduques. En revanche le limbe prend de plus en plus d'extension et revêt les formes les plus variées pour favoriser le contact de l'air avec la plus large surface possible de l'organe respiratoire.

La forme originelle du limbe foliaire est à nervures parallèles, comme chez les Graminées. Mais ce limbe est peu solide, il se déchire et les nervures s'écartent les unes des autres. On a alors une feuille palmatiséquée, dont le mode de formation est très net sur les Palmiers flabellés et peut être comparé aux déchirures que subit le thalle de certaines Fucacées, *laminaria digitata*, par exemple. Les nervations pennées et anastomosées sont survenues plus tard et doivent être considérées comme un perfectionnement, parce qu'elles donnent plus de solidité à l'ensemble.

Nous avons constaté, au cours de cette étude, qu'on passe par des gradations presque insensibles des plantes les moins élevées en organisation aux plus parfaites. Il nous reste à montrer que cette succession n'est pas une simple vue de l'esprit, mais correspond bien à la marche générale de l'évolution végétale. Les plus anciens végétaux connus se rencontrent dans le Silurien (voir le tableau p.97). Ce sont des Algues

souvent de formes très particulières, dont la plupart se sont éteintes à une époque plus ou moins reculée. Je rappelle les réserves faites plus haut (p. 122), au sujet d'un certain nombre de ces fossiles. Quoi qu'il en soit les types les plus parfaits de ce groupe, Fucacées, Floridées, etc., n'apparaissent que beaucoup plus tard. Nous avons vu que l'époque carbonifère correspond à l'apogée des Cryptogames vasculaires, qui présentèrent alors une richesse de formes tout à fait remarquable. En même temps apparaissent les premières Gymnospermes et même des Gnétacées qui indiquent le passage vers les Angiospermes. Ainsi les diverses tendances de l'évolution végétale se sont fait jour de très bonne heure et il est impossible de ranger les plantes en série linéaire. On ne peut pas dire que les Angiospermes procèdent des Gymnospermes, mais bien que ces deux groupes procèdent d'ancêtres communs, qu'il faut chercher parmi les Cryptogames hétérosporés. Les Angiospermes ont seulement poussé plus loin leur évolution.

Le Trias est un vrai carrefour où les genres anciens achèvent de s'éteindre, tandis que les genres nouveaux deviennent de plus en plus nets. Les Calamariées ont entièrement disparu, sauf le genre *Equisetum* encore vivant de nos jours, mais qui à cette époque comptait des formes géantes. Les Cycadées sont au maximum de leur développement; les Conifères sont largement représentées. Dans le Jurassique, outre les Cryptogames vasculaires et les Gymnospermes, on trouve de vraies Monocotylédones : inflorescences

analogues à celles des palmiers, troncs ressemblant à ceux de graminées arborescentes.

Pendant cette époque, les Cryptogames vasculaires et les Cycadées ont perdu la prépondérance qu'elles possédaient jusqu'alors; les Conifères sont très analogues aux formes actuelles; les Monocotylédones se précisent et deviennent nombreuses, enfin les premières Dicotylédones apparaissent et prennent de suite une grande extension. L'uniformité de la flore dans tout notre hémisphère montre que, quoique bien différentes sans doute de ce qu'elles étaient pendant les temps primaires, les conditions météorologiques de chaleur et d'humidité devaient être à peu près les mêmes partout: les zones climatiques ne s'étaient pas encore constituées.

Au début des temps tertiaires (période éocène) le refroidissement n'avait encore fait que peu de progrès. On trouve dans nos pays des arbres des pays tempérés: chênes, châtaigniers, noyers, vignes, etc., mêlés à des types des climats plus chauds: magnolias, camphriers, canneliers, myrtes. Dans les régions arctiques ensevelies actuellement sous un éternel manteau de glaces, on rencontre des noyers, des platanes, des chênes, des peupliers, du lierre.

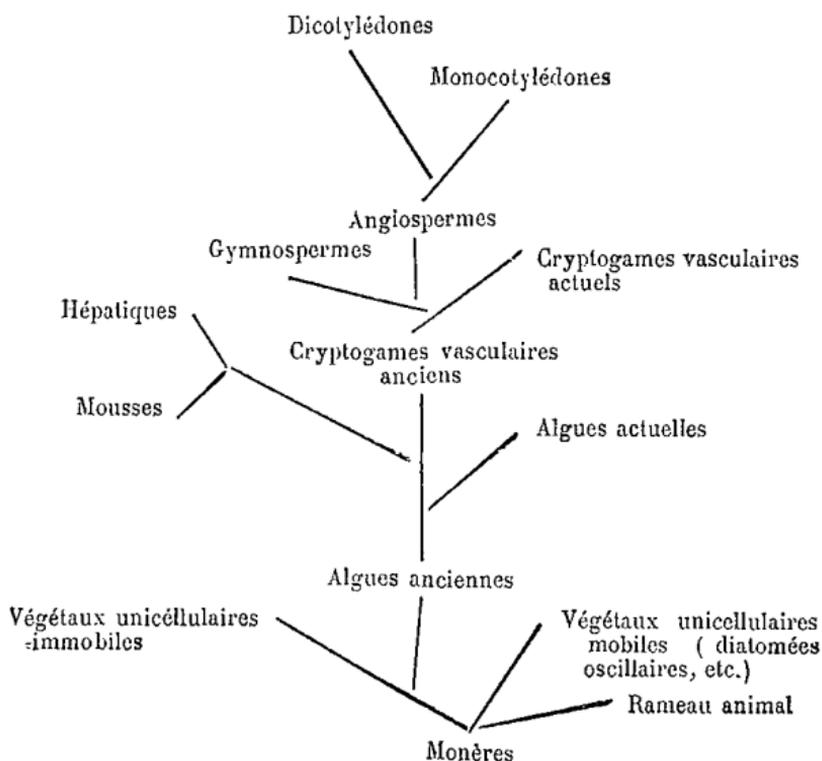
A l'époque miocène on constate dans nos régions un déclin de plus en plus marqué des espèces sub-tropicales, ce qui indique un refroidissement graduel. Cependant d'une façon générale la température était encore plus élevée qu'aujourd'hui, puisqu'on rencontre dans les gisements des régions arctiques des cy-

près, des pins, des ormes, des bouleaux, des tilleuls, des peupliers et des noisetiers. Le refroidissement est plus marqué pendant l'époque pliocène : il y a encore, en Europe, des platanes, des lauriers, des tulipiers, mais les chênes, les ormes, les noyers, les peupliers prédominent de plus en plus. Au début des temps quaternaires la température était encore un peu plus élevée qu'aujourd'hui. Plus tard pendant les extensions glaciaires et dans l'intervalle de ces phénomènes, la végétation a subi des variations corrélatives. Petit à petit le régime actuel s'est établi avec ses zones climatiques nettement tranchées et caractérisées chacune par une flore et une faune spéciales.

Les Angiospermes ont définitivement pris le dessus ; dernières venues du règne végétal, elles se sont prêtées à des différenciations morphologiques bien plus variées que les autres groupes et ont donné naissance à une infinité d'espèces. Leur spécialisation en familles distinctes et leur diffusion sur de vastes étendues ont du reste été grandement favorisées par les variations, au cours des âges, de la distribution du sol émergé, par celles du relief orographique, enfin par l'abaissement de la température et les oscillations climatiques. C'est probablement dans une terre arctique que les Dicotylédones ont pris naissance et ont fixé leurs caractères. C'est de là qu'à partir du Crétacé elles se sont répandues brusquement en Europe et en Amérique, à la faveur des connexions continentales qui existaient à cette époque.

Si nous cherchons maintenant à caractériser en quelques mots l'évolution du règne végétal, nous voyons qu'à partir du stade cryptogamique hétérospore les deux branches des Phanérogames ont divergé presque immédiatement. Les Gymnospermes caractérisées par la persistance d'une portion appréciable du tissu prothallien et par la réduction précoce du nombre des macropores n'ont donné lieu qu'à des variations peu importantes. Chez les Angiospermes les macropores primitives sont nombreuses et antagonistes et le tissu prothallien tout à fait réduit. Elles se divisèrent presque aussitôt en Monocotylées et Dicotylées. Le tableau ci-dessous est destiné à rendre compte de ces relations.

**Tableau généalogique du règne végétal.**



## CHAPITRE XI

### LES GROUPES ABERRANTS

Coup d'œil sur l'ensemble de l'évolution du règne végétal. — L'évolution régressive : le parasitisme. — Champignons et Lichens. — Phanérogames dégradées par le parasitisme. — Influence du milieu et balancement des organes. — Les plantes carnivores.

Nous avons vu des tendances en divers sens se faire jour dans le règne végétal. D'abord unicellulaire et peu distincte des Protistes animaux, la plante a peu à peu fixé ses caractères. Mais elle n'a pas trouvé sa voie tout de suite. Ce n'est qu'après avoir essayé de se perfectionner de diverses manières tout en restant unicellulaire, qu'elle est arrivée à s'organiser en colonies composées de plastides nombreux. Les premières de ces colonies sont les Algues qui elles-mêmes ont donné lieu à des variations innombrables. Leurs premiers essais d'adaptation à la vie terrestre sont représentés par les Mousses et les Hépatiques, plus tard par les Cryptogames vasculaires qui, seules, ont donné une descendance importante. Nous avons vu chez celles-ci s'établir la division du travail et les organes devenus inutiles se réduire progressivement. Dans

chacun des groupes de plantes que nous avons passés en revue il y a eu des formes qui n'ont pas varié depuis les époques anciennes jusqu'à nos jours; ce sont les plus primitives, les moins évoluées. D'autres, en bien plus grand nombre, étaient trop spécialisées pour s'adapter à des conditions climatiques nouvelles et se sont éteintes de bonne heure. D'autres enfin ont évolué, se sont modifiées avec le temps et ont fini par donner naissance à la flore actuelle, si riche et si variée, caractérisée par la prédominance des types végétaux supérieurs, sur les formes inférieures reléguées au second plan.

Quant à l'évolution spéciale des organes reproducteurs, nous avons vu tous les modes confondus chez les Algues, puis une alternance de générations s'est établie. Le prothalle sexué, d'abord prédominant, a donné lieu à des groupes inadaptatifs, les Mousses et les Hépatiques. La réduction progressive du prothalle chez les Cryptogames vasculaires et chez les divers ordres de Phanérogames a permis une différenciation de plus en plus grande des organes végétatifs, des tiges; des racines et des feuilles; en même temps la perpétuation de l'espèce était assurée d'une façon à la fois plus simple et plus parfaite par la constitution de la fleur et du fruit.

On peut donc dire que, dans ses grandes lignes, l'évolution végétale a été progressive, puisque, malgré tous les tâtonnements, il y a un progrès visible d'époque en époque. Cependant il n'en a pas été toujours ainsi. Des plantes nombreuses, après avoir atteint un degré d'organi-

sation plus ou moins élevé, ont subi une évolution régressive.

La principale cause de ce phénomène est le *parasitisme*. Nous savons qu'il a pour effet l'atrophie de toutes les parties inutiles, et que chez les plantes il se traduit notamment par la disparition de la chlorophylle. Nous trouvons d'abord l'énorme groupe des Champignons qu'on peut considérer comme des algues dégradées par le parasitisme. C'est à ce groupe que se rattachent les microbes, les levures (voir p. 89), les moisissures, sans compter de nombreux parasites des plantes et des animaux. Les champignons de nos forêts ne sont pas parasites sur des êtres vivants, mais leur mycélium, plongé dans un milieu formé de substances organiques en décomposition, s'y nourrit sans avoir besoin de chlorophylle pour décomposer l'acide carbonique de l'atmosphère : il est *saprophyte*. Au lieu de purifier l'air comme les plantes vertes en y rejetant de l'oxygène, les champignons le vicient comme les animaux en le saturant d'acide carbonique.

L'appareil végétatif des champignons est extrêmement réduit : il est constitué par des filaments nommés hyphes, simples ou rameux, blanchâtres, cloisonnés et composés de cellules réunies bout à bout. En revanche les organes reproducteurs, tantôt sexués, tantôt agames, sont très compliqués et donnent naissance à un nombre immense de spores. C'est là un fait général chez les parasites : comme il est très difficile pour

leur descendance de rencontrer l'hôte ou le milieu dont elle a besoin pour se développer, ces chances contraires sont toujours compensées par la grande quantité des germes.

A côté des Champignons nous pouvons placer les Lichens, êtres bien bizarres constitués par la symbiose d'algues unicellulaires et de filaments de champignons. Dans cette curieuse association, l'Algue fournit le carbone grâce à sa chlorophylle; le champignon absorbe des aliments liquides qu'il cède à son tour à l'Algue; il protège en même temps celle-ci contre la dessiccation. Les Lichens couvrent nos arbres, nos rochers, nos murs de leurs végétations grisâtres ou diversement colorées. Ce sont eux qu'on rencontre sur les plus hautes cimes de montagne, au voisinage des glaces éternelles aussi bien que dans les régions arctiques les plus désolées. Ils constituent donc un type végétal extrêmement résistant qui a dû apparaître de très bonne heure et persister jusqu'à nos jours sans grandes variations. On peut dire que ce sont les pionniers du règne végétal. Leurs débris, en s'accumulant sur les pierres, permettent à d'autres plantes plus élevées en organisation de venir s'y établir.

Dans les Champignons et les Lichens il n'y a pas de tissus véritables. Nous savons que chez les premiers l'appareil végétatif ou mycelium est constitué par des filaments très enchevêtrés nommés hyphes. Chez les seconds les cellules vertes de l'Algue ou gonidies sont emprisonnées dans un réseau de ces filaments (fig. 18).

Mais il ne faudrait pas croire que le parasitisme puisse atteindre seulement des organismes

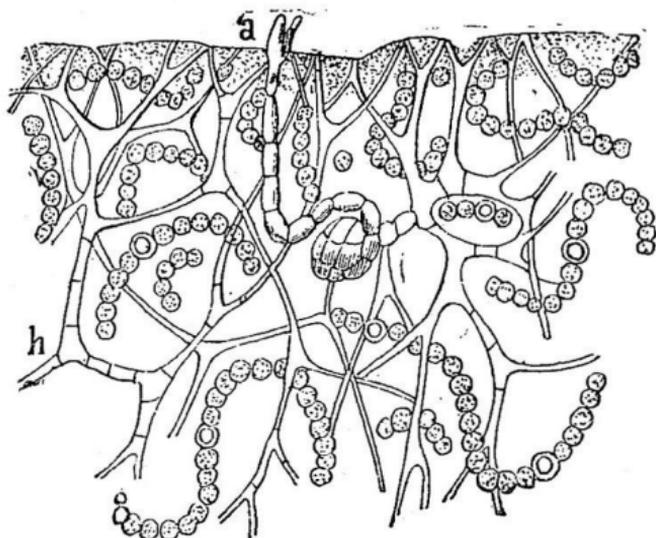


Fig. 18. — Coupe d'un thalle de *Collema microphyllum*. h, hyphes entremêlés de chapelets de gonidies

rudimentaires. Il y a des espèces parasites dans un grand nombre de familles végétales et l'on peut souvent suivre la marche de l'évolution régressive depuis la plante qui emprunte seulement à une autre plante son support, comme le liseron, jusqu'à celle qui, comme la cuscute, sa proche parente, épuise complètement sa victime. Chez celle-ci il y a non seulement disparition de la chlorophylle et des feuilles, mais encore formation de véritables suçoirs qui lui permettent d'absorber directement la sève de la plante attaquée. D'autres végétaux sont parasites des racines, comme les orobanches ou certaines orchidées. Elles ont encore des feuilles, mais réduites à des écailles. Il y a donc eu réel-

lement régression : la feuille est revenue à un état rudimentaire qu'elle avait dépassé au cours de son évolution. Le gui, qui n'emprunte à son support que des substances non encore élaborées, a encore de la chlorophylle ; mais ses feuilles sont réduites : elles ont la forme des cotylédons de certaines plantes voisines, mais non parasites. C'est encore là un cas de régression des plus nets, les cotylédons représentant jusqu'à un certain point la forme primitive des feuilles de l'espèce considérée. Enfin les Balanophoracées des forêts tropicales arrivent à ressembler à des champignons, remarquable convergence de caractères produite par un genre de vie identique.

Un autre exemple de régression nous est offert par la vie aquatique. Nous savons que tous nos végétaux descendent d'Algues marines et qu'il se sont progressivement adaptés à la vie terrestre. Or un certain nombre de plantes terrestres sont revenues en arrière et ont adopté de nouveau les eaux pour séjour. Il y a deux séries de renouées, les unes terrestres les autres aquatiques. Chez celles-ci les feuilles sont divisées en lanières très fines de façon à augmenter la surface d'absorption de l'air dissout dans l'eau. Il en est de même chez nombre de plantes submergées. D'autres fois les feuilles sont destinées à flotter à la surface comme chez le nénuphar. Il y a des plantes d'eau qui ne sont pas fixées au sol : telles les utriculaires et les lentilles d'eau. D'autres ont des feuilles de deux sortes différentes, les unes flottantes et simples les autres submergées

et très divisées. La seule énumération des modifications que provoque le milieu aquatique nous entraînerait trop loin.

Le milieu sec et chaud produit des modifications d'un autre ordre, mais qui se traduisent souvent de même par des atrophies. La plante devient charnue, elle épaisit sa cuticule et arrondit ses feuilles de façon à diminuer l'évaporation. Souvent même celles-ci disparaissent et le végétal prend une apparence géométrique : tels sont les Cactus et certaines Euphorbes.

Nous savons (voir p. 142) que la feuille primitive était une gaine appliquée contre la tige, que cette gaine s'est peu à peu libérée à son sommet et y a développé un limbe dont la forme originelle était très simple. Or, soit par arrêt de développement, soit par régression, on peut voir sur une seule et même plante des feuilles moyennes normalement conformées et des feuilles basilaires et apicales ayant perdu plus ou moins leur limbe et souvent réduites à une écaille ou à une gaine, de sorte que sur certaines plantes toute l'histoire de l'appendice foliaire est inscrite de bas en haut de la tige ou des rameaux. C'est ainsi que chez les Rosiers on trouve des feuilles basilaires réduites à l'état d'écailles, qui ont servi à protéger le bourgeon, des feuilles moyennes où le limbe prend de plus en plus d'extension par rapport aux stipules, enfin des feuilles supérieures ou apicales chez lesquelles le limbe est très réduit et la lame stipulaire très développée et qui servent à garantir les bourgeons floraux.

D'autre part, certaines Phanérogames sont

redevvenues unisexuelles et on trouve alors dans les fleurs des organes soit mâles soit femelles rudimentaires. Ces exemples suffisent à montrer que l'évolution régressive est un phénomène d'ordre absolument général. Tout perfectionnement d'un organe ou d'une partie d'organe n'a lieu qu'aux dépens d'autres parties. C'est ce que Darwin a appelé la *loi d'économie* et Geoffroy Saint-Hilaire la loi du *balancement des organes*. Nous ne pouvons insister ici, et, pour plus de détails sur l'évolution régressive chez les végétaux, nous renvoyons aux ouvrages cités ci-dessous (1).

Nous dirons enfin quelques mots d'un troisième groupe aberrant : les plantes carnivores. Nous avons vu qu'une des principales différences entre les animaux et les végétaux consiste dans leur mode d'alimentation. Or il y a des plantes qui, au lieu de se contenter d'aliments liquides ou gazeux, absorbent des proies solides et même vivantes comme les animaux. Les feuilles des *Drosera*, ces jolies plantes des tourbières, sont munies de poils visqueux qui se recourbent sur l'insecte qui s'est posé sur elles, l'immobilisent et le digèrent. La Dionée attrape-mouche referme brusquement les deux moitiés de ses feuilles sur la bestiole qui s'y est aventurée. L'Utriculaire digère les infusoires et les petits crustacés qui ont pénétré dans ses outres flottantes.

(1) Demoor, Massart et Vandervelde. *L'Évolution régressive*. Paris, 1897. — Costantin. *Les Végétaux et le milieu cosmique*. Paris, 1897. — *La Nature tropicale*. Paris, 1899.

Le *Nepenthes* porte à l'extrémité de chacune de ses feuilles un cornet de grandes dimensions qui lui sert à attraper les insectes attirés par le liquide sucré qu'il renferme. Ces végétaux chasseurs et pêcheurs nous conduisent par une transition toute naturelle au règne animal.

# QUATRIÈME PARTIE

## Évolution de la vie animale

### CHAPITRE XII

#### LES ZOOPHYTES OU PHYTOZOAIRE

Les Spongiaires. — Leurs sociétés. — Leur squelette. — Premiers stades du développement des Métazoaires. — Les Hydriaires solitaires et coloniaux. — Les Siphonophores. — Les Coralliaires. — Division du travail dans ces colonies : transformation des individus primitifs en organes.

Nous abordons, dans ce chapitre, l'évolution des animaux, c'est-à-dire de ces êtres qui, par des transitions tout à fait insensibles, vont nous conduire de l'Infusoire au Vertébré, au Mammifère et à l'Homme. On se rappelle qu'un seul caractère distingue la cellule animale de la cellule végétale : la présence d'une enveloppe résistante de cellulose chez celle-ci tandis que la cellule animale n'est entourée que d'une membrane mince de nature albumineuse comme le protoplasma lui-même. C'est cette différence fondamentale qui a entraîné toutes les autres : adap-

tation à la vie fixée, nutrition par endosmose, fonction chlorophyllienne chez la plante ; développement de la motilité, de la sensibilité et de l'intelligence chez l'animal.

Mais les deux règnes, intimement confondus à leur base, n'ont pas immédiatement divergé pour évoluer vers leurs destinées respectives. Nous avons vu des plantes mobiles, ou ayant tout au moins des anthérozoïdes mobiles correspondant aux spermatozoïdes des animaux. Nous allons avoir à étudier des animaux immobiles et ramifiés comme des plantes, dépourvus d'organes des sens et doués d'une vie consciente tout à fait obtuse. Ce sont les Zoophytes ou animaux-plantes des anciens auteurs.

Les premiers que nous rencontrons tout au bas de l'échelle sont les Spongiaires ou Eponges. Nous savons que les Protistes à tendances animales peuvent se ramener à deux formes essentielles : ceux à mouvements amiboïdes et ceux qui sont pourvus de cils vibratiles ou de flagellums. Chez l'Éponge ces deux sortes d'êtres sont unis pour former une colonie où chacun d'eux conserve à un haut degré son individualité. Qu'on se représente une sorte de coupe dont les parois sont formées d'une double couche de cellules. Les extérieures sont entièrement confondues entre elles, mais si on vient à en séparer une partie, elle est animée de mouvement amiboïdes des plus nets. Les cellules intérieures sont munies chacune d'un long flagellum et d'une collerette tout à fait semblable à celle de certains Infusoires flagellifères. Outre son goulot ou

*oscule*, notre coupe a sur sa paroi un grand nombre d'orifices plus petits ou *spores inhalants*. C'est par eux que pénètre l'eau attirée par le mouvement incessant des flagellums; elle ressort par l'oscule après avoir baigné tout l'intérieur de l'éponge et lui avoir abandonné les particules nutritives qu'elle renferme.

Telle est l'éponge simple, colonie tout à fait

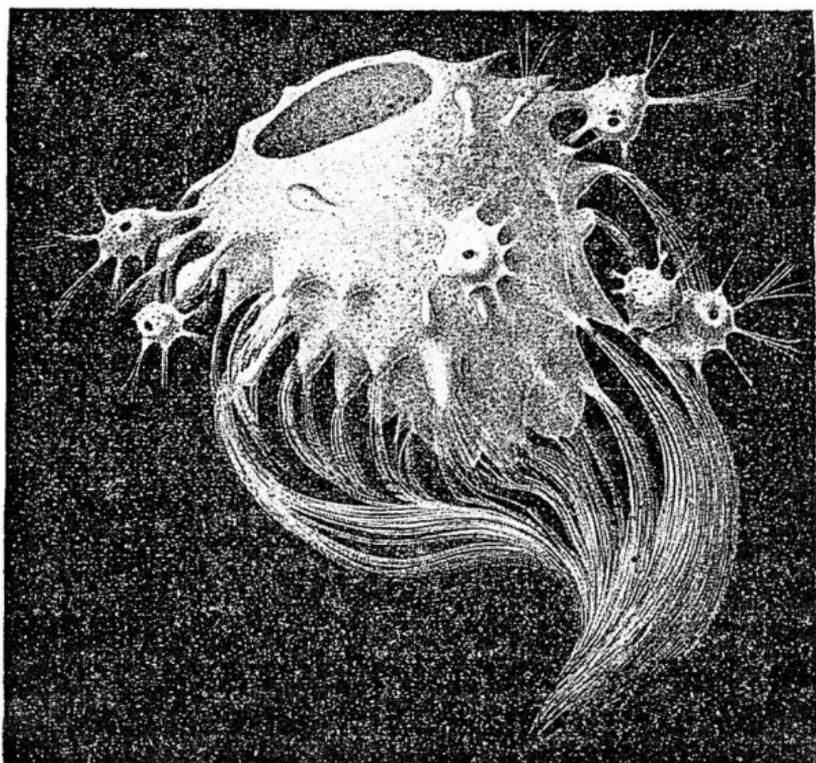


Fig. 19. — *Lophocalyx philippinensis*, avec ses bourgeons.

rudimentaire de cellules ciliées et amiboïdes. Beaucoup d'éponges ne s'élèvent pas au-dessus de ce stade. Mais cet *individu spongiaire* ainsi constitué peut lui-même bourgeonner et donner

naissance à de nouvelles colonies. Chez certaines espèces celles-ci se séparent et, entraînées par l'eau, vont s'établir au loin (fig. 19). Dans d'autres elles restent fixées sur la colonie-mère et se fusionnent plus ou moins avec elle et entre elles. On a souvent alors une masse irrégulière où il est impossible de tracer les limites des individus primitifs. On reconnaît seulement la présence d'un certain nombre de grands orifices ou oscules et de nombreux pores inhalants. Ce sont là des éponges *composées*, dont notre éponge de toilette est un remarquable exemple.

Un cas particulièrement intéressant est celui où la fusion des individus se fait de telle façon que la colonie composée reproduit à peu près fidèlement la forme primitive et semble, par conséquent, revenir à l'état d'individu. Ce fait s'observe dans toutes les colonies animales : à mesure qu'elles s'individualisent elles tendent à reprendre la forme de la colonie plus simple d'où elles sont sorties. En somme, les individus composants se fusionnent de façon à constituer un autre individu d'ordre plus élevé, simple en apparence, mais en réalité composé d'individus simples, comme ceux-ci sont formés de cellules. Nous voyons donc déjà chez certaines éponges ces associations à *deux degrés de complexité* que nous retrouverons dans tout le reste du règne animal.

Un certain nombre de Spongiaires sont entièrement mous. Chez d'autres il se développe un squelette destiné à soutenir les diverses parties de la colonie, et qui en reproduit fidèlement la

forme. Tel est le squelette fibreux de nos éponges de toilette qui ne constitue que la partie accessoire de l'animal, les parties réellement vivantes ayant été enlevées par des lavages répétés. Chez d'autres, il se dépose dans l'intérieur du corps des productions dures, siliceuses ou calcaires, de forme nettement définie pour chaque espèce. Ce sont les *spicules* ; ils soutiennent les parties molles, unissent ensemble les diverses régions de l'Eponge ; quelques-uns, terminés en pointe acérée, hérissent sa surface externe ou la paroi de ses canaux et deviennent ainsi de véritables organes de défense. Leur forme est souvent très élégante : on y remarque des épingles, des crochets, des ancres, des étoiles, des clous à tête ramifiée, des croix, etc. Ils peuvent, quand ils sont siliceux, s'unir en fibres qui elles-mêmes sont entrecroisées avec une régularité géométrique. Tels sont les élégants réseaux des Euplectelles ou des Hyalonemas, transparents comme du cristal et formés de fibres minces comme des cheveux.

Nous retrouvons donc chez les Éponges cette double tendance chimique du protoplasma, à former des squelettes soit calcaires, soit siliceux, que nous avons déjà constatée chez les Foraminifères et les Radiolaires. On peut se demander si les Éponges calcaires et les Éponges siliceuses ne descendent pas de Protistes différents qui se seraient développés parallèlement. Il n'y aurait dès lors entre elles qu'une parenté collatérale.

Comme chez les végétaux, le bourgeonnement

ne sert en général (1) qu'à augmenter le volume de la colonie en lui adjoignant de nouveaux rameaux. Pour propager l'espèce au loin il faut que la reproduction sexuelle intervienne. Celle-ci est très importante à considérer chez les Spongiaires, car elle nous présente des phénomènes que nous retrouverons chez tous les autres Métazoaires et qui les distinguent complètement des Métaphytes. On n'a pas observé d'une façon absolument certaine la fécondation des Éponges; il est probable qu'elle a lieu dans la paroi du corps et qu'elle résulte de la fusion d'une cellule ciliée représentant l'élément mâle avec une cellule amiboïde, qui correspond à l'œuf. Quoi qu'il en soit, on voit à un moment donné celui-ci se diviser en 2, 4, 8, 16, 32 cellules et même davantage et se transformer en une petite masse sphérique, composée de cellules toutes semblables entre elles. Ce stade que Haeckel a qualifié de *morula* à cause de sa ressemblance avec une petite mûre se retrouve dans le développement de l'œuf de tous les Métazoaires. Il correspond exactement à la *Magosphæra* que nous avons étudiée précédemment. (Voir p. 76.)

Peu de temps après la formation de la *morula* du liquide s'accumule au centre des cellules qui la constituent; elle se présente alors sous l'aspect d'une sphère creuse ou *blastula*. Chez les Éponges

(1) Il faut excepter, en effet, les bourgeons qui se détachent de certains Spongiaires et Hydraires, de même que, dans le règne végétal il faut excepter les propagules des Hépatiques, les fragments de rameaux et même de feuilles, les bulbes, bulbilles, et coulants, qui, chez beaucoup de plantes, favorisent, dans une certaine mesure, la dispersion de l'espèce.

les cellules d'une des moitiés de la sphère s'allongent, s'effilent, produisent un flagellum, se transforment en un mot en cellules flagellifères. L'embryon devient ainsi une colonie d'Amibes et d'Infusoires flagellés. Une fois qu'il est sorti des parois de sa mère, ceux-ci lui servent d'individus locomoteurs : le mouvement de leur fouet vibratile entraîne toute la colonie dans le liquide ambiant.

Mais bientôt intervient une nouvelle modification. L'embryon se laisse choir au fond de l'eau et se fixe à quelque aspérité du sol. On voit alors l'hémisphère composé de cellules amiboïdes envahir de plus en plus l'hémisphère flagellifère. Celui-ci semble rentrer, en se retournant

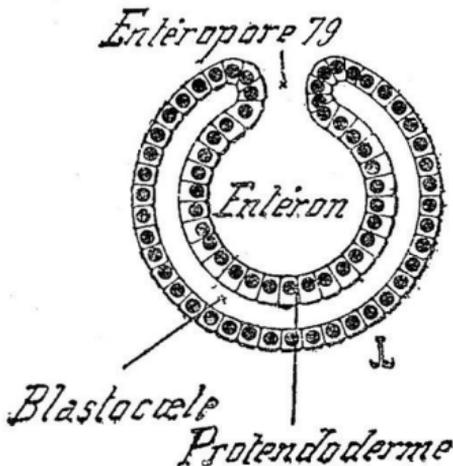


Fig. 20. — Formation de la gastrula.

sur lui-même, dans l'intérieur du premier et l'embryon se trouve ainsi transformé peu à peu en une sphère creuse à double paroi nommée *gastrula* (fig. 20). Les éponges simples ne dépassent guère ce stade que par la formation de l'oscule et

des pores inhalants. Elles restent à l'état de *gastrula* toute leur vie. Au contraire, chez les animaux supérieurs, aux deux feuilletts constituant la paroi de la *gastrula* vient bientôt s'en ajouter un troisième, intermédiaire aux deux

premiers. L'embryon peut alors être comparé à trois sacs emboîtés les uns dans les autres et dont les bords seraient soudés. La cavité située dans l'intérieur du feuillet interne est celle du tube digestif ou entéron, son orifice est la bouche primitive ou entéropore et ce feuillet constituera par ses modifications la paroi de ce tube avec les glandes qui y sont annexées. Le feuillet moyen qui n'est pas représenté sur la figure 20 donne les muscles, les vaisseaux, etc.; le feuillet externe produit la peau et le système nerveux.

C'est là un fait absolument général. Tous les Métazoaires passent, au cours de leur dévelop-

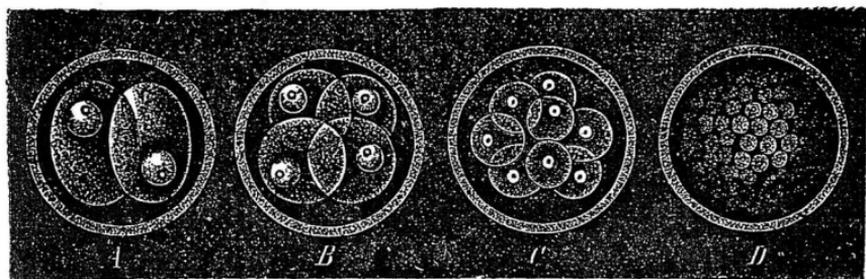


Fig. 21. — Premiers stades de l'évolution d'un mammifère, « Segmentation de l'œuf », multiplication des cellules par des scissions répétées. A, l'œuf se divise par un premier sillon en deux cellules; B, les deux cellules se divisent en quatre cellules; C, ces dernières se divisent en huit cellules; D, la segmentation, indéfiniment répétée, a produit un amas sphérique de nombreuses cellules.

pement, par les stades : œuf, morula, blastula et gastrula. Afin qu'aucun doute ne reste dans l'esprit nous représentons ci-dessus (fig. 21) les premiers stades de la segmentation de l'œuf

d'un Mammifère, avant la formation de la gastrula. On trouve d'ailleurs des êtres qui restent arrêtés toute leur vie à l'un de ces stades. Chez les Métazoaires supérieurs, c'est à partir du stade gastrula que le développement varie suivant les grands groupes zoologiques. Mais la similitude des premières phases de la vie embryonnaire dans tout le règne animal est une des meilleures preuves de son unité d'origine. Enfin cette structure par feuillet plus ou moins repliés, invaginés les uns dans les autres ne se rencontre pas chez les végétaux; elle est tout à fait caractéristique du règne animal.

L'Hydre d'eau douce, qu'on trouve souvent à la face inférieure des lentilles d'eau, va nous faire pénétrer dans un monde bien curieux. En effet cet être est formé par un simple sac à double paroi, c'est-à-dire qu'il est resté au stade de gastrula. L'orifice du sac sert à la fois de bouche et d'anus; le tube digestif se confond avec la cavité générale du corps. Autour de la bouche, il y a un certain nombre de bras ou tentacules susceptibles de se rétracter dans l'intérieur du corps ou de s'allonger pour saisir une proie. L'animal, fixé par son extrémité la plus petite, peut se détacher de son support et se déplacer en rampant sur les corps solides. Cet être ainsi constitué n'est pas sans analogie avec certains Infusoires, les Stentors et les Vorticelles par exemple (v. p. 69). Mais il ne faut pas oublier que les cils qui forment la couronne vibratile de ceux-ci ne sont que des expansions

du protoplasma même de la cellule unique qui constitue leur corps ; tandis que l'hydre est composée d'un grand nombre de cellules intimement unies entre elles. On trouve même dans ses bras certaines cellules nettement différenciées des autres ; elles forment ce qu'on appelle des *capsules urticantes* et servent à paralyser les petits animalcules que l'hydre pêche. Enfin notons que dans cette colonie animale la personnalité est bien plus développée que chez les Eponges. Les mouvements d'ensemble qu'elle exécute pour pêcher ou pour se diriger vers la lumière en sont la meilleure preuve.

Si on coupe une Hydre en morceaux, chacun de ceux-ci régénère ce qui lui manque et produit une nouvelle hydre. Mais ce n'est pas là le mode ordinaire de reproduction de cet animal. Celle-ci a lieu par bourgeonnement. En un point de la surface, généralement près du pied, on voit se faire une boursouffure, qui grossit et finit par donner lieu à une hydre nouvelle, dont la cavité digestive se confond avec celle de sa mère. Si la nourriture est abondante, les hydres nouvellement formées restent unies à leur mère et constituent une colonie *de second ordre*, ramifiée, analogue à celles des éponges composées. Si, au contraire, les aliments viennent à manquer, les jeunes se séparent et vont chercher un habitat plus plantureux.

Les Hydraires sont très répandus dans la nature, les espèces marines sont surtout nombreuses. Elles sont presque toutes ramifiées. Nous ne pouvons songer ici à entrer dans la

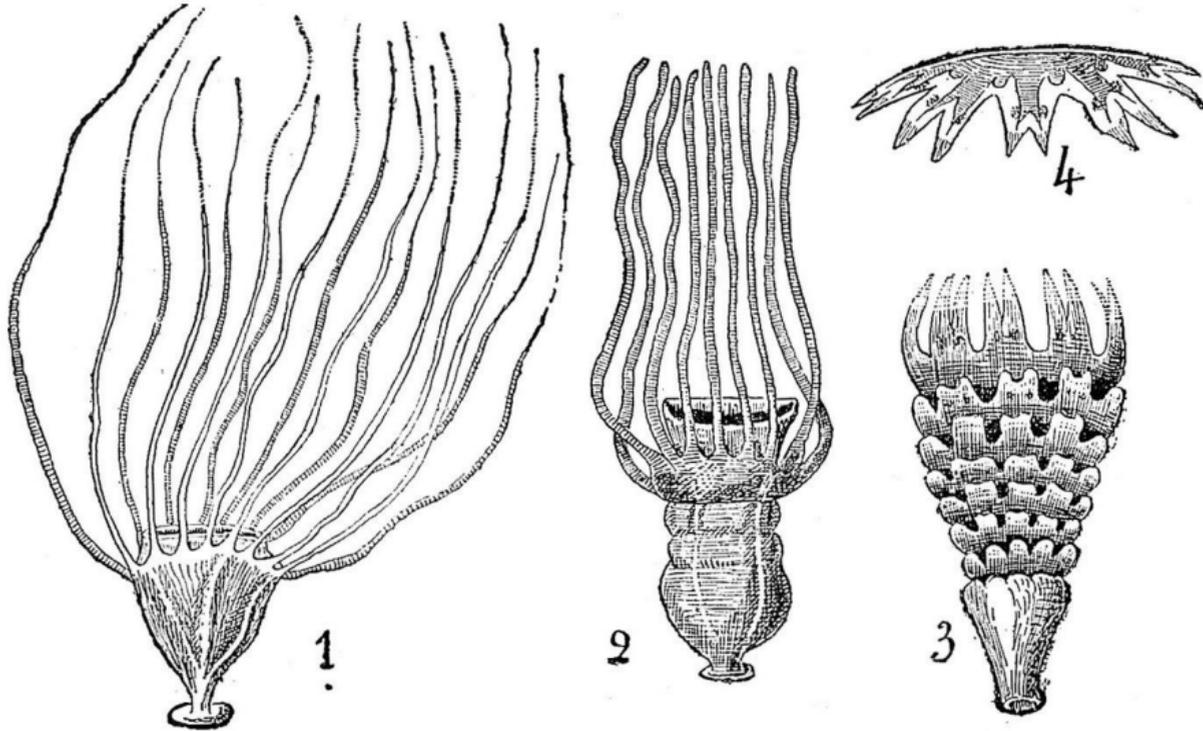


Fig. 22.— Développement d'une Méduse acraspède.— 1 Scyphistome; 2, 3, Strobile; 4, Ephyra.

description de tous ces êtres qui constituent au sein des mers une flore vivante du plus merveilleux effet. Nous avons dit une flore et c'est intentionnellement. C'est dans cette branche du règne animal encore mal dégagée de ses origines que nous allons trouver les plus remarquables analogies avec la plante. On conçoit, en effet, que des conditions semblables de vie, l'immobilité et le milieu aqueux, aient provoqué dans les deux séries, animale et végétale, de grandes similitudes.

La forme des colonies d'hydriaires est arborescente et chacun des individus qui les composent a une symétrie rayonnée et ressemble à une fleur animale. Mais c'est surtout dans le mode de reproduction que nous allons trouver toute une série de modifications rappelant la concurrence entre les générations sexuée et agame chez les végétaux. On trouve dans la mer des polypes ressemblant à l'Hydre d'eau douce (fig. 22). Ce sont des *scyphistomes* qui représentent le premier stade de développement d'un grand nombre d'espèces d'Hydriaires. Ils sont constitués par un sac à double paroi charnue et portent de longs tentacules. A un moment donné, le scyphistome s'allonge et se transforme en un corps cylindrique régulièrement annelé, le *strobile*. Bientôt chacun des articles dont est composé celui-ci se sépare et nage librement dans la mer. Son organisation se perfectionne, il prend la forme d'un champignon avec un chapeau et un pied. C'est en un mot une *Méduse*, pareille à celles qui sont rejetées en si grand nombre sur les rivages de la mer après

les tempêtes. Dans la paroi du corps des Méduses se développent des ovules et des spermatozoïdes. La fécondation s'opère, il naît une larve ovoïde qui nage quelque temps dans la mer au moyen de cils vibratiles. Bientôt elle se fixe et se transforme en un nouveau scyphistome.

Il y a en somme chez les Hydraires, comme chez les Cryptogames vasculaires, une alternance de générations ; le scyphistome asexué se multiplie par simple division. Les Méduses auxquelles il donne naissance représentent des individus sexués, chacune des nombreuses larves qu'elles produisent se transforme en un scyphistome.

Les Méduses auxquelles nous venons de faire allusion mènent une vie indépendante. Elles ont une organisation compliquée : un système circulatoire, une cavité digestive, des membres et quelquefois des organes des sens. Mais chez d'autres Hydraires elles ne se détachent pas de la colonie asexuée qui les a produites ; elles n'ont plus dès lors d'organes du mouvement, ni de cavité digestive ; les aliments leur arrivent tout préparés des autres parties de la colonie. Elles sont exclusivement consacrées aux fonctions de reproduction. Nous avons dans cette transformation de Méduses primitivement libres et complètes, en organes purement reproducteurs vivant pour ainsi dire en parasites sur le reste de la colonie, un parallélisme bien remarquable avec la réduction progressive des prothalles sexués dans le règne végétal. L'hermaphrodisme originel des Méduses fait du reste le plus souvent

place à la séparation des sexes, comme chez les Cryptogames vasculaires supérieures.

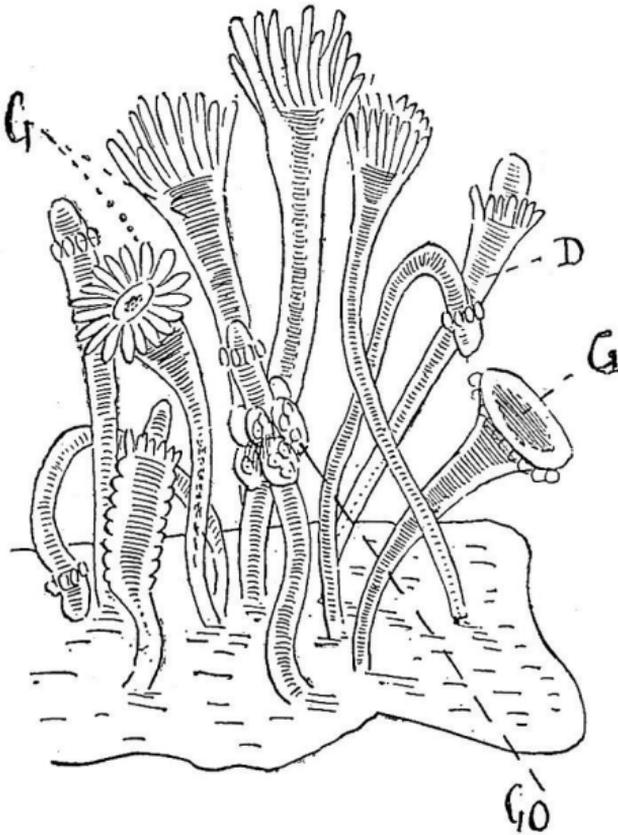


Fig. 23. — *Hydractinia echinata*. Synhydraire ; G. gastrozoïde ; D. dactylozoïde ; GO. gonozoïde.

Il y a des Hydraires où la division du travail est poussée encore bien plus loin (fig. 23). Certains individus, pourvus d'une bouche et de tentacules, sont dits *nourriciers* (gastrozoïdes) : ils absorbent des aliments qui profitent à l'ensemble de la colonie. D'autres, sans bouche, sont transformés en une longue tige flexible dont les mouvements incessants amènent les substances nu-

tritives au voisinage des individus nourriciers; ils servent de *pourvoyeurs* (dactylozoïdes). D'autres enfin sont des individus *reproducteurs* (gonozoïdes) : c'est sur eux et sur eux seulement que bourgeonnent les individus *sexués*, c'est-à-dire les méduses primitives réduites au simple rôle d'organes de la génération. Nous assistons ainsi chez ces êtres mystérieux à la spécialisation de plus en plus grande des individus et à leur *transformation en organes*. Il est évident qu'outre la conscience plus ou moins obscure de chacun des individus constituants il doit y avoir chez eux un rudiment de conscience collective qui leur permet de coordonner leurs actes en vue du bien commun.

Il doit en être ainsi, à plus forte raison, des Siphonophores, qui ne sont qu'une adaptation des Hydraires à la vie mobile. Rien ne peut rendre la beauté de ces colonies transparentes se laissant bercer mollement au gré des vagues. Le long d'un axe commun sont disposés les organes suivants : d'abord une vésicule remplie d'air et servant de flotteur, puis des méduses réduites à leur cloche et qui, par leurs contractions, font progresser la colonie; des individus nourriciers, d'autres qui dégorgent sur la proie un liquide corrosif destiné à la digérer et à en permettre l'absorption par les premiers; des filaments pêcheurs munies de capsules urticantes; enfin des individus reproducteurs portant des grappes de petites méduses sexuées. Ces colonies si complexes ont une personnalité bien développée. Si par les temps calmes elles viennent

à la surface et se laissent aller à la dérive, elles savent aussi coordonner leurs mouvements pour échapper à leurs ennemis et changer brusquement de direction (1).

Si l'on étudie le développement des Méduses chez les Hydraires où existe la division du travail, on constate que chacune d'elles correspond à un polype nourricier entouré d'une couronne d'individus reproducteurs. Le polype nourricier constitue le sac stomacal de la Méduse avec ses tentacules; les individus reproducteurs forment son ombrelle en se soudant entre eux. On a donc ici une remarquable analogie avec les fleurs des phanérogames, dont les pétales, en se soudant, peuvent constituer une corolle gamopétale.

Il est impossible de quitter les Zoophytes sans dire quelques mots des Coralliaires, ces merveilleux architectes qui construisent au sein des mers des édifices qui confondent l'imagination. Si l'on étudie leur développement on constate qu'ils ne sont qu'un autre mode de perfectionnement des Hydraires. Autour d'un individu nourricier sont venus se ranger en cercle des individus transformés en tentacules. Le tout s'est soudé et a formé un polype complexe ressemblant d'une manière frappante à son ancêtre, l'Hydre simple. C'est encore là un cas de cette loi générale qui veut qu'en se perfectionnant et en

(1) Tous ces faits sont exposés avec les détails nécessaires dans l'ouvrage de M. Edm. Perrier, *Les Colonies animales*, auquel nous avons dû faire de larges emprunts pour cette partie de notre travail.

s'individualisant, les colonies reprennent la forme de l'être plus simple d'où elles sont sorties.

C'est dans les parois des polypes rangés autour de l'individu nourricier que se développent les produits génitaux. Il s'y forme également un squelette calcaire et chez les Coralliaires vivant en colonies tous les polypes sont portés sur une sorte d'arbre calcaire très ramifié, qui constitue le polypier. Chacun est contenu dans une petite loge dans laquelle il peut se rétracter entièrement, et des vaisseaux parcourant l'intérieur des rameaux du polypier mettent tous les membres de la colonie en communication entre eux. C'est le polypier d'une espèce méditerranéenne qu'on utilise sous le nom de Corail.

Les Coralliaires ont eu un grand développement aux différentes époques géologiques. L'accumulation de leurs polypiers a produit dans les mers chaudes qui couvraient alors une partie de l'Europe des couches très épaisses. En France c'est surtout dans les terrains jurassiques que les dépôts coralliens sont développés. D'ailleurs ces zoophytes continuent encore leurs travaux de nos jours et la plus grande partie des îles de l'Océanie leur doivent leur origine et continuent à s'accroître sous l'action de ces infatigables architectes.

Il resterait, pour être complet, à parler de la vie sociale chez les Bryozaires et chez les Tuniciers. Mais d'une part la place de ces êtres dans le système naturel n'est pas encore parfaitement fixée et d'autre part ils ne nous apprendraient rien de nouveau au point de vue de l'évolution

générale de la vie. Nous nous bornerons donc à les mentionner.

Nous avons vu dans ce chapitre les plastides animaux se grouper pour former d'abord un organisme très simple ressemblant à un sac à double paroi : telle est l'Eponge simple ou bien l'Hydre d'eau douce. Puis un certain nombre de ces êtres ont bourgeonné les uns sur les autres, de façon à constituer des colonies ramifiées. Une remarquable division du travail s'est établie dans certaines de ces sociétés : la colonie de second ordre tend à se transformer en individu et les colonies de premier ordre qui la constituent tendent à devenir de simples organes.

Nous trouvons ainsi chez les Phytozoaires cette superposition de deux ordres de colonies qui atteindra son maximum de développement chez les Artiozoaires : 1<sup>o</sup> *mérides* ou colonies de plastides ; 2<sup>o</sup> association des mérides entre eux pour former une individualité d'ordre supérieur. Remarquons d'ailleurs qu'il en est ainsi dans le règne végétal : l'arbre n'est un individu qu'au même titre qu'un polypier. En réalité, il constitue une vaste association d'individus de divers ordres : les rameaux, les racines et les feuilles. Ceux-ci à leur tour sont des colonies de plastides. Les plus nettes de ces associations végétales primaires sont les feuilles ; les modifications qu'elles subissent en vue de la reproduction correspondent à celles des mérides qui s'associent pour constituer une méduse sexuée.

Le stade *gastrula* se retrouvant dans le développement de l'œuf de tous les Métazoaires,

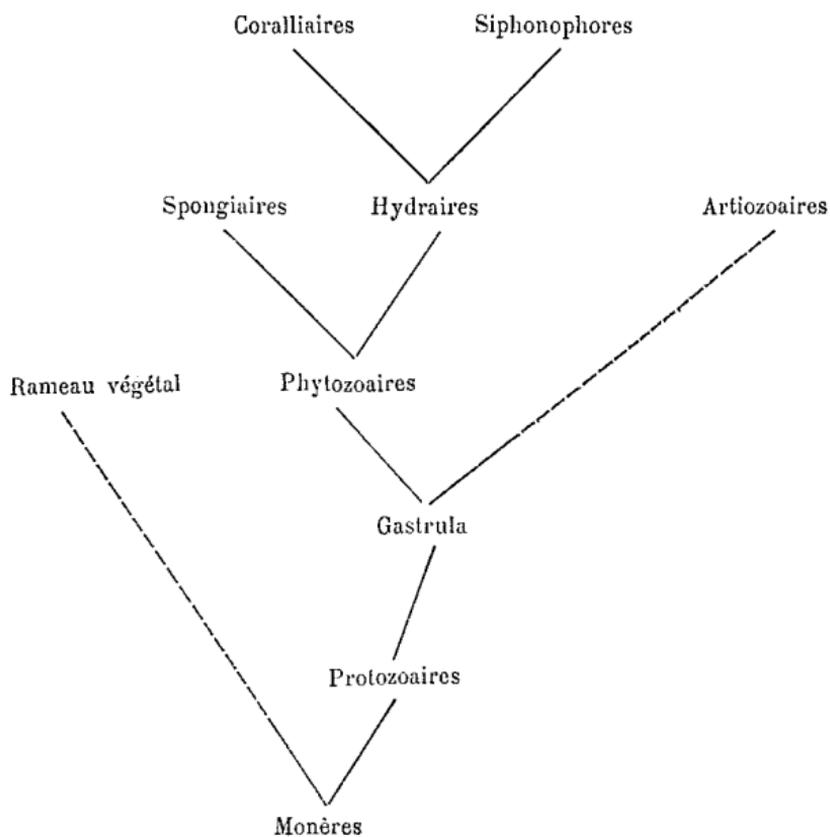
il est évident que les Zoophytes ainsi que les animaux à symétrie bilatérale ont eu pour ancêtre commun un être possédant cette forme. Ce n'est là qu'une application de la grande loi de l'embryogénie, dont nous avons déjà souvent constaté l'universalité. Nous voyons dès lors qu'à partir du stade gastrula, le règne animal s'est divisé en deux branches : les Artiozoaires, que nous étudierons dans les chapitres suivants, et les Phytozoaires, que nous venons de passer en revue. Ceux-ci se partagent en quatre branches : Spongiaires, Hydraires, Bryozoaires et Tuniciers. Laisant de côté ces deux dernières familles, dont les affinités réelles sont loin d'être établies, nous voyons que les Hydraires se perfectionnent de deux façons différentes. D'une part, ils ont donné lieu aux Siphonophores chez lesquels, grâce à la mobilité de la colonie, la conscience d'ensemble atteint le plus haut degré de développement dont elle soit susceptible chez les Zoophytes. D'autre part, ils ont produit les Coralliaires, caractérisés par le groupement régulier des individus pourvoyeurs et reproducteurs autour de l'individu nourricier et par le développement d'un squelette calcaire complexe. Quant aux Spongiaires, de même que les Radiolaires et les Foraminifères, parmi les Protistes, ils perfectionnent leurs caractères secondaires, leur squelette, mais n'arrivent jamais à une vraie division du travail.

Nous avons vu que les Coralliaires abondent dans les formations géologiques; il va de soi que les Phytozoaires, dépourvus de squelette, se

sont conservés en bien moins grande abondance. Cependant on a trouvé des Méduses dans les schistes lithographiques de Solenhofen (jurassique). D'autre part, les Spongiaires à squelette calcaire ou siliceux ont contribué pour une large part à l'édification de certaines roches. Tous les groupes de Phytozoaires sont représentés dès l'époque silurienne; ils ont persisté à travers toute la durée des époques géologiques. En général les espèces anciennes se sont éteintes et ont été remplacées par d'autres, sans que cependant on puisse constater une tendance vers le progrès en passant des formes anciennes aux types modernes. Cette grande classe d'Animaux semble avoir atteint d'emblée toute la perfection dont elle était capable. Elle n'a plus subi ensuite que des variations sans importance, et n'a fait que perdre en valeur relative à mesure que les Artiozoaires prenaient de l'extension.

Le tableau suivant est destiné à rendre compte des relations phylogénétiques des Phytozoaires.

## Tableau généalogique des Phytozoaires



## CHAPITRE XIII

### LES PREMIERS ARTIOZOAIRE : LES VERS

Avantages réservés aux colonies linéaires. — Leurs conditions de formation. — Les Rotifères et les Turbellariés. — Les Chœtopodes : naïdiens, lombriciens et néreïdes. — La loi d'accélération embryogénique.

Les Animaux que nous avons étudiés jusqu'à présent peuvent se ramener à deux types essentiels : ils forment des colonies irrégulières, le plus souvent rameuses, ou bien ils sont disposés comme autant de rayons autour d'un centre. Dans les deux cas les rapports entre les individus constituants sont peu intimes et par suite le perfectionnement organogénique et la division du travail n'ont pas pu s'élever au-dessus d'un degré assez rudimentaire. D'ailleurs, la plupart de ces êtres vivent fixés sur le sol, ce qui est encore une cause d'infériorité dans la lutte pour la vie.

Au contraire, les animaux que nous allons passer en revue maintenant ont une symétrie bilatérale bien nette : un côté droit et un côté gauche, une extrémité antérieure ou tête et une extrémité postérieure ou queue. La grande majorité d'entre eux sont mobiles. Lorsqu'ils for-

ment des colonies, le bourgeonnement a lieu le plus souvent au voisinage de l'extrémité postérieure et les segments nouveaux forment à la suite du méride primitif ou tête une série linéaire. Cette condition est éminemment favorable au perfectionnement organogénique et au développement de la personnalité coloniale. D'une part, en effet, comme le fait observer M. Edm. Perrier (1), les organes de même nom des segments successifs sont en contact intime et tendent à se fusionner pour former un organe unique commun à l'ensemble de la colonie. D'autre part, les individus constituant la colonie ne sont pas tous équivalents entre eux. L'un d'eux, le plus ancien, chargé de chercher et d'ingérer la nourriture de tous, s'avancant toujours le premier, traînant à sa suite la chaîne plus ou moins longue de sa progéniture, tend à prendre une prépondérance de plus en plus marquée. C'est à lui que doivent aboutir toutes les impressions ; à lui de les apprécier et de réagir en conséquence. Plus que tout autre il a besoin d'un appareil tactile d'une grande finesse, d'organes des sens multiples et variés, son système nerveux doit donc prendre un développement considérable. Sa personnalité finit par se substituer à celle de chacun des membres de la colonie. Dès lors celle-ci est constituée à l'état d'une individualité d'un ordre plus élevé, c'est-à-dire d'un *Zoïde* composé de mérides.

Ce ne sont pas là de simples vues de l'esprit.

(1) Edm. Perrier. *Les Colonies animales*.

Nous avons dans le grand groupe des Vers tous les intermédiaires entre les Mériides vivant toujours isolés et les Animaux formés d'un grand nombre de Mériides entièrement fusionnés. Mais avant d'énumérer ces formes, il importe de montrer que le passage du type rayonné à la symétrie bilatérale a pu se faire au début d'une façon très simple et n'a pour ainsi dire été que l'effet d'un hasard. Reprenons en effet la *Gastrula* que nous trouvons comme stade transitoire à la base du développement de tous les Méta-zoaires. Chez les Zoophytes, après avoir nagé pendant quelque temps, elle se fixe par une de ses extrémités; l'autre reste ouverte, s'entoure de tentacules et constitue la bouche. Pendant tout le cours de son existence, l'animal conservera donc la forme générale d'un sac. Supposons maintenant que, pour une cause ou pour une autre, une *Gastrula* soit tombée au fond de l'eau sans pouvoir se fixer au sol. Que va-t-il arriver? L'animal, par raison d'équilibre, va rester couché sur le flanc; la pression de l'eau tendra à l'aplatir contre le sol et à lui donner une face dorsale et une face ventrale. La bouche, située à l'une des extrémités du corps, déterminera la direction dans laquelle il va se déplacer à la recherche de sa nourriture. Enfin les déchets de l'alimentation seront tout naturellement expulsés à l'extrémité postérieure du corps où se constituera un orifice nouveau, l'anus.

Les premiers animaux construits sur ce type sont les Rotifères, qui comptent de nombreu-

ses espèces d'eau douce. Leur organisation est déjà très complexe. Outre le tube digestif — qui ne se confond plus avec la cavité générale du corps — on trouve un appareil d'excrétion, un système nerveux rudimentaire, des organes des sens et des organes reproducteurs assez compliqués. Rien n'est gracieux comme de voir le mouvement régulier des cils vibratiles qui entourent la bouche et qui servent tantôt à attirer la nourriture, tantôt à provoquer le déplacement de l'animal. Par là, ces êtres se rattachent intimement aux Infusoires ciliés. Leur reproduction est sexuelle ou parthénogénétique. Pendant tout l'été, les femelles donnent des œufs qui n'ont pas besoin d'être fécondés pour se développer. Ce phénomène, nommé *parthénogénèse*, peut être considéré comme une sorte de bourgeonnement interne. Ce n'est qu'à l'entrée de l'hiver que, de certains œufs, naissent des mâles, qui fécondent les femelles alors existantes. Les œufs qui en résultent passent l'hiver et donnent à la belle saison suivante de nouvelles femelles parthénogénétiques. Les Rotifères, peuvent être considérés comme un groupe non adaptatif qui n'a pas pris part à la constitution des animaux formés de colonies linéaires.

Les Turbellariés, représentés dans les eaux douces surtout par les Planaires, se rattachent également aux Infusoires par les cils vibratiles dont leur corps est couvert et qui sont leurs uniques organes de locomotion. Certains se multiplient exclusivement par voie sexuée. Chez d'autres, outre ce mode de reproduction, on

constate le *bourgeonnement*, qui a toujours lieu à la partie postérieure du corps. Voici par exemple ce qui se passe chez le *Microstomum giganteum* décrit par M. Hallez. Un individu isolé, d'abord simple, arrivé à une certaine taille, est divisé en deux parties par une cloison qui se produit entre le tiers postérieur et les deux tiers antérieurs de sa longueur. Le tiers postérieur devient peu à peu un individu nouveau; mais il ne se sépare pas tout d'abord et ne tarde pas à se segmenter à son tour comme son aîné; en même temps celui-ci éprouve une nouvelle division, de sorte que l'on a bientôt une chaîne de quatre individus placés bout à bout, dont chacun possède une bouche et un tube digestif. Le nombre de ces individus peut même s'élever à huit ou à seize. Au bout de quelque temps, la chaîne se brise tantôt en son milieu, tantôt en deux tronçons inégaux, dont chacun comprend un nombre variable d'individus. On conçoit que, dans une pareille colonie, les individus adultes étant toujours séparés les uns des autres par des individus en voie de formation, sont restés à peu près indépendants et n'ont pas tardé à se séparer pour vivre isolément.

Il en va tout autrement chez les Chœtopodes, ou Annélides, grand groupe de vers caractérisés par la présence, sur chaque anneau, de soies qui servent à la locomotion et peuvent acquérir un haut degré de complexité. Nous trouvons d'abord un certain nombre de petits vers agiles, transparents et d'une réelle élégance, qui, comme les Naiades antiques, se plaisent dans

les claires fontaines, au milieu des herbes des ruisseaux : de là leur nom de Naïdiens, qui rappelle ces gracieuses divinités. Chez le *Dero obtusa*, qui appartient à cette famille, le dernier anneau du corps porte un large pavillon, qui sert à la respiration. C'est immédiatement en avant de cet anneau, et rien que là, que se produisent de nouveaux segments. L'animal est donc en voie constante d'accroissement ; mais une fois qu'il a acquis une certaine longueur, il se divise en son milieu et ses deux moitiés, désormais indépendantes, se séparent et grandissent chacune de son côté. Dans ces colonies, où le bourgeonnement est localisé au voisinage de l'extrémité postérieure, les anneaux adultes entrant en rapports beaucoup plus intimes, leurs organes, tube digestif, système nerveux, etc., sont communs à tous ; il n'y a plus qu'une seule bouche, un seul pavillon respiratoire pour l'ensemble de la colonie.

Chez le Ver de terre ou Lombric, qui se rattache intimement aux Naïdiens, la condensation et la division du travail sont portées à un degré encore plus haut. Les anneaux antérieurs contiennent un cerveau, tout un appareil de glandes digestives, un gésier, des cœurs puissants, l'appareil de la reproduction. Tous les segments sont davantage confondus entre eux. Après la sortie de l'œuf, le jeune animal constitue de nouveaux anneaux à son extrémité postérieure. Mais une fois qu'il a atteint la longueur caractéristique de son espèce, il cesse de grandir, et ne se divise jamais spontanément en individus

nouveaux. Cette tendance à la fixité du nombre des parties constitutives est un des caractères les plus manifestes que présente toute colonie, lorsque son individualité arrive à une certaine puissance.

L'œuf du Lombric se segmente très rapidement et le jeune animal qui en sort présente dès sa naissance un certain nombre d'anneaux. Il semble donc que l'œuf produise directement un organisme colonial. Mais ce n'est là qu'une apparence due à l'*accélération embryogénique*. Nous allons pouvoir étudier chez les Choetopodes marins le développement des Vers dans sa pureté primitive. Chez les Néréides, qui constituent le principal groupe de cette remarquable famille, de l'œuf sort une larve très simple pourvue d'une bouche, d'un tube digestif et de cils vibratiles servant à la locomotion. Elle présente la plus grande ressemblance avec un Turbellarié, et correspond, comme ceux-ci, à un seul méride. En effet, au bout de quelque temps elle se met à bourgeonner à son extrémité postérieure et y produit les segments successifs qui constitueront la Néréide adulte. Quant au méride primitif, il se transforme et devient la tête de l'animal parfait. Elle renferme un cerveau relativement volumineux, avec des nerfs allant aux organes des sens. Ce cerveau, situé au-dessus de l'œsophage, est relié à une chaîne ventrale de ganglions placés par paires dans chaque anneau, au-dessous du tube digestif (fig. 24). La centralisation de la colonie est

donc encore assez faible, puisque chaque méride contient un centre nerveux.

La seule différence avec les Turbellariés consiste en ce que les individus nouvellement formés restent unis entre eux. Chez les Lombrics une partie de la segmentation se fait dans l'œuf. Mais nous avons, en somme, dans ces phénomènes, une nouvelle preuve de l'organisation coloniale des Vers et de leur descendance d'un organisme constitué par un seul méride.

Nous ne pouvons entrer ici dans l'organisation compliquée des Néréides. Disons seulement que, par leurs antennes, leurs organes des sens, leurs soies transformées en membres véritables, par les métamorphoses qu'un grand nombre d'entre elles subissent avant de se repro-

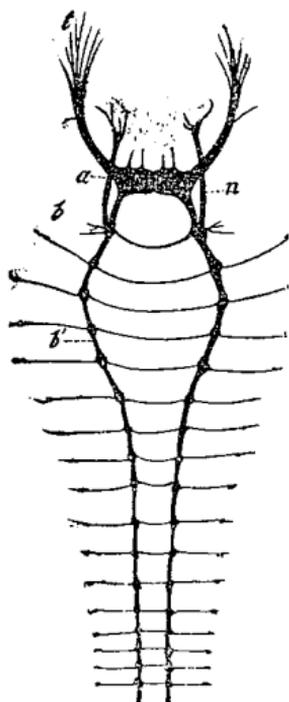


Fig. 24. — Système nerveux de *Serpula contortuplicata* : *a*, ganglions pharyngiens supérieurs ; *b*, inférieurs ; *b'*, tronc ventral ; *n*, nerfs de la bouche ; *t*, nerfs des antennes.

duire, elles nous conduisent directement aux Arthropodes que nous allons étudier dans le chapitre suivant. D'autre part, elles restent Vers parce qu'il n'y a qu'une faible division du travail entre les diverses régions du corps.

Les Vers paraissent avoir été très répandus dans la plupart des étages géologiques. Mais les formes supérieures, à téguments plus résistants

et surtout les espèces habitant des tubes en calcaires ont seules laissé des traces de leur passage. Parmi les Chœtopodes, *Nereites Cambrensis*, un des types les plus anciens appartient à la formation silurienne. Les étages carbonifère et jurassique ont également fourni des Néréides appartenant à des genres aujourd'hui éteints. Certaines d'entre elles étaient de taille bien plus grande que les espèces actuelles. Ainsi M. de Quatrefages a découvert dans le crétacé de Saint-Sébastien une néréide longue de plus de 2 mètres.

Les espèces tubicoles sont encore plus nombreuses; elles ont également apparu de très bonne heure. Ainsi on connaît des serpules du silurien inférieur. A partir du lias, en remontant les étages jurassiques, leur nombre va en augmentant, pour s'accroître encore à l'époque crétacée et atteindre son plus grand développement pendant la période tertiaire.

## CHAPITRE XIV

### LES ARTHROPODES OU ARTICULÉS

Division du travail et perfectionnement organique. —  
Les Myriapodes. — Organisation et développement. —  
Les appendices des Crustacés. — Le *Nauplius* et la *Zoé*.  
— Les Insectes et les Arachnides. — Leurs métamorphoses et leur origine paléontologique.

Les Arthropodes, caractérisés par la présence de membres constitués par des articles unis bout à bout, forment une série exactement parallèle à celle des Vers et qui a dû se détacher des Choétopodes à une époque relativement ancienne. Comme eux ils sont dérivés d'un organisme primitif formé d'une colonie linéaire d'anneaux exactement semblables entre eux. Mais la division du travail et la perfection des organes ont atteint un bien plus haut degré chez eux que chez les Vers. Chez ceux-ci les cloisons séparant les anneaux existaient encore ; le tube digestif, le système nerveux central et les vaisseaux sanguins longitudinaux avaient seuls contracté une union plus ou moins intime. C'est uniquement par leur intermédiaire que s'était établie l'unité physiologique de la colonie. Chez les Articulés, les

cloisons ont disparu et les organes qui, jusque-là, étaient répartis entre tous les anneaux et qui maintenaient jusqu'à un certain point l'équivalence et l'autonomie des individus dans la colonie, ont pu contracter entre eux des adhérences intimes. Ils ont abandonné certains anneaux pour venir constituer dans d'autres des organes massifs où rien ne rappelle plus la segmentation primitive. Il en est ainsi du foie, des organes de la respiration, de la sécrétion, de la reproduction.

La disparition des cloisons interannulaires a encore eu chez les Arthropodes deux conséquences importantes ; d'une part, les anneaux ont pu se souder intimement et même se confondre de façon à former des unités nouvelles, les *régions du corps*. Chez tous les Articulés, la tête est formée par la réunion d'un certain nombre d'anneaux. C'est elle qui porte les organes des sens, ceux de la préhension et de la mastication des aliments, et le cerveau. Chez un grand nombre d'entre eux les anneaux thoraciques et quelquefois même ceux de l'abdomen sont plus ou moins confondus.

D'autre part, le corps, n'étant plus soutenu par des cloisons interarticulaires, a dû se pourvoir d'un squelette capable de résister aux pressions extérieures. Chez les Articulés ce squelette est constitué par une carapace formée d'une substance particulière, la *chitine*, quelquefois incrustée de sels calcaires. Il est extérieur au corps et sert à la fois à le soutenir et à l'envelopper. Chez les Vertébrés, au contraire, le sque-

lette, constitué par les os, est situé à l'intérieur des parties molles. On peut donc dire que les deux groupes supérieurs de l'animalité, issus tous deux des Vers, ont évolué dès le début dans un sens tout à fait différent. C'est ce que prouverait également l'étude de leurs organes internes, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer ici. Les représentants les plus élevés de ces deux groupes — les Insectes et les Mammifères — ont atteint chacun de son côté un haut degré de perfection organique et psychique, sans qu'on puisse dire que les uns s'élèvent réellement au-dessus des autres.

Les Arthropodes qui se rapprochent le plus des Vers sont les Myriapodes ou mille-pattes qui comprennent comme genres principaux les Scolopendres et les Iules. Leur corps est allongé et divisé en anneaux tous semblables entre eux, sauf ceux qui, par leur fusion, constituent la tête. Ces anneaux portent chacun une ou deux paires de pattes articulées; chez de curieux Myriapodes de l'hémisphère austral, les *Péripatus*, les pattes sont simplement membraneuses et ces animaux, très primitifs dans toute leur organisation, doivent représenter l'un des stades les plus anciens du développement des Arthropodes. Leur tube digestif présente des étranglements correspondant à chaque sillon de séparation des anneaux. Chez les autres Myriapodes, ces étranglements n'existent plus. Mais à part l'appareil génital, tous les autres organes résultent de l'union de parties semblables dont le nom-

bre et la position correspondent exactement aux segments du corps.

Le cœur ou vaisseau dorsal se décompose en ampoules placées bout à bout; l'appareil respiratoire consiste en une série de paires de trachées ou tubes à air; le système nerveux central, exactement semblable à celui des Vers supérieurs, se compose d'un cerveau situé dans la tête, au-dessus de l'œsophage, et relié par un collier œsophagien à une chaîne de ganglions nerveux placés par paires dans chaque anneau, au-dessous du tube digestif. Cette disposition du système nerveux est absolument générale chez les Vers et les Arthropodes (voir fig. 24, p. 184). Mais dans les groupes supérieurs de ceux-ci, les ganglions ventraux se fusionnent entre eux et le cerveau acquiert un développement relatif bien plus considérable (voir fig. 27, p. 197). En somme, chez les Myriapodes, chaque anneau possède en propre un cœur, un appareil respiratoire, un centre nerveux et des membres et constitue donc un tout relativement autonome.

Avant d'étudier le développement des Myriapodes, remarquons que, si la plupart des Vers sont hermaphrodites, la séparation des sexes, qui apparaît déjà chez les Néréides, devient la règle chez les Arthropodes et les Vertébrés. C'est encore là une conséquence de la loi de division du travail. Les Myriapodes viennent au monde avec 3 à 8 paires de pattes seulement. C'est par des divisions successives du dernier anneau que se forment les segments nouveaux dont l'ensemble constitue l'adulte. Ce mode de

développement, analogue à celui du *Lombric*, n'est en somme qu'une accélération du développement des *Chœtopodes*. Chez ceux-ci (sauf chez le *Lombric*), l'être sortant de l'œuf correspondait au méride antérieur seul ou tête. Chez les *Myriapodes* le bourgeonnement qui doit donner naissance aux autres segments a déjà commencé dans l'œuf. De plus, leur tête est formée de la fusion de plusieurs mérides.

Les *Crustacés*, caractérisés par une carapace incrustée de sels calcaires, constituent un groupe bien plus vaste que les *Myriapodes*. Ils peuplent en troupes innombrables nos Océans et nos eaux douces et sont, la plupart, entièrement adaptés à la vie aquatique. Ils apparaissent dès les époques géologiques les plus anciennes, et présentent, pendant le *Silurien*, un type bien remarquable, les *Trilobites*, où les différents segments ne sont pas encore confondus et portent tous des appendices semblables. Ces animaux disparaissent de très bonne heure pour faire place à des formes plus ou moins analogues aux types actuels.

Si nous observons l'un des plus élevés de ceux-ci, l'*Écrevisse*, par exemple, nous trouvons un animal dont le corps est divisé en deux régions bien distinctes. L'antérieure, nommée *céphalothorax*, est recouverte d'une seule pièce calcaire, et formée par la fusion de tous les anneaux constituant la tête et le thorax. Au contraire, la partie postérieure ou *abdomen* est constituée par des segments distincts et mobiles.

Remarquons en passant que chez tous les Arthropodes la soudure des segments se fait d'avant en arrière. Débutant par la tête seule, chez les Myriapodes, elle envahit la région moyenne du corps ou thorax chez les Crustacés, les Insectes et les Arachnides, mais est toujours bien moins marquée sur l'abdomen, où les segments primitifs restent le plus souvent distincts. Cette région du corps a en revanche souvent tendance à s'atrophier, par exemple chez les Crabes, où elle est réduite à un moignon replié au-dessous du céphalothorax.

D'ailleurs, la segmentation, indistincte sur la face supérieure de la tête et du thorax, reste toujours plus ou moins marquée sur leur face inférieure, où le nombre des appendices correspond à celui des segments primitifs.

L'Écrevisse nous présente encore une autre particularité remarquable. C'est la division du travail entre les divers appendices. Chez les Myriapodes, chaque méride porte une ou deux paires de pattes conformées exactement de la même façon. Seuls, les appendices céphaliques sont transformés en antennes, mandibules et mâchoires; chez certains d'entre eux, les Chilopodes, des pattes entrent aussi dans la constitution de la bouche et jouent le rôle de pattes-mâchoires. Chez les Crustacés la forme et les fonctions des appendices varient suivant les régions du corps. On voit sous les segments abdominaux de l'Écrevisse et des Crustacés du même ordre, les Décapodes macroures, des pattes plus ou moins atrophiées qui servent chez certains types

à la natation ; puis sous le céphalothorax, d'arrière en avant, 5 paires de longues pattes dont la plus antérieure est transformée en pinces. En avant de celle-ci se trouvent 3 paires d'appendices servant à la mastication, puis 2 paires d'antennes et 1 paire de pédoncules portant des yeux à facettes.

Il y a donc une spécialisation des divers appendices en vue d'un

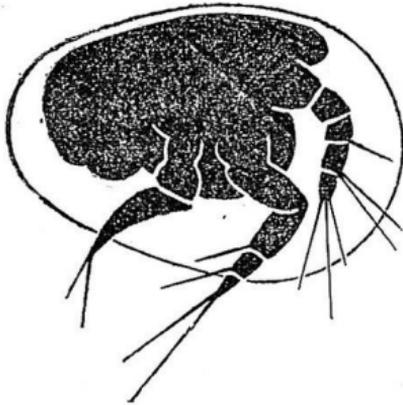


Fig. 25 — Nauplius de *Cypris* (ostracode).

but déterminé. Il nous reste à démontrer, par l'étude du développement paléontologique et embryogénique, que ce n'est pas là une hypothèse, et que les mâchoires, mandibules et antennes sont bien des pattes transformées. Tout d'abord chez les Crustacés, les

plus anciens, les Trilobites et les Euryptéridés, il n'y a pas de mâchoires nettement différenciées : tous les appendices ont la forme de pattes. D'autre part, les Crustacés inférieurs actuels sortent de l'œuf avec une forme bien différente de celle qu'ils doivent revêtir à l'état adulte. Cette forme, qui a reçu le nom de *Nauplius* (fig. 25), est aux Crustacés exactement ce que la larve à cils vibratiles est aux Annélides. Il est donc du plus haut intérêt de bien la connaître. Au moment de son éclosion, le jeune Crustacé est un animal transparent ne présentant aucune trace d'articulation et pourvu de deux ou trois paires de

membres servant exclusivement à la natation. La bouche ne présente aucun appareil de mastication. Un certain nombre de petits Crustacés restent, leur vie durant, à cet état : tels sont les Daphnies ou Puces d'eau, si communes dans les eaux douces. Chez les autres, il y a une mue : la peau qui enveloppait le jeune animal tombe, et celui-ci se montre pourvu de 3 à 6 paires de membres nouveaux qui s'étaient formés sous les téguments ; ils servent comme les précédents à la locomotion. Mais pendant que cette évolution se préparait, les pattes primitives ont elles-mêmes subi les plus singulières métamorphoses : les deux premières paires sont remontées vers la région dorsale de l'animal, elles constituent désormais les deux paires d'antennes ; la troisième paire s'est rapprochée de la bouche et s'est aussi profondément modifiée dans sa forme : elle a cessé de servir à la natation et n'est plus employée qu'à broyer les aliments ; elle s'est transformée en une paire de mandibules. Les membres qui se sont formés en dernier lieu n'échappent pas entièrement à ces singulières adaptations. La paire la plus antérieure constitue les mâchoires, la suivante les pattes-mâchoires.

Chez l'Écrevisse, comme chez tous les représentants les plus élevés de chaque groupe animal ou végétal, il y a accélération de l'embryogénie : les phénomènes que nous venons d'exposer ont lieu dans l'œuf et l'animal éclot à peu près formé. Chez les crabes, l'accélération est déjà moins grande : l'être nommé *Zoé*, qui sort de l'œuf, a des antennes, des mandibules, des mâchoires et

deux ou trois paires de pattes natatoires. Celles-ci se transforment ensuite en pattes-mâchoires qui sont sous la dépendance de la bouche. En même temps se développent les anneaux thoraciques portant les pattes locomotrices définitives. Ces animaux se relient du reste de la façon la plus intime à ceux chez qui la phase nauplius se passe hors de l'œuf.

Ainsi l'embryologie nous a montré que les Crustacés sont, comme les Vers et les Myriapodes, des colonies linéaires d'individus originellement semblables. Le nauplius représente la tête du Crustacé, tout comme la larve ciliée correspond à la tête de la Néréide. C'est par des segmentations successives que cette tête produit le reste du corps, dont les appendices s'adaptent ensuite à des fonctions spéciales.

Les organes internes des Crustacés supérieurs nous présentent une bien plus grande concentration que ceux des Myriapodes. Les systèmes circulatoire et génito-urinaire, le tube digestif avec les glandes qui lui sont annexées ne montrent plus trace de la segmentation primitive. Il n'en est pas de même des systèmes respiratoire et nerveux. Le premier est représenté par autant de touffes de branchies qu'il y a de membres. Le second est constitué par des ganglions cérébraux peu développés, reliés par un collier œsophagien à une chaîne ventrale portant autant de ganglions qu'il y a de segments; ces ganglions peuvent se fusionner en une masse unique, comme chez les Crabes; en tous les cas, ceux qui correspondent aux membres loco-

teurs sont plus volumineux que les autres.

Dans les deux groupes d'Arthropodes les plus élevés en organisation, les Arachnides et les Insectes, la condensation des organes et la fusion des segments ont encore fait des progrès. Tout d'abord nous constatons chez eux une application de cette loi générale qui veut que le nombre des organes diminue à mesure qu'ils se perfectionnent. L'abdomen des Insectes et des Arachnides ne porte plus aucun appendice; en revanche leurs membres thoraciques, au nombre de six chez les premiers, de huit chez les seconds, ont acquis une complexité merveilleuse. A ces trois paires de pattes sont venues s'ajouter chez les Insectes des ailes généralement au nombre de quatre, qui revêtent les formes et les couleurs les plus variées. Elles doivent être considérées comme des expansions des téguments. Le nombre des parties du corps est de trois chez les Insectes : tête, thorax et abdomen. Chacune d'elles est composée d'un nombre invariable de segments. La respiration a lieu par des tubes ou *trachées* qui puisent l'air à l'extérieur et vont le distribuer dans toutes les parties du corps. Les appendices buccaux, encore essentiellement broyeur dans certaines familles d'Insectes et chez les Arachnides, ont subi chez d'autres Insectes les modifications les plus remarquables et se sont transformés en trompes ou en aiguillons au point de devenir presque méconnaissables.

Le système nerveux lui-même s'est condensé,

les ganglions se sont rapprochés et confondus.

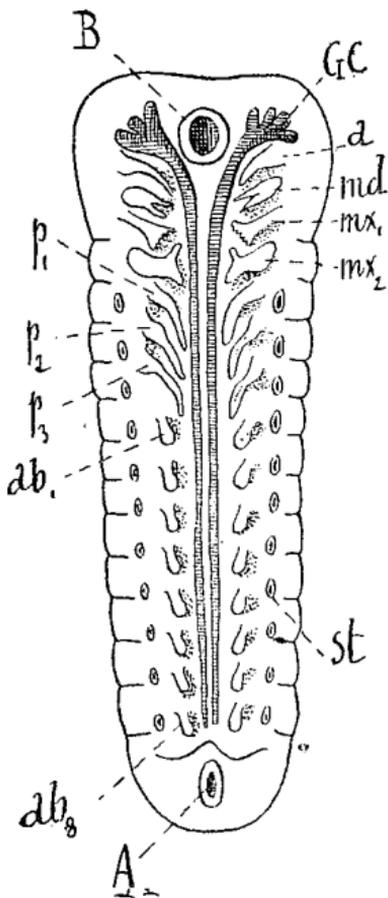


Fig. 26. — Appendices d'un embryon de *Melolontha*, B, bouche; A, anus; *st*, stigmates; *a*, antenne; *md*, mandibule; *mx*, *mx*, première et seconde maxilles; *p*<sub>1</sub>, *p*<sub>2</sub>, *p*<sub>3</sub>, pattes thoraciques; *ab*<sub>1</sub>, *ab*<sub>3</sub>, appendices abdominaux; GC, ganglions cérébroïdes.

Chez la Mouche il n'y a même plus qu'une masse nerveuse située dans la tête et une autre dans le thorax. Il en est à peu près de même chez les Araignées. En un mot, la centralisation est arrivée à son maximum et l'on pourrait se demander si ces animaux, doués d'une personnalité si évidente, doivent aussi être considérés comme des colonies linéaires.

L'étude de leur développement va encore nous aider à résoudre cette question. Les Insectes, comme chacun sait, sortent de l'œuf à l'état de larve asexuée, divisée en segments comme un Ver. Beaucoup de ces larves ont dans l'œuf des appendices abdominaux rudimentaires

qui ramènent directement à la forme myriapode (fig. 26); chez les autres il n'y a que 3 paires d'appendices thoraciques. Le système nerveux

est formé d'une série de ganglions correspondant à chacun des anneaux. Ce n'est que plus tard, au moment de la métamorphose, que la segmentation disparaît, et que le système nerveux se concentre (fig. 27) en même temps que

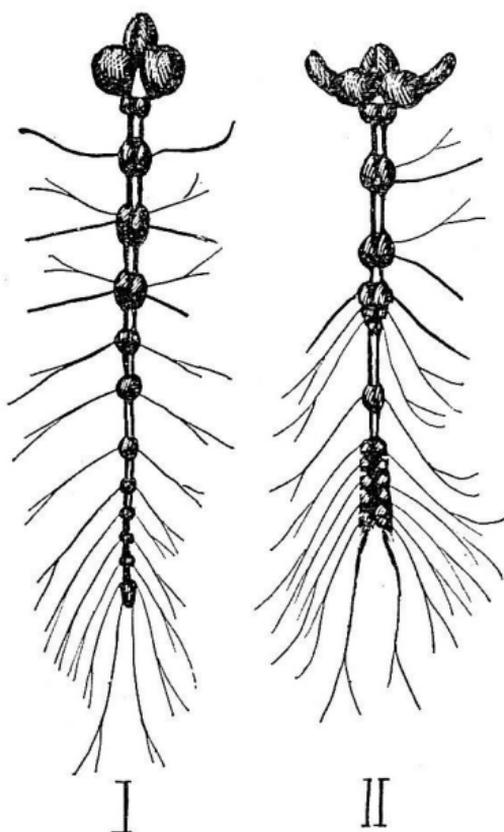


Fig. 27. — Système nerveux de coccinelle. I, larve ,  
II, adulte.

se développent les organes reproducteurs et les ailes, et que l'Insecte prend sa forme définitive. En somme, chez ces êtres remarquables, le développement se fait en deux temps : une première phase vermiforme asexuée consacrée uniquement

à l'accroissement de l'individu, et une seconde phase bien plus brillante, mais souvent beaucoup plus brève, consacrée à la perpétuation de l'espèce.

La métamorphose des Insectes est un fait tellement intéressant et si difficile à expliquer qu'il importe d'en dire quelques mots. Pendant la période de repos apparent qui constitue le stade de *nymphe* ou de chrysalide, les phénomènes les plus extraordinaires se passent dans l'organisme. Il y a une véritable *phagocytose* (voir p. 43) des cellules différenciées des organes par les cellules non différenciées du parenchyme. C'est à ce phénomène, qui se produit du reste chez tous les animaux chaque fois qu'il y a atrophie d'un organe, qu'on a donné le nom de *métabolie*. Dans la nymphe tous les organes disparaissent donc, sauf le système nerveux central, le cœur et les ébauches des organes génitaux, et l'animal finit par se transformer en un sac rempli d'un contenu demi-fluide et amorphe. C'est par la prolifération de certains points nommés *disques imaginiaux* que les organes définitifs de l'insecte adulte se constituent sous la peau de la nymphe. Cette destruction à peu près complète d'un être au cours de son évolution est un des phénomènes les plus remarquables que nous présente la biologie.

Les Insectes supérieurs (Lépidoptères, Hyménoptères, Diptères et la plupart des Coléoptères) présentent seuls des métamorphoses complètes; en même temps leur larve a une forme très particulière, dont les Chenilles nous offrent le type. Ces larves *éruciformes* peuvent devenir apodes

par parasitisme, ou bien, au contraire, comme certaines Chenilles, elles portent au niveau de l'abdomen de fausses pattes membraneuses. Ce sont là deux cas particuliers de l'adaptation sur lesquels nous n'avons pas à insister.

Chez les autres Insectes (Orthoptères, Hémiptères et la plupart des Névroptères), les métamorphoses sont incomplètes : il y a seulement une série de mués successives à chacune desquelles la larve se rapproche de la forme adulte. Ces larves sont dites *campodéiformes* parce qu'elles ressemblent à certains Insectes dépourvus d'ailes et de métamorphoses, les Thysanoures (*campodea*) dont le *Lepisma*, si commun dans les cuisines, nous présente le type.

Ces considérations nous permettent quelques conclusions intéressantes sur la généalogie des Insectes. Les Thysanoures aptères et conservant toute leur vie une sorte d'état larvaire sont évidemment le stade primitif. Au-dessus d'eux viennent les types à métamorphoses incomplètes et à larves campodéiformes, tandis que les Insectes plus différenciés, à la fois à l'état larvaire et sous la forme adulte, terminent la série.

Chez les Arachnides la phase larvaire se passe dans l'œuf et l'animal présente alors une segmentation des plus nettes ; puis brusquement, avant d'éclore, les anneaux se fusionnent et la forme que doit revêtir l'adulte se manifeste (fig. 28).

Chez celui-ci, la fusion est plus ou moins concentrée suivant le groupe considéré. Ainsi chez les Araignées, la segmentation primitive a pres-

que complètement disparu, même sur l'abdomen, tandis que chez les Scorpions l'abdomen est encore très nettement segmenté.

Tout ce que nous avons dit montre que les

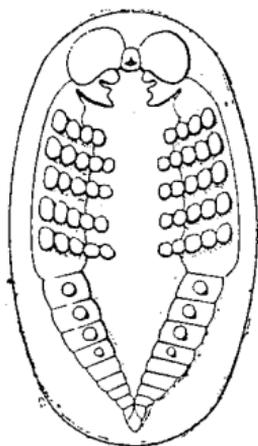


Fig. 28. — Embryon d'*Agelena* (araignée), déroulé et vu par la face ventrale.

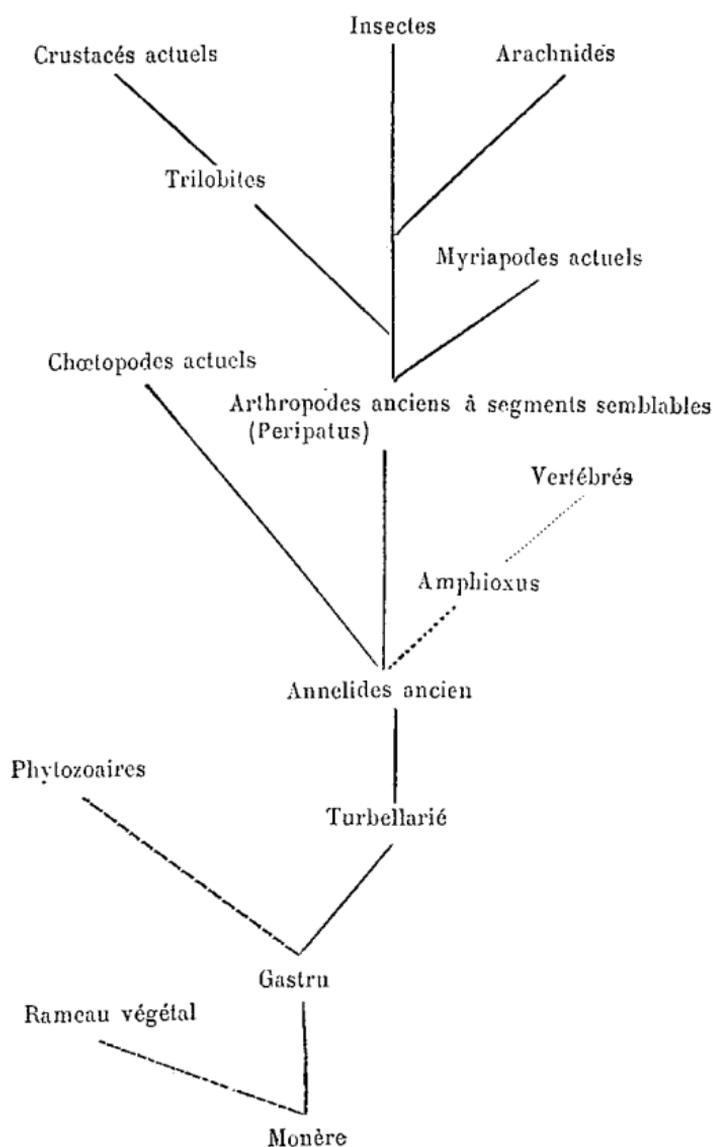
Arthropodes sont des êtres coloniaux et comme tels issus des Annélides, lesquelles à leur tour dérivent des Turbellariés ou Vers formés d'un seul méride. Les Myriapodes sont restés les plus voisins de la souche primitive; les Crustacés s'en sont détachés ensuite. Enfin les Insectes et les Arachnides ont évolué en divergeant et ont acquis un degré de perfection tout à fait remarquable.

Les Insectes surtout, par le développement de leur personnalité, en rapport avec la condensation du système nerveux, par la perfection de leurs organes des sens et du mouvement, par les instincts sociaux de beaucoup d'entre eux, constituent un des types les plus élevés de l'animalité. On peut même dire en un sens qu'ils sont supérieurs aux Mammifères, puisqu'avec un cerveau d'un volume incomparablement moindre ils savent faire des opérations intellectuelles dont la complexité nous étonne.

Les données paléontologiques viennent confirmer ce que nous avait appris l'embryologie. Ce sont en effet des types d'Insectes à métamorphoses incomplètes, qui apparaissent les pre-

miers. Ils ont en même temps une bouche disposée pour broyer. Telles sont les Ephémères et les Libellules du dévonien, les Blattes, les Mantes et les Termites du carbonifère. Beaucoup de ces types anciens sont de très grande taille. Les Insectes plus évolués, à métamorphoses complètes et à trompe disposée pour lécher ou pour sucer, n'apparaissent que dans le jurassique et surtout dans le tertiaire. On en a de fort beaux échantillons ainsi que d'Arachnides et de Myriapodes, datant de cette dernière période : ils ont été englobés dans de la résine qui, en se fossilisant, est devenue l'ambre. Ce mode curieux de conservation a permis d'étudier leur organisation en détail. On conçoit d'ailleurs que les Insectes supérieurs, les Hyménoptères et les Lépidoptères, qui ne se nourrissent que du suc des fleurs, n'aient pu exister aux époques les plus anciennes alors que les plantes à fleurs ou Phanérogames ne s'étaient pas encore développées.

### Tableau généalogique des Vers et des Arthropodes



## CHAPITRE XV

### LES VERTÉBRÉS

Leur type d'organisation et ses modifications. — Leur segmentation primitive : les organes segmentaires — Les premiers poissons : les Sélaciens — Les Dipneustes et les Batraciens. — Les Reptiles, leur double tendance qui a donné naissance aux Oiseaux d'une part, aux Mammifères de l'autre. — Brillant essor de ceux-ci à partir du tertiaire. — Origine de l'homme.

Chez les Artiozoaires dépourvus de vertèbres (Invertébrés), c'est-à-dire chez les Vers et les Arthropodes, le système nerveux central se trouvait, partie au-dessus, partie au-dessous du tube digestif. Chez les Vertébrés, au contraire, il est constitué par un cordon continu situé tout entier d'un même côté du canal digestif et séparé de lui par une tige osseuse ou cartilagineuse appelée *colonne vertébrale*. Les membres sont réduits au nombre de quatre, qui peuvent d'ailleurs être transformés en nageoires, pattes, mains ou ailes, ou bien plus ou moins atrophiés. Le squelette est intérieur au corps et constitué par des pièces nommées os; enfin, les téguments ne portent aucune trace de segmentation.

Tous ces caractères, en même temps qu'un certain nombre d'autres, se retrouvent dans les

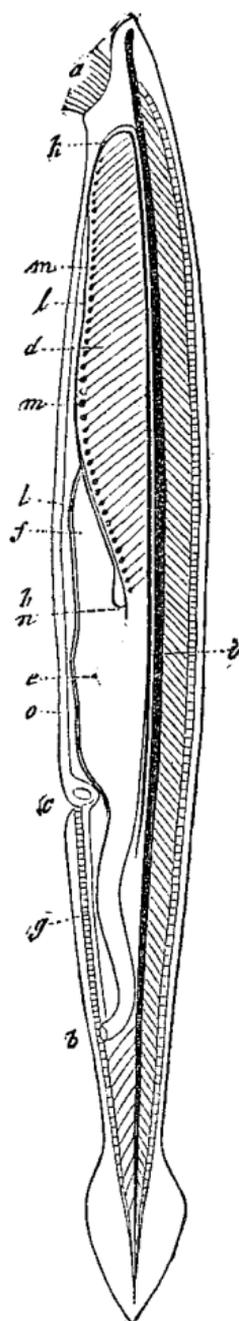
cinq classes de Vertébrés, en vertu de ce principe que, chez les êtres élevés en organisation, les propriétés générales et typiques sont définitivement fixées et la variation ne porte plus que sur des points de détail. C'est ce qu'il est facile d'observer dans les trois groupes supérieurs du monde organique, les Angiospermes, les Arthropodes et les Vertébrés; tandis que, dans les groupes inférieurs, les Cryptogames cellulaires et les Vers, par exemple, la variation porte sur la nature intime de l'être.

On ne se rend pas compte, au premier abord, que les Vertébrés sont des êtres coloniaux comme les autres; et cela surtout si l'on étudie l'un des représentants élevés de la classe, l'Homme par exemple, chez lequel l'unité physique et psychologique paraît si évidente. Nous dirons tout à l'heure quelques mots du problème de la personnalité. Examinons, pour le moment, la constitution physique des Vertébrés. Nous remarquons tout d'abord que la colonne vertébrale est formée d'une succession de pièces nommées vertèbres, placées en série linéaire. Chacune d'elles porte en arrière un arc qui en s'accolant à ses voisins constitue un canal renfermant le système nerveux; celui-ci est donc situé tout entier en arrière du tube digestif. En avant de la colonne vertébrale nous trouvons un autre canal formé par la succession des côtes et dans lequel sont logés tous les viscères. Chez les Oiseaux et les Mammifères, le nombre des côtes est assez restreint. Mais chez les Reptiles et les Poissons le plus grand nombre de vertèbres

partent des côtes. Le corps du Vertébré typique est donc composé d'une succession de mérides ayant pour squelette une vertèbre et sa paire de côtes. A chacun de ces segments primitifs correspondent d'ailleurs encore aujourd'hui des nerfs, des muscles et des vaisseaux qui suivent leur contour. Ces répétitions sont d'autant plus évidentes qu'on étudie les Vertébrés les plus inférieurs.

Les mérides ainsi constitués ont, comme chez les Arthropodes, subi les adaptations les plus diverses. Les antérieurs se sont dilatés et modifiés pour renfermer le cerveau qui prend un développement de plus en plus grand à mesure qu'on remonte la série. C'est à Goethe et à Oken que revient l'honneur d'avoir découvert que le crâne n'est formé que d'une réunion de vertèbres plus ou moins transformées. D'autres vertèbres, celles du cou des Mammifères et des Oiseaux, par exemple, ont perdu leurs arcs antérieurs ou côtes. D'autres se sont atrophiées et réduites à l'état d'appendice caudal.

Qu'à l'extérieur les téguments des Vertébrés aient perdu toute trace de leur segmentation primitive, il n'y a pas lieu de s'en étonner, si l'on considère qu'ils sont mous et que c'est dans les parties dures surtout — les os des Vertébrés ou la carapace des Articulés — que peuvent s'imprimer les traces des états antérieurs. Les organes internes sont fusionnés chez le Vertébré adulte; mais il en est de même chez l'Insecte, cet être si éminemment segmentaire. Nous allons du reste trouver dans l'embryologie une magnifique coa-



firmation de la théorie coloniale et en même temps une indication précieuse sur la généalogie des Vertébrés. Nous avons dit (V.p. 101) que le rein n'apparaît pas chez l'embryon avec sa forme définitive. On trouve d'abord d'un bout à l'autre du corps une série de canaux qui s'ouvrent par paires dans chaque méridien, au moyen d'un pavillon cilié et vont déboucher isolément à l'extérieur. Ce rein primitif est de tous points comparable à ce qu'on a appelé les *organes segmentaires* des Vers. Mais bientôt il se forme un canal d'élimination unique dans lequel viennent déboucher tous les tubes à pavillon. Ce stade, par lequel passent tous les Vertébrés, est définitif chez un être bien curieux, d'apparence vermiforme, l'*Amphioxus lanceolatus* (fig. 29). Cet animal, pourvu d'une

Fig. 29. — *Amphioxus lanceolatus*, grossi deux fois et demi. *a*, bouche entourée de cirres; *b*, anus; *c*, pore branchial; *d*, sac branchial; *e*, portion gastrique de l'intestin; *f*, cul-de-sac; *g*, intestin terminal; *h*, cavité générale du corps;

*i*, corde dorsale et au-dessous l'aorte; *k*, arcs aortiques; *l*, cœur aortique; *m*, renflement des artères branchiales; *n*, cœur de la veine cave; *o*, cœur de la veine porte.

colonne vertébrale rudimentaire, ou corde dorsale, mais sans crâne distinct, paraît bien représenter un des stades parcourus par les Vertébrés, lorsqu'ils se sont séparés des Vers.

Nous n'insisterons pas sur les modifications que subit le rein primitif pour se transformer en un autre organe déjà bien moins nettement segmentaire, qui constitue le rein définitif des Poissons. Celui-ci disparaît à son tour, chez les Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères, pour faire place à un rein définitif constitué tout différemment. Certaines parties des reins primitifs persistent soit à l'état d'organes rudimentaires, soit à celui d'annexes des organes génitaux. Il nous suffira d'avoir montré que des organes massifs peuvent avoir été précédés, au cours de l'évolution, par des organes disposés d'une façon nettement segmentaire, et que, par la constitution de leur rein primitif, les Vertébrés se rattachent entièrement aux Vers. Cette formation successive de trois organes rénaux, dont les deux premiers sont destinés à disparaître chez les Vertébrés supérieurs avant d'avoir servi, est du reste parfaitement inexplicable en dehors de la doctrine de l'évolution.

Il n'y a pas lieu d'être surpris si l'embryogénie des Vertébrés ne nous fournit pas de preuves plus nombreuses de leur généalogie. Forcée de constituer un organisme très complexe, l'évolution embryonnaire n'a plus le temps de s'arrêter à retracer les phases diverses parcourues par la ligne ancestrale. Elle saute des chapitres entiers de cette histoire, elle écourte les autres ; mais

le peu qui en reste suffit pour nous donner les vues les plus claires sur l'origine des espèces et l'unité de composition du règne animal. Les stades morula et gastrula sont communs à tous les animaux. Dans tous, malgré la fusion intime des membres de la colonie, on retrouve des cellules vivant à l'état de liberté, les spermatozoïdes et les leucocytes par exemple.

Enfin chez les Vertébrés il n'y a plus en général de phase larvaire. L'évolution de l'embryon se fait tout entière à l'intérieur de l'œuf et parfois même (Mammifères) à l'intérieur du ventre de la mère, ce qui rend l'observation de ces différentes phases très difficile.

Les Vertébrés ont dû se détacher des Vers à une époque très reculée, puisqu'on trouve des Poissons dès le début des temps primaires. Rares dans le silurien, ils prennent un développement extraordinaire pendant la période dévonienne. Ils ont débuté par des formes à squelette cartilagineux, à queue à un seul lobe situé dans le prolongement du corps, à fentes branchiales disposées en séries. Ces Poissons primitifs ont donné naissance d'une part aux Sélaciens actuels qui ont conservé leurs caractères, d'autre part aux Poissons osseux qui, par leur queue bifurquée, la forme de leur corps, par leurs nageoires et leur fente branchiale unique de chaque côté, sont définitivement adaptés à la vie aquatique.

Mais les Sélaciens, qu'on peut considérer comme les moins Poissons d'entre les Poissons,

manifestent dès le début une tendance dans une toute autre direction. On trouve dans le dévonien d'Ecosse de curieux Poissons, qui, par la forme de leurs dents et par leurs nageoires pouvant servir à la marche sur un sol vaseux, se rapprochent beaucoup des Dipneustes. Cette famille, réduite actuellement à deux genres localisés dans l'hémisphère austral, est caractérisée par la présence simultanée de branchies et de poumons, ces derniers constitués par une modification de la vessie natatoire. Grâce à cette disposition, les Dipneustes actuels peuvent vivre aussi bien hors de l'eau que dans l'eau et ils supportent sans inconvénient le desséchement périodique des lacs où ils habitent.

C'est évidemment des Dipneustes dévoniens que procèdent les Vertébrés terrestres. Ceux-ci apparaissent dès le carbonifère, mais ne deviennent nombreux que pendant le permien. Ce sont des Batraciens, qui rappellent par leur forme nos Salamandres actuelles. Remarquons combien là encore la paléontologie s'accorde avec les données de l'embryogénie. Les premiers Vertébrés terrestres qui apparaissent sont des Batraciens. Or ce sont précisément les Batraciens qui parmi les Vertébrés terrestres actuels se rapprochent le plus des Poissons. Ils ont une phase de larve ou de têtard, pendant laquelle ils sont pourvus de branchies et nagent dans l'eau à la façon d'un petit Poisson. Certains, les Tritons, s'arrêtent à cette phase. Chez les autres, les branchies se résorbent, des poumons apparaissent et le jeune animal sort de l'eau. Chez quelques-uns la forme

du corps reste allongée : telles sont les Salamandres. Chez d'autres, qui n'apparaissent que bien plus tard dans les couches géologiques, la queue se résorbe et les pattes postérieures prennent un grand développement : ce sont les Grenouilles et les Crapauds.

On peut se demander pourquoi des êtres primitivement aquatiques ont pris l'habitude de vivre à terre. Une curieuse expérience rapportée par M. Houssay (*la Forme et la Vie*, p. 809) peut jusqu'à un certain point rendre compte de ce fait. Si on place des Grenouilles dans de l'eau privée d'air, elles résistent si la température est basse, meurent au contraire si elle s'élève. Dès lors on comprend que les êtres des rivages, vivant dans des eaux plus chaudes et moins aérées, aient pris l'habitude de puiser de l'air dans l'atmosphère. D'autre part, la différence entre les animaux terrestres et aquatiques n'est pas si grande qu'on pourrait se l'imaginer. Chez les premiers tous les liquides de l'organisme contiennent du chlorure de sodium : le milieu intérieur où baignent toutes les cellules du corps est donc salé et l'on peut dire que le Vertébré terrestre reste essentiellement ce qu'a été l'Invertébré marin : une colonie de cellules marines. Chez ce dernier en effet, d'après les travaux de Quinon (C. R. Acad. des sciences, 1900), le milieu intérieur est constitué par l'eau de mer qui pénètre dans l'organisme, soit directement, soit par osmose.

Une transition tout à fait insensible conduit

des premiers Batraciens, qui étaient de grande taille et couverts d'écaillés, aux Reptiles. Ceux-ci apparaissent pendant le permien, et prennent un énorme développement pendant toute la durée des temps secondaires. Dans toute cette immense période, ils jouiront sans partage de l'empire des terres et même partiellement de celui des eaux, car un certain nombre de formes, l'Ichthyosaure et le Plésiosaure, par exemple, subiront une évolution régressive et, quoique pourvus de poumons, mèneront une vie aquatique. C'est là un de ces phénomènes de retour dont l'histoire des êtres vivants nous offre maints exemples.

Nous ne pouvons insister sur l'immense variété de formes qu'ont présentée les Reptiles secondaires. Le plus grand nombre de ces types étranges et souvent gigantesques s'est éteint sans laisser de postérité, ce qui tient justement à ce qu'ils étaient trop spécialisés et n'ont pu résister aux changements qui se sont produits dans le milieu. D'autres ont réussi à s'y adapter, sans cesser d'être Reptiles : ils ont donné naissance aux Reptiles actuels, groupe bien réduit. Rappelons que, chez certains de ceux-ci, les Serpents, les pattes ont fini par disparaître. C'est encore là un exemple d'évolution régressive ; car les Serpents ont pour ancêtres des animaux pourvus de pattes, et certains d'entre eux portent même encore des pattes rudimentaires.

Chez d'autres Reptiles, nous voyons deux tendances différentes se faire jour. Les Ptéro-

dactyles du jurassique avaient le doigt externe du membre antérieur extrêmement développé. De ce doigt au membre postérieur s'étendait



Fig. 30. — *Archæopteryx lithographica* des schistes jurassiques de Solenhofen.

une membrane qui leur permettait de voler à la façon des chauves-souris. Ce groupe s'est éteint de bonne heure. Mais l'*Archéoptéryx* (fig. 30) nous fournit la transition réelle entre les Reptiles et les Oiseaux. Cet être remarquable avait un bec d'oiseau mais pourvu de dents, des ailes emplumées dont les doigts portaient des

griffes, une queue analogue à celle d'un lézard et formée de 40 vertèbres. Il présente en somme un curieux mélange des caractères des Reptiles et des Oiseaux, et doit être considéré comme la souche dont ces derniers sont sortis. Cette hypothèse est confirmée par l'embryologie ; car un certain nombre des caractères de l'Archéoptéryx se retrouvent chez l'embryon des Oiseaux actuels. D'autre part, les Oiseaux du créacé ont encore des dents à l'état adulte. Enfin les Autruches, avec leurs ailes impropres au vol et leurs vertèbres caudales relativement développées, nous ramènent à un stade encore inférieur à l'Archéoptéryx, celui où les grands Dinosauriens jurassiques à membres antérieurs réduits, os creux comme ceux des Oiseaux, s'essayaient à la marche bipède.

Certains types archaïques paraissent faire le passage direct des Dinosauriens, dont les membres antérieurs se sont atrophiés sans avoir jamais servi au vol, aux Oiseaux coureurs (Autruche, Nandou). Tels sont le *Dinornis* et le Dronte qui se sont éteints le premier à la Nouvelle-Zélande, le second à l'île Maurice, à une époque toute moderne. L'Apteryx de la Nouvelle-Zélande est du reste aussi en voie d'extinction. Tous ces types mal adaptés ne peuvent soutenir la concurrence avec les formes plus parfaites et plus modernes, c'est-à-dire avec les Oiseaux véritables. Leur destruction a été hâtée par l'action néfaste de l'homme.

Mais, d'un autre côté, parmi les multitudes de

Reptiles qui peuplaient la terre pendant les temps secondaires, certains ont montré des tendances toutes particulières. Leurs quatre membres se sont perfectionnés pour la marche, leur squelette a gagné en grâce ce qu'il perdait en énormité, leur lourde armure cutanée s'est allégée, enfin leur système dentaire s'est à la fois simplifié et perfectionné. Au lieu de dents nombreuses et toutes semblables entre elles, comme en ont les Poissons et les Reptiles actuels, ils n'ont plus qu'un nombre limité de dents, insérées dans de véritables alvéoles et qu'on peut distinguer en incisives, canines et molaires. Tels sont les Reptiles Théromorphes, décrits par Copé dans le trias.

Au Jurassique un nouveau progrès est accompli : les Reptiles jouissent encore dans la faune d'une suprématie incontestée, mais à côté d'eux on trouve des Mammifères véritables. Ce passage a dû s'accomplir par une transition insensible. Il a suffi que chez certains Théromorphes le moment de l'expulsion de l'œuf soit de plus en plus retardé, pour qu'on arrive graduellement à la viviparité caractéristique des Mammifères. Rappelons en passant qu'il y a encore actuellement des Reptiles qui mettent au monde des petits vivants, et que, chez les Poissons cartilagineux, les embryons reçoivent par diffusion des matières nutritives fournies par les parois utérines de la mère.

Les premiers apparus parmi les Mammifères étaient des Marsupiaux, c'est-à-dire des animaux chez lesquels le fœtus est expulsé à un stade

encore peu avancé de son développement et achève de grandir dans une poche située sur le ventre de la mère, où se trouvent également les mamelles. Les Marsupiaux ne doivent pas être considérés comme une famille analogue à celles des Carnassiers, des Ruminants, etc., mais bien comme un groupe naturel d'importance égale à celle des Mammifères véritables. Comme ceux-ci il renferme des insectivores, des rongeurs, des édentés, des carnivores, des herbivores, etc., qui ont donné naissance directement aux familles correspondantes des Mammifères. Ce type primitif n'a pu, en effet, persister qu'en Australie. Partout ailleurs il s'est transformé en Mammifères véritables, chez lesquels le fœtus n'est expulsé que lorsque son développement est à peu près achevé.

Mais l'Australie, cette terre où, grâce à l'absence de concurrence, un certain nombre de formes anciennes ont pu se maintenir, nous offre encore un type moins évolué que les Marsupiaux; c'est celui des Monotrèmes (Ornithorhynque, Échidné). Ce sont des quadrupèdes pourvus d'un bec, et chez qui, comme chez les Oiseaux, le rectum et les orifices des conduits génitaux et urinaires sont réunis pour former un cloaque. Les petits naissent à un état de développement encore inférieur à celui des Marsupiaux. Ces animaux remarquables doivent être considérés comme une branche collatérale détachée du tronc des Théromorphes en même temps que les Marsupiaux et ayant suivi une évolution particulière.

Les Mammifères ont eu leur maximum de développement pendant la période tertiaire. C'est à cette époque qu'ils ont présenté des formes géantes, de nombreuses espèces d'Éléphants, de Rhinocéros, d'Édentés, etc. La plupart d'entre elles ne purent survivre aux modifications climatiques qui accompagnèrent la fin de la période, et c'est parmi des formes plus modestes qu'il faut chercher les ancêtres des espèces actuelles. Celles-ci prirent, pendant le quaternaire, le développement relatif et la distribution qu'elles présentent encore de nos jours.

Quant à l'homme (1), on n'a de preuves certaines de son existence que depuis l'époque quaternaire. Auparavant il n'était représenté que par des êtres encore peu spécialisés, analogues au *Pithecanthropus* trouvé récemment par Dubois dans le tertiaire de Java. C'est évidemment l'une de ces formes qui a donné naissance d'une part aux Singes adaptés à la vie arboricole, d'autre part à l'Homme, caractérisé par la station bipède. Nous ne descendons donc pas « du Singe », comme on a l'habitude de le dire, mais nous avons des ancêtres communs avec le Singe. D'ailleurs l'anatomie et l'embryologie font remonter notre généalogie encore bien plus haut: nous avons des organes rudimentaires qui rappellent les Marsupiaux; notre embryon porte, à un stade de son développement, des fentes branchiales analogues à celles des Poissons sé-

(1) Voir E. Haeckel. *Etat actuel de nos connaissances sur l'origine de l'homme*. Paris, 1900.

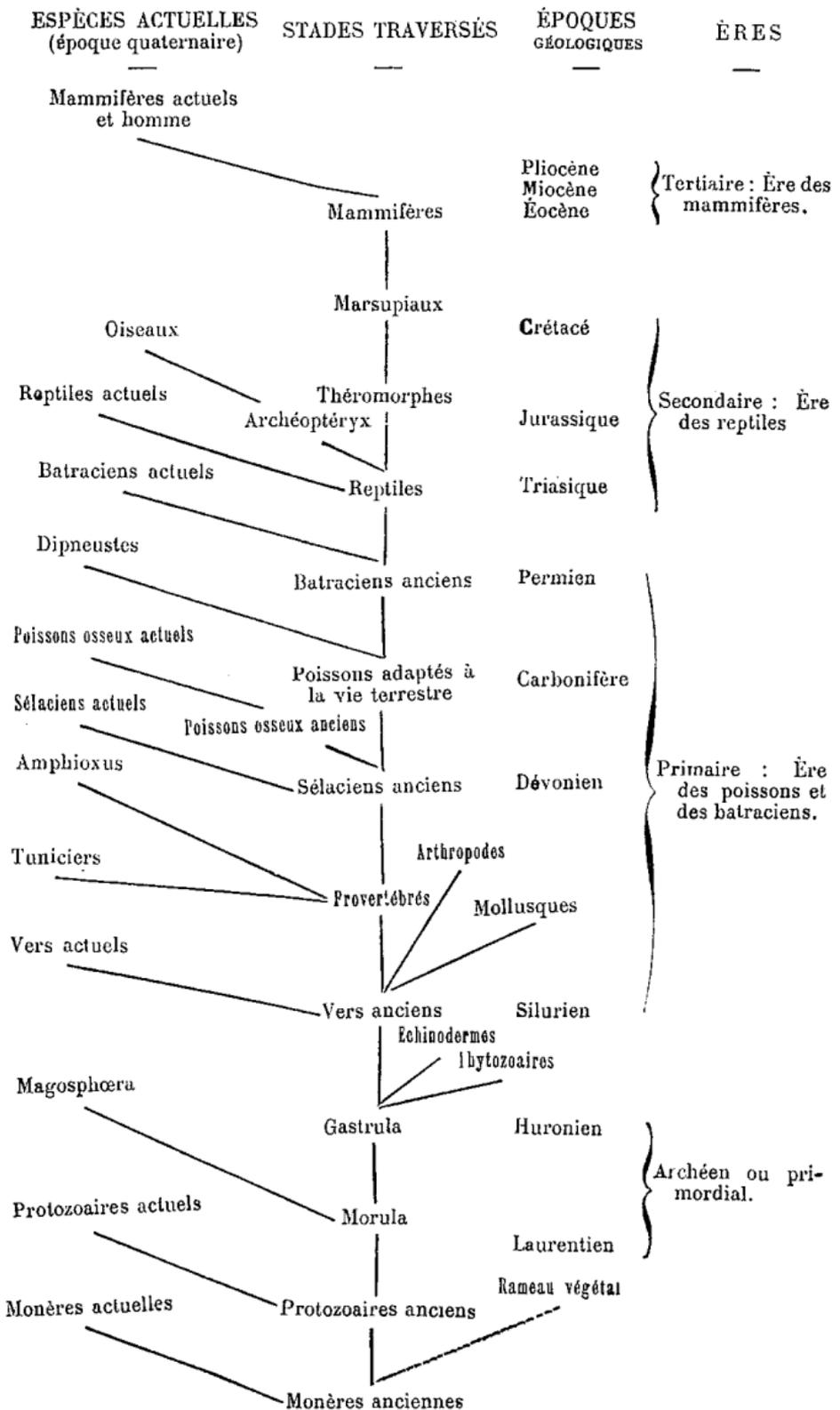
laciens; il commence par avoir des organes segmentaires de Ver, et le rein des Poissons laisse des traces nombreuses dans notre organisation. Enfin tout au début du développement on trouve une morula et une gastrula, comme chez tous les animaux, et un ovule qui correspond à un Protozoaire (voir p. 163).

Ce qui distingue l'homme des autres animaux, dit-on, c'est l'énorme développement de son cerveau et par suite de son intelligence. C'est vrai, mais il n'y a également là qu'une différence de degré analogue à ce que nous avons vu lorsque nous avons passé du Ver à l'Insecte. De même que chez celui-ci il y avait une centralisation progressive du système nerveux, de même lorsqu'on compare les Mammifères aux Reptiles, on voit que leur cerveau est proportionnellement bien plus développé et cette différence ne fait que s'accroître au cours des âges. Si les Reptiles jurassiques nous étonnent par leur masse, les Mammifères, dépourvus de cuirasse, et de taille relativement faible, n'ont pu réussir dans la lutte pour la vie que grâce au développement et à la souplesse de leur intelligence. Ils ont survécu alors que les grands Reptiles s'éteignaient tour à tour. Parmi ces « intellectuels » du monde organique, l'Homme n'est en somme que le plus cérébral de tous. Moins bien armé physiquement il a dû s'adapter à la vie psychique, comme d'autres s'adaptaient à la course, au vol, et perfectionnaient leurs divers instruments d'attaque ou de défense.

Dans le tableau ci-dessous, la première co-

lonne à gauche contient les espèces actuelles qui correspondent aux divers stades traversés au cours de l'évolution. La seconde colonne renferme les représentants fossiles de ces stades ; chacun est situé en face du nom de l'époque géologique où il a eu son développement maximum. Les branches dirigées vers la droite indiquent les groupes collatéraux qui n'ont pris aucune part à l'évolution des Vertébrés, mais qui se sont détachés du même tronc à divers niveaux. La troisième et la quatrième colonne représentent les époques géologiques. Sauf pour l'Archéen, qui n'a pas encore fourni de documents sur la marche de l'évolution, et pour le Quaternaire rejeté tout entier dans la première colonne, l'écartement des noms des ères géologiques correspond à leur durée relative. Je rappelle (voir p. 97) que la durée de l'Archéen est plus longue que celle de toutes les autres époques réunies et que le Quaternaire représente un intervalle de temps au moins dix fois plus court que le Tertiaire. Ces faits peuvent donner une idée de l'énormité des temps géologiques par rapport à nos chronologies humaines.

# Arbre généalogique des Vertébrés



## CHAPITRE XVI

### LES GROUPES ABERRANTS

Les Mollusques, les Tuniciers et les Echinodermes. —  
L'évolution régressive et le parasitisme.

Afin de ne pas couper la marche de notre récit nous avons dû, comme pour le règne végétal, laisser de côté un certain nombre de groupes d'animaux qui ont évolué dans un sens spécial. Il est temps de revenir en arrière et de dire quelques mots des principaux d'entre eux. Nous trouvons d'abord les Mollusques, qui se divisent en 3 classes : Céphalopodes ou Poulpes, Gastéropodes dont le type est l'Escargot, et Lamelli-branches (Huître, Moule, etc.). Les animaux appartenant à l'une quelconque de ces classes paraissent simples à première vue : ni leur corps ni leur coquille ne présente, en effet, trace de segmentation. Mais lorsqu'on étudie leur système nerveux, cet appareil qui, selon le mot de Cuvier, « non seulement fait de l'être un animal, mais encore établit le degré de son animalité », on constate qu'il est construit sur le type de celui des Vers annelés, c'est-à-dire constitué par un collier œsophagien et une chaîne de ganglions ventraux. La seule différence, c'est que celle-ci

est très courte et ne comporte qu'un nombre restreint de ganglions. D'autre part, les Mollusques naissent sous la forme d'une larve ciliée tout à fait analogue à celle des Annélides. Ainsi l'anatomie et l'embryologie s'accordent pour nous montrer dans les Mollusques des colonies linéaires issues des Vers, mais modifiées par un genre de vie tout spécial. Ces animaux apparaissent dès l'époque silurienne et ont vraiment possédé l'empire des mers, pendant toute la durée des temps primaires, alors que les Poissons n'étaient encore que peu développés. Une de leurs formes les plus remarquables se trouve dans ces belles Ammonites, qui appartiennent à la classe des Céphalopodes, ont atteint leur apogée pendant le jurassique et se sont éteintes au cours du crétacé.

Les Brachiopodes, qui sont également apparus de très bonne heure, se distinguent des Mollusques par la situation de leur coquille, dont les valves sont ventrale et dorsale, et non plus situées à droite et à gauche du corps. Leur larve a trois segments très nets. Cette famille n'est plus représentée actuellement que par les Lingatules.

Près des Mollusques, on peut placer d'autres animaux bien curieux, les Tuniciers ou Ascidiens. D'une organisation assez complexe pendant leur jeunesse, pourvus même d'une moëlle épinière et d'un rudiment de colonne vertébrale, ils se dégradent en vieillissant, se fixent sur le fond de la mer ou bien s'agrègent et vivent à la façon des Mollusques ou des colonies ramifiées d'Hydriaires. Ce sont, en un mot, des Proverté-

brés qui, au lieu de se perfectionner pour donner lieu à des Vertébrés véritables, ont subi une évolution régressive due à leur genre de vie tout à fait végétatif.

Les Echinodermes, qui comprennent les Oursins, les Holothuries, les Ophiures et les Etoiles de mer, sont un autre exemple d'animaux ayant suivi un mode d'évolution particulier. On peut les considérer comme formés par un individu central, sur lequel viennent bourgeonner des individus généralement au nombre de cinq, qui constituent les bras des Astéries ou les zones ambulacraires des Oursins. La larve correspond à l'individu central seul. Quant aux membres de la colonie qui naissent plus tard autour de lui, ils assument en général les fonctions de reproduction et deviennent aussi des organes de mouvement. Il y a donc là quelque chose de tout à fait analogue à ce que nous avons rencontré chez les Hydrires ; mais si nous connaissons la forme simple, l'Hydre, d'où dérivent ceux-ci, l'animal qui a donné naissance aux Echinodermes nous est encore inconnu. Quoi qu'il en soit, ces derniers apparaissent dès les périodes géologiques les plus reculées : les plus anciens sont les Cystides, qui n'ont pas de membres et sont réduits au disque central ; ils n'ont plus de représentants de nos jours. Les Crinoïdes, constitués par une tige articulée portant de longs bras ramifiés, couvraient le fond des mers anciennes d'une véritable flore animale. Leur abondance était telle qu'ils ont pu constituer, presque à eux seuls, des couches de calcaire puissantes. Ce n'a pas

été un des moindres étonnements suscités par les dragages sous-marins que de voir quelques-unes de ces formes, qu'on croyait définitivement éteintes, persister dans les mers profondes. Ce fait doit être attribué à ce que, dans ces régions que les mouvements des tempêtes effleurent à peine, que n'atteignent pas les variations de la température extérieure, où le soleil n'envoie plus que de faibles rayons, la vie a pu échapper aux modifications profondes que lui ont incessamment imprimées les conditions si variables de la surface.

D'autres groupes aberrants sont ceux qui, après s'être élevés à un certain niveau organique, sont retournés à un état que leurs ancêtres immédiats avaient abandonné depuis longtemps. Nous avons déjà cité l'exemple des Serpents qui ont perdu leurs pattes et sont revenus à la marche rampante. Des Mammifères, adaptés à la vie terrestre, sont retournés dans le milieu aqueux et y ont subi des modifications plus ou moins profondes, tout en conservant leurs poumons : tels sont les Pinnipèdes (Phoques et Morses) et les Cétacés (Baleines, Cachalots, etc.). Les premiers ne sont que des carnassiers marins et se rattachent aux carnassiers véritables par l'intermédiaire des Loutres. Quant aux affinités véritables des seconds elles sont plus problématiques ; peut-être même descendent-ils directement des Reptiles nageurs du jurassique. Ce qui tendrait à le prouver, c'est qu'on a trouvé des Ichthyosaures renfermant le squelette d'in-

dividus embryonnaires. Il y avait donc une tendance à la viviparité chez ces Reptiles.

D'autres Mammifères, comme les Chauves-Souris, ont, au contraire, imité les Reptiles ptérodactyles du jurassique. Mais il est peu probable qu'ils en descendent directement. En effet, 4 doigts de leurs membres antérieurs se sont allongés démesurément et ont servi de support à une membrane qui leur a permis de voler comme des Oiseaux; seul le pouce reste libre. Au contraire chez les Ptérodactyles, la membrane alaire n'était soutenue que par le cinquième doigt extrêmement long.

Parmi les Oiseaux, en revanche, il y en a dont les ailes se sont atrophiées, et se sont même transformées en nageoires, comme chez les Manchots et les Pingouins. Nous voyons d'autre part des Mammifères chez lesquels les poils se sont transformés en aiguillons comme chez le Hérisson et le Porc-épic, en écailles comme chez le Pangolin ou même en cornes comme chez le Rhinocéros. Enfin, il faudrait étudier le mimétisme, cette adaptation bizarre grâce à laquelle un animal imite par sa forme ou sa couleur le milieu où il est destiné à vivre ou bien une autre espèce qui doit lui servir de proie ou qui, mieux armée que lui pour la lutte, inspire aux bêtes de proie une crainte dont sa ressemblance lui permettra de profiter. Le mimétisme, très répandu dans la nature, a donné lieu aux anomalies les plus curieuses. Leur énumération seule nous entraînerait trop loin. Ce que nous avons dit suffit pour montrer que, de quelque

côté que nous portions nos yeux, nous voyons l'infinie plasticité de la matière vivante qui lui a permis de s'adapter aux conditions les plus diverses.

Ce phénomène se manifeste encore quand on étudie les organismes dégradés par le parasitisme. Nous trouvons parmi les Vers, toute une série parallèle à celle que nous avons étudiée précédemment. Les Trématodes correspondent aux Turbellariés et sont comme eux formés d'un seul méride. Les Cestoïdes, dont le tœnia est le type, sont au contraire des colonies linéaires et, grâce même au parasitisme, qui a empêché les modifications subséquentes, leur constitution coloniale est restée des plus nettes. De l'œuf sort un être qui correspond à ce qu'on appelle la tête du Ver solitaire. A l'extrémité postérieure de celle-ci naissent par bourgeonnement des anneaux successifs, dont l'organisation individuelle répond à celle des Trématodes. Les œufs qu'ils produisent donnent naissance à une nouvelle génération asexuée ou tête.

Mais, comme chez les plantes, le parasitisme a également dégradé des animaux très élevés en organisation. Les Crustacés nous en offrent de nombreux exemples. L'un des plus remarquables est celui des Sacculines, qui naissent à l'état de Nauplius comme les autres Crustacés. Après avoir nagé pendant leur jeunesse, elles se fixent sur le corps d'un Crabe, perdent leurs membres, enfoncent dans le corps de leur victime des sortes de suçoirs en forme de racines et finissent

par se réduire à un simple sac bondé d'œufs. A remarquer cette hyperthrophie des organes reproducteurs qui correspond à l'atrophie des organes végétatifs et de ceux du mouvement. C'est là un fait de balancement organique, tout à fait général chez les parasites de tout ordre. Il a pour effet de faciliter la perpétuation de l'espèce, malgré la difficulté qu'éprouve chaque embryon pour rencontrer l'hôte qui lui est indispensable. Il faut rapprocher des Crustacés parasites, les Cirrhipèdes qui mènent également une vie fixée à l'état adulte et subissent de remarquables régressions.

Parmi les Insectes, nous en rencontrons également qui, libres dans le jeune âge, ne s'adonnent au parasitisme que plus tard. D'autres bien plus nombreux sont parasites dans leur jeunesse seulement; telles sont les larves, qui vivent dans d'autres insectes ou dans des végétaux. D'autres enfin, comme le phylloxéra, sont parasites aux divers stades de leur existence. Il faudrait un volume pour décrire les diverses modalités que peut revêtir le parasitisme. Remarquons seulement que, très commun dans des groupes élevés comme les Insectes et les Crustacés, il est à peu près inconnu chez certains êtres inférieurs, comme les Mollusques, les Echinodermes et les Hydriaires. Il est très rare également chez les Vertébrés. Les causes qui ont porté certaines classes d'animaux plutôt que d'autres à s'adapter à la vie parasitaire nous sont encore inconnues.

## CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Marche générale de l'évolution. — Unité de la vie. — Le problème de la personnalité et l'évolution psychique. — L'instinct et l'intelligence. — Coup d'œil sur l'avenir. — Place et rôle de l'homme dans la nature.

Nous avons vu que la vie a pour base constante une substance chimique nommée protoplasma, qui ne peut exister qu'en masses d'un volume très limité, appelées cellules ou plastides. Ceux-ci s'agrègent pour former des organismes complexes. Mais, presque dès le début, ils présentent deux tendances opposées. Chez les uns les fonctions de nutrition se perfectionnent et deviennent pour ainsi dire automatiques, de façon à pouvoir se passer de l'intervention d'une volonté active. Les plastides ainsi constitués, qui sont isolés du monde extérieur par une épaisse membrane de cellulose, donnent naissance au règne végétal. Chez d'autres, au contraire, la conscience que nous avons vue inhérente à toute matière vivante prend un développement de plus en plus grand et une bonne partie des fonctions de l'être restent sous sa dépendance immédiate. C'est de ces plastides qu'est issu le règne animal.

Les premières colonies que nous avons étu-

diées, la *Magosphæra* et le *Volvox* par exemple, sont encore composées de plastides tous semblables entre eux qui peuvent se séparer pour vivre isolément; chacun possède en lui-même tout ce qui lui est nécessaire pour vivre. Au contraire, dans les colonies plus élevées en organisation, la division du travail s'est établie, les plastides constituent des tissus et des organes, dont chacun remplit une fonction déterminée. Par suite ces plastides ne peuvent plus vivre isolément; ils meurent dès qu'ils sont séparés de l'organisme dont ils font partie: ils sont *in-complets*, comme le dit M. Le Dantec. Les éléments sexuels, destinés à perpétuer l'organisme, sont seuls capables de vivre en dehors de celui-ci et encore n'est-ce qu'à condition de se compléter l'un par l'autre dans l'acte de la fécondation.

Il se passe dans les organismes coloniaux quelque chose de tout à fait analogue à ce qu'on voit dans les sociétés humaines. Celles-ci sont composées d'individus réunis originairement en familles. Ils correspondent aux plastides et sont, au début, capables de se suffire à eux-mêmes. Dans les sociétés plus civilisées, chacun d'eux assure une fonction spéciale et a besoin, pour vivre, du secours de tous les autres. En même temps les groupes familiaux primitifs se dissocient et leurs membres se réunissent en groupements nouveaux, véritables *organes* sociaux: le corps médical, l'armée, la magistrature, le commerce, l'industrie etc., subdivisés eux-mêmes à l'infini. C'est pareillement que, dans les organismes les plus élevés, les mérides primitifs se

sont effacés pour faire place à des associations d'un tout autre ordre : les systèmes (circulatoire, nerveux, musculaire, etc.) et les organes (reproducteur, glandulaires, de nutrition, de mouvement, etc.).

Nous croyons avoir suffisamment montré, au cours de cet ouvrage, que *la vie est une* et que les deux règnes organiques confondus à leurs débuts ont évolué ensuite en divergeant. Dans chacun d'eux se sont presque aussitôt fait sentir les diverses tendances qui devaient donner naissance aux organismes les plus élevés. Mais cette évolution n'a pu se faire que par des tâtonnements répétés. Partout nous voyons des tentatives en divers sens avorter, ou bien des groupes d'animaux et de végétaux arrivés à un haut degré de perfection s'éteindre parce que les conditions de milieu qui avaient permis leur développement se sont modifiées, ou encore s'adapter à la vie parasitaire et subir une régression plus ou moins marquée. De même que dans l'évolution individuelle la nature permet la création d'un nombre infini de germes dont la grande majorité est destinée à périr, de même, dans celle des espèces, elle a appelé beaucoup d'êtres à la vie et n'en a élu que bien peu pour en faire la souche des espèces supérieures. D'autre part, il semble qu'elle n'ait pas eu toujours en vue l'utilité seule dans les modifications qu'elle imprimait aux êtres : après leur avoir donné tout ce qui pouvait les aider dans le combat pour la vie, elle s'est appliquée à les orner.

Si les parures de l'insecte et de la fleur peuvent à la rigueur s'expliquer par la sélection naturelle et les besoins de la reproduction, il n'en est pas de même des fines sculptures et des couleurs merveilleuses dont s'ornent certains animaux marins et qui ne peuvent leur être d'aucune utilité. Il semble donc qu'outre la tendance au mieux matériel, il y ait, dans la nature, une sorte d'esthétique.

Nous savons que la vie consciente est inhérente à tout protoplasma, et qu'elle existe à un certain degré chez les Végétaux aussi bien que chez les Animaux. C'est elle qui détermine l'évolution des deux règnes et leur perfectionnement progressif. Car si les êtres, même les plus infimes, n'avaient pas conscience de leur situation présente, on ne comprendrait pas pourquoi ils tendent sans cesse à l'améliorer. Mais alors nous nous trouvons en face d'un autre problème ; si chaque cellule a sa conscience particulière, comment se fait-il que dans un vaste agrégat cellulaire, l'homme par exemple, la conscience paraisse unique, qu'il y ait en un mot pour l'ensemble une seule *personnalité* ? On peut penser que les plastides du corps ont délégué à quelques-uns d'entre eux, ceux du système nerveux central, leurs fonctions psychiques, comme ils ont délégué à d'autres systèmes cellulaires une partie de leurs autres fonctions. D'ailleurs, même chez l'homme, la conscience n'est pas absolument unique, comme nous l'apprennent les phénomènes de subconscience et de dédoublement de la personnalité. Outre le cerveau

qui, avec ses centres d'association, représente le véritable « organe de l'âme » les centres secondaires du bulbe et de la moëlle épinière fonctionnent aussi et donnent lieu à des « subconsciencés », restes des âmes (1) des mérides primitifs. D'ordinaire perdues et comme noyées dans le rayonnement de l'âme principale, elles peuvent cependant arriver dans certaines circonstances au premier plan. Il doit en être de même à un bien plus haut degré chez les Vertébrés inférieurs, où le cerveau est moins grand par rapport à la moëlle, et bien plus encore chez les Arthropodes et surtout chez les Vers où les centres secondaires ont conservé une grande partie de leur importance. Aussi ne faut-il pas s'étonner qu'un certain nombre de ces derniers puissent continuer à vivre après avoir été coupés en deux. Cela tient tout simplement à l'absence de centralisation chez ces êtres dont les mérides sont restés plus ou moins indépendants. La propriété qu'ont la plupart des végétaux de pouvoir être reproduits par boutures est un phénomène de même ordre.

Si nous envisageons l'évolution psychique à un point de vue tout à fait général, nous constatons que, dans ses grands traits, elle a été parallèle à l'évolution des organismes, dont elle n'est du reste qu'un aspect. Dès le début nous voyons une scission se produire : chez le végétal la

(1) Il va sans dire que nous ne prenons le mot d'âme que comme expression des phénomènes conscients quels qu'ils soient et non comme la désignation d'une entité immatérielle dont rien ne nous permet de supposer l'existence.

conscience s'atrophie, la personnalité n'arrive pas à se développer, mais en revanche l'organisme s'adapte d'une façon adéquate au milieu. Il puise ses aliments sans peines et sans efforts dans le milieu minéral lui-même. L'animal au contraire suit une voie toute différente : moins adapté au milieu il est forcé de chercher sa pâture, de poursuivre sa proie. Sa vie est une lutte permanente; aussi ses sens deviennent plus perçants, son intelligence se développe, sa personnalité s'affirme. Mais tous les degrés existent dans la nature. La conscience n'a jamais été abolie entièrement chez la plante puisqu'elle perçoit les impressions lumineuses et que la racine sait, à travers la terre desséchée, se diriger vers l'eau nourricière.

Mais en revanche nous avons vu les Phytozoaires vivre d'une vie à peu près végétative et attendre des courants marins l'apport de leur nourriture qu'ils favorisent à peine par les mouvements de leurs cils ou de leurs tentacules. Il en est de même de certains Oursins qui vivent enfoncés dans le sable et en absorbent d'immenses quantités pour en extraire les quelques substances nutritives qu'il renferme. Il en est encore ainsi de certains animaux dégradés par le parasitisme, dont quelques-uns, comme les Sacculines, arrivent mêmes à posséder des racines comme de véritables plantes. Il est évident que, dans toutes ces circonstances, cette intelligence dont tout protoplasma porte en lui le germe n'a pu que s'atrophier et devenir aussi peu distincte que dans le règne végétal.

Dans les deux groupes supérieurs de l'animalité, les Insectes et les Vertébrés, nous voyons au contraire la personnalité s'affirmer et la conscience devenir de plus en plus claire. Mais ici encore une double tendance entre en jeu. Le mécanisme des actes psychiques (1) a pour base l'association des faits de conscience; celle-ci à son tour repose sur l'amœboïsme des cellules nerveuses, c'est-à-dire sur la mise en contact de leurs prolongements (voir p. 56). Or si l'on suppose une certaine raideur dans ces prolongements, ils ne pourront pas se déplacer facilement; les associations une fois formées seront stables et l'animal n'en créera pas souvent de nouvelles. Nous aurons alors affaire à l'instinct, caractérisé par la répétition indéfinie et quasi mécanique des mêmes actes. Si au contraire les cellules nerveuses sont douées d'une grande souplesse, les associations formées ne seront plus permanentes, et il sera toujours loisible d'en créer de nouvelles. Ce sont là les caractères de l'intelligence.

Tous les animaux supérieurs, y compris l'Homme, sont doués à la fois d'instinct et d'intelligence. Mais le premier prédomine chez les Insectes; c'est même ce qui explique comment, avec une masse cérébrale d'un aussi faible volume, ils peuvent se livrer à des actes aussi complexes et aussi parfaitement adaptés à leur but. L'intelligence au contraire se développe à mesure que nous remontons la série des Verté-

(1) Pour les détails, je renvoie à mon mémoire déjà cité : L. Laloy : *Die Stellung des Menschen in der Thierwelt. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, t. I, 1899, p. 31.

brés. Elle n'est pas proportionnelle au volume du cerveau, car certains Oiseaux ont un encéphale relativement plus gros que celui de l'Homme, et celui-ci est dépassé en volume absolu par le cerveau de l'Éléphant. Elle dépend en réalité de la *qualité* des cellules nerveuses, c'est-à-dire de la faculté de former des associations nombreuses et variées. Elle s'est développée parallèlement aux difficultés que l'animal rencontrait au cours de son existence. Chez les Mammifères herbivores qui trouvent la table toute préparée et n'ont aucun effort à faire pour la recherche de leur nourriture, l'intelligence est assez faible. Elle est déjà plus développée chez les Carnivores, dont la vie est une lutte de tous les instants. Elle n'arrive à son entier épanouissement que chez l'Homme, qui est physiquement le plus mal armé de tous les animaux. Mais même chez celui-ci l'instinct n'a pas perdu ses droits : attirant les sexes l'un vers l'autre, faisant rechercher par le nourrisson le sein de sa mère, il vient favoriser la perpétuité de l'espèce et nous rappeler nos origines animales. Ainsi l'évolution psychique pas plus que l'évolution organique ne nous a montré de différences essentielles entre les êtres vivants, partout c'est la même force qui agit et les plus hautes spéculations de l'intelligence ont leur racine dans l'obscur conscience du protoplasma.

Enfin après avoir assisté au merveilleux épanouissement de l'arbre de la vie au cours des époques géologiques, on doit se demander si

cette évolution continue encore de nos jours et si l'on peut espérer voir de nouvelles espèces se former. Il nous semble que cette chance soit bien minime. D'une part en effet, à mesure que l'écorce solide du globe augmente d'épaisseur par le refroidissement, il y a moins à craindre que se produisent de nouveau ces grandes convulsions qui ont donné lieu aux chaînes de montagnes, qui ont réuni ou séparé les continents, qui ont changé la face de la terre en un mot. Le milieu restant identique, les espèces n'ont donc pas de raison pour se modifier. Cet état d'équilibre dans lequel nous voyons la nature actuelle peut du reste n'être qu'une apparence due à ce que la durée de notre observation est infiniment courte par rapport à celle des périodes géologiques.

Si les conditions extérieures venaient à changer, il est à croire que ce ne seraient pas les espèces supérieures qui pourraient s'adapter au milieu nouveau. Elles sont trop spécialisées, et le moindre changement de régime provoquerait leur extinction. Ce seraient, au contraire, comme aux époques anciennes, les espèces les moins évoluées, les plus infimes, qui auraient chance de donner une descendance adaptée aux conditions nouvelles.

Du reste, à l'époque actuelle, l'homme intervient d'une façon déplorable pour détruire les espèces animales et végétales les plus élevées. Si les progrès de la population et ceux de ce qu'on appelle la civilisation ne s'arrêtent pas, dans une période de temps relativement courte, on ne

trouvera plus sur toute la surface de la terre de faune ni de flore spontanées. Les végétaux de grande culture auront supplanté les prairies et les forêts, les animaux sauvages auront disparu devant les troupeaux de Moutons et de Bœufs. L'utilitarisme industriel aura tué la nature. C'est ce qu'on voit se produire rapidement dans les pays neufs comme l'Amérique, l'Australie ou la Nouvelle-Zélande. La vie de l'Homme sera-t-elle agréable et même possible dans un pareil milieu? C'est ce que l'avenir nous apprendra.

La main-mise de l'Homme sur la nature a pour fondement philosophique la croyance erronée à sa supériorité d'essence sur le reste des êtres vivants, qui n'auraient été créés que pour son usage personnel. Cette idée anthropocentrique est une des plus difficiles à déraciner, parce qu'elle a été soutenue par la plupart des religions dont nous subissons encore l'influence. Je crois avoir montré dans le cours de cet ouvrage que l'Homme n'est que l'aboutissant naturel de la série animale; par suite il n'a d'autres droits sur ses frères moins évolués intellectuellement que ceux que lui donne sa force supérieure. Aussi c'est sur une parole de pitié que je voudrais terminer ce travail : pitié pour la plante, pitié pour l'animal, ne les détruisez pas sans nécessité. Etudiez-les, observez-les, et vous serez émerveillés des beautés que le vulgaire ne sait pas voir. La vraie et seule supériorité de l'Homme, c'est la curiosité scientifique.

# INDEX ALPHABÉTIQUE

---

- Abdomen, 191.  
 Accélération embryogénique, 183, 207.  
 Aciculariées, 134.  
 Adaptation, 19, 103.  
 Aérobie, 30.  
 Agame, 108.  
 Albumen, 131, 135.  
 Albumine, 10.  
 Albuminoïde, 6.  
 Algues, 109, 142.  
 Ambre, 201.  
 Ame, 231.  
 Ammonite, 221.  
 Amibes, 52.  
 Amœboïsme, 56, 233.  
*Amphioxus*, 206.  
 Anaérobie, 29.  
 Androcée, 138.  
 Angiospermes, 137.  
 Animaux, 48, 95, 108.  
 Annélides, 181.  
 Antennes, 184, 193.  
 Anthère, 139.  
 Anthéridie, 113.  
 Anthérozoïde, 73, 113.  
 Antipodes, 135.  
 Appendices, 191, 196.  
*Apteryx*, 213.  
 Arachnides, 195, 199.  
 Archégone, 118.  
*Archeopteryx*, 212.  
 Arctiques (pays), 31, 144.  
 Arthropodes, 186.  
 Artiozoaires, 177.  
 Asexué, 108.  
 Assimilation, 8, 14, 16.  
 Atmosphère, 27.  
 Atome, 12.  
 Autruche, 213.  
  
 Balancement des organes, 125, 154, 226.  
 Bactéries, 90.  
*Bathybius*, 38, 47.  
 Batraciens, 209.  
 Bilobites, 122.  
 Blastula, 161.  
 Bois, 123, 141.  
 Bourgeoisement, 71, 109, 160, 181.  
  
 Brachiopodes, 221.  
 Bractées, 134, 140.  
 Bryozoaires, 174.  
*Buxbaumia*, 120.  
  
 Calamariées, 126, 143.  
 Calice, 140.  
 Campodéiforme, 199.  
 Carnivores, 234.  
 Carnivores (plantes), 154.  
 Carpelle, 137.  
 Cellule, 20, 51, 93.  
 Cellulose, 79.  
 Céphalothorax, 190.  
 Cerveau, 217, 234.  
 Cestoïdes, 225.  
 Cétacés, 223.  
 Chaîne ventrale, 183, 194.  
 Champignons, 149.  
 Chauves-souris, 224.  
 Chimiotaxie, 15.  
 Chitine, 187.  
 Chœtopodes, 181.  
 Chlorophylle, 80.  
 Chromoblaste, 55.  
 Cils vibratiles, 68, 180.  
 Climat, 29, 144.  
 Collier œsophagien, 189, 194.  
 Colonies, 74, 92, 124, 159, 178, 227.  
 Colonne vertébrale, 203.  
 Commensalisme, 89.  
 Conferves, 109.  
 Conifères, 134, 143.  
 Conjugaison, 65, 111.  
 Conscience, 16, 79, 84, 87, 227, 230.  
 Coralliaires, 171.  
 Corde dorsale, 207.  
 Corolle, 140.  
 Corpuscules, 132.  
 Côtes, 204.  
 Cotylédon, 137, 152.  
 Craie, 61.  
 Création, 99.  
 Crinoïdes, 222.  
 Crustacés, 190, 225.  
 Cryptogames, 130.  
 Cycadées, 132, 143.  
 Cystides, 222.

- Dactylozoïde, 170.  
 Dents, 214.  
*Dero*, 182.  
 Désassimilation, 9.  
 Dialyse, 16.  
 Diatomées, 81.  
 Dicotylédones, 142.  
 Différenciation, 93, 98.  
*Diffugia*, 54.  
*Dinornis*, 213.  
 Dinosauriens, 213.  
 Diécie, 114, 116, 127, 139.  
 Dipneustes, 209.  
 Disques imaginaires, 198.  
 Division, 44, 53, 65, 108.  
 Division du travail, 169, 182,  
 191, 228.  
 Dronte, 213.  
  
 Echinodermes, 222.  
 Embryologie, 99, 101.  
 Embryon, 133, 137.  
 Endosperme, 132.  
 Enkystement, 45, 66.  
*Eozoon*, 60.  
 Epiderme, 124.  
 Eponges, 157.  
 Epoques géologiques, 22, 96.  
*Equisetum*, 126, 143.  
 Eruciforme, 198.  
 Etamine, 139.  
 Ether, 11.  
 Euglènes, 83.  
 Euryptéridés, 192.  
 Evolution, 96, 226.  
  
 Fécondation, 53, 94, 116, 131.  
 Fécondation croisée, 140.  
 Feuille, 124, 141, 153.  
 Fibres, 123.  
 Filet, 139.  
 Finalité, 14, 102.  
 Fixité des espèces, 98.  
 Fixité des parties, 183.  
 Flagellum, 45, 73.  
 Fleur, 140.  
 Floridées, 114, 117, 143.  
 Fonds marins, 61, 223.  
 Foraminifères, 57.  
 Forme, 74, 93, 179.  
 Fougères, 124.  
 Fucacées, 110, 142.  
  
 Gaine, 142.  
  
 Gamète, 113.  
 Ganglion, 189, 196.  
 Gastrozoïde, 169.  
 Gastrula, 162, 179.  
 Généalogie : Protozoaires, 77.  
 — règne végétal,  
 146.  
 — Phytozoaires,  
 176.  
 — Vers et Arthro-  
 podes, 202.  
 — Vertébrés, 219.  
 Génération alternante, 168.  
 Génération spontanée, 26, 67.  
 Gingko, 132.  
 Gnétacées, 138, 143.  
 Gonidies, 150.  
 Gonozoïde, 170.  
 Gymnospermes, 131, 143.  
  
 Hépatiques, 117.  
 Herbivores, 234.  
 Hérité, 53, 105.  
 Hermaphroditisme, 116, 140.  
 Hibernation, 67.  
 Homme, 216, 235.  
 Houille, 82, 90, 126.  
*Hydractinia*, 169.  
 Hydriaires, 164.  
 Hyphes, 149.  
  
 Ichtyosaure, 211, 223.  
 Individualité, 20, 173.  
 Inflorescence, 133.  
 Infusoires, 63.  
 Insectes, 141, 195, 233.  
 Instinct, 233.  
 Intelligence, 217, 233.  
 Invertébrés, 203.  
 Irritabilité, 78.  
*Isoetes*, 129.  
  
 Kyste, 67.  
  
 Larve, 198, 209.  
 Lépidodendrées, 129.  
 Leucocytes, 42, 55.  
 Levures, 89.  
 Lichens, 150.  
 Limbe, 142, 153.  
 Limitation de la taille, 19.  
 Lobomonères, 42.  
 Lombric, 182.  
 Lutte pour la vie, 103.

- Lycopodiniées, 127.  
 Mâchoires, 193.  
 Macrospores, 127, 135.  
*Magosphæra*, 76.  
 Mammifères, 214, 224.  
 Mandibules, 193.  
 Marsupiaux, 214.  
 Méduse, 167.  
 Membrane, 52, 79, 227.  
 Membres, 184, 188, 191.  
 Mériques, 173, 205.  
 Métabolie, 198.  
 Métamorphose, 198.  
 Métaphytes, 79, 93, 107.  
 Métazoaires, 77, 93, 163.  
 Microbes, 89.  
 Microspores, 127, 136.  
*Microstomum*, 181.  
 Milieu, 98, 102, 152.  
 Milieu intérieur, 94, 210.  
 Mimétisme, 224.  
 Molécule, 9.  
 Mollusques, 220.  
 Monères, 36.  
 Monocotylédones, 141, 143.  
 Monœcie, 139.  
 Monotrèmes, 215.  
 Morphogénèse, 99.  
 Morula, 161.  
 Motilité, 7, 79.  
 Mousses, 118.  
 Mouvements amiboïdes, 40, 56.  
 Muscinées, 117.  
 Mutation, 99.  
 Mutualisme, 89, 95, 141.  
 Mycélium, 149.  
 Myriapodes, 188.  
  
 Naidiens, 182.  
 Nauplius, 192.  
 Néréïdes, 183.  
 Nervures, 124, 142.  
 Neurones, 56, 234.  
 Nostoc, 85.  
 Noyau, 52.  
 Nucléine, 54.  
 Nucléole, 52.  
 Nummulites, 60.  
 Nutrition, 2, 8, 48.  
 Nymphe, 198.  
  
*Edogonium*, 113.  
*Enothera*, 99.
- Œuf, 105, 113, 161.  
 Oiseaux, 213, 224.  
 Oogone, 113.  
 Oosphère, 113.  
 Organes, 92, 168, 187, 207, 229.  
 Organes rudimentaires, 101, 136.  
 Organes segmentaires, 206.  
 Organisation, 6.  
 Organisme, 20.  
 Oscillaires, 83.  
 Oscule, 158.  
 Osmose, 48, 80.  
 Ovaire, 137.  
 Ovule, 132, 135.  
 Oxydation, 8.  
  
 Paléontologie, 22.  
*Paramœcium*, 68.  
 Parasitisme, 88, 119, 140, 149, 225.  
 Parthénogénèse, 180.  
*Peripatus*, 188.  
 Périsperme, 135.  
 Personnalité, 20, 72, 165, 178, 200, 230.  
 Pétale, 139.  
 Phagocytose, 43, 198.  
 Phanérogames, 130.  
 Phytozoaires, 156, 232.  
 Pinnipèdes, 223.  
*Pithecanthropus*, 216.  
 Placenta, 137.  
 Plasma germinatif, 93.  
 Plastide, 20, 92.  
 Plésiosaure, 211.  
 Poissons, 208, 214.  
 Pollen, 131, 136.  
 Polypier, 172.  
 Pores inhalants, 158.  
 Propagules, 118.  
*Protamœba*, 40.  
 Prothalle, 117, 136.  
 Protistes, 47, 91.  
*Protococcus*, 85.  
*Protogenes*, 44.  
*Protomyxa*, 45.  
 Protonéma, 119.  
 Protophytes, 80, 107.  
 Protoplasma, 4, 58.  
 Protozoaires, 51.  
 Provertébrés, 221.  
 Pseudopodes, 40.

- Ptérodactyles, 211.  
 Racine, 123.  
 Radiolaires, 57, 75.  
 Ramification, 75.  
 Régions du corps, 187.  
 Régression, 151, 211, 223.  
 Rein, 101, 206.  
 Reproduction, 53.  
 Reptiles, 211.  
 Respiration, 8.  
 Réviviscence, 67.  
 Rhizomonères, 44.  
 Rotifères, 179.  
  
 Sac embryonnaire, 132.  
 Sacculines, 225, 232.  
 Salisburiées, 133.  
 Saprophytisme, 149.  
 Sarcode, 4.  
 Scissiparité, 44.  
 Scyphistome, 167.  
 Segmentation, 205.  
 Sélaciens, 208.  
 Sélaginelles, 128.  
 Sélection naturelle, 104.  
 Sénescence, 65.  
 Sensibilité, 79.  
 Sépales, 140.  
 Serpents, 211.  
 Sève, 123.  
 Sexualité, 113.  
 Singes, 216.  
 Siphonées, 84.  
 Siphonogame, 132.  
 Siphonophores, 170.  
 Soma, 93.  
 Spermatozoïde, 73.  
 Spicules, 59, 160.  
*Spirogyra*, 110.  
 Spongiaires, 157.  
 Sporange, 124.  
 Spore, 45, 72, 111.  
 Sporogone, 117.  
 Sporozoaires, 89.  
 Squelette, 187, 203  
*Stentor*, 70.  
 Stipules, 142.  
  
 Stomates, 119, 124.  
 Strobile, 134, 167.  
 Style, 115.  
*Stylonychia*, 69.  
 Subconscience, 230.  
 Symbiose, 95, 150.  
 Symétrie bilatérale, 177.  
 Système nerveux, 203, 217.  
     220.  
  
 Taxées, 134.  
 Tentacules, 164.  
 Tentaculifères, 71.  
 Tératogénie, 100.  
 Tête, 178, 187, 195.  
 Thalle, 107, 117.  
 Théromorphes, 214.  
 Thorax, 191, 195.  
 Thysanoures, 199.  
 Tissus, 93, 108.  
 Trachées, 195.  
 Trématodes, 225.  
 Trichogyne, 114.  
 Trilobites, 190.  
 Tripoli, 82.  
 Tuniciers, 174, 221.  
 Turbellariés, 180.  
  
 Vacuoles contractiles, 65.  
 Vaisseaux, 123.  
 Variation, 100, 104, 204.  
 Végétaux, 48, 78, 95, 108.  
 Végétaux cellulaires, 107.  
 Vers, 177, 206.  
 Vertèbres, 204.  
 Vie latente, 67.  
 Vie psychique, 56, 231.  
 Viviparité, 114, 224.  
*Volvox*, 86.  
 Vorticelles, 69.  
  
 Zoé, 193.  
 Zoïde, 178.  
 Zoodiogame, 132.  
 Zoophytes, 75, 157.  
 Zoospores, 73, 111.  
 Zyogone, 111.