au développement des Lichens. Beaucoup de ces expériences permirent seulement d'assister aux premières phases de la formation du Lichen et de voir les filaments mycéliens du Champignon chercher, puis atteindre et envelopper progressivement les cellules de l'Algue. Quelques-unes donnèrent un résultat plus complet : le développement de *Physcia parietina*, par exemple, put être obtenu jusqu'à la reconstitution complète d'un Lichen pourvu d'apothécies. M. Bonnier réalisa, de même, la synthèse de quelques autres espèces : soumises à l'examen de lichénologues compétents, elles furent déterminées comme des Lichens recueillis dans la nature et reçurent les noms qui leur revenaient d'après la théorie symbiotique.

La question de la nature réelle des Lichens est donc définitivement tranchée : le Lichen résulte bien de l'association, avec bénéfice réciproque, d'une espèce de Champignons (ordinairement un Ascomycète) avec une espèce d'Algues.

Propagation et conservation naturelles des Lichens. — Nous savons maintenant comment on peut, par l'association expérimentale des deux espèces qui le constituent, composer artificiellement le Lichen; mais il est permis de se demander comment il se conserve et se reproduit dans la nature. Les spores, disséminées par une apothécie du Lichen, peuvent rencontrer des gonidies, provenant de la destruction des parties voisines du thalle, ou des cellules d'une Algue vivant à côté de lui sur le même support : qui n'a observé, par exemple, le rapprochement presque constant, à la surface des murs ou des troncs d'arbres, de *Protococcus viridis* et de diverses espèces de Lichens ? Quand une spore germe dans ces conditions, le mycélium qui en provient trouve donc facilement à sa portée les éléments nécessaires pour la reconstitution d'un Lichen.

Place des Lichens dans la classification. — La connaissance que nous possédons maintenant de la nature des Lichens doit-elle nous porter à supprimer ce groupe de la classification végétale ? Ce serait pousser trop loin les conséquences de la théorie de Schwendener. Si la symbiose est facultative pour l'Algue qui entre dans la composition d'un

Lichen, puisqu'elle peut vivre en dehors de l'association, elle est, au contraire, obligatoire pour le Champignon, qui, en dehors de cette association, est incapable de constituer une espèce autonome : on ne le rencontre jamais à l'état de liberté. Il semble donc convenable de considérer les Lichens comme un groupe spécial de Champignons qui vivent normalement associés avec diverses espèces d'Algues et doivent à cette association un ensemble spécial de caractères morphologiques et physiologiques : pour emprunter à M. Van Tieghem une expression imagée, ce seraient des « Champignons alguisés ».

Rôle des Lichens dans la nature. — Les Lichens, supportant facilement la sécheresse et le froid, sont très bien organisés pour résister aux intempéries des saisons : là où ne pourrait vivre une Algue, un Lichen prospère. De là vient que les Lichens sont les derniers végétaux qu'on observe sur les parties les plus dénudées de l'écorce terrestre, soit qu'on s'approche des pôles, soit qu'on atteigne le sommet d'une montagne élevée. De là vient aussi le rôle que jouent les Lichens dans la formation de la terre végétale. On peut étudier ce rôle en observant comment les germes apportés par l'air peuplent progressivement un rocher primitivement dépourvu de toute espèce végétale, tel qu'un bloc volcanique résultant d'une éruption sous-marine. Ce sont les Lichens qui s'établissent les premiers sur la surface nue du roche, qu'ils rongent et détruisent lentement. Leurs débris, décomposés et mêlés à ceux de la roche sous-jacente, constituent un premier aliment pour des végétaux d'organisation plus élevée : ce sont d'abord des Mousses, qui, dépourvues de racines, se fixent par de simples rhizoïdes au support qui leur est offert; puis le corps des Mousses se détruit à son tour et ses débris viennent accroître l'épaisseur de la terre végétale; alors s'établissent les plantes à racines (Cryptogames vasculaires et Phanérogames).

Les Characées. — Entre les Lichens, dont nous connaissons maintenant la véritable nature, et les *Characées*, dont

l'étude occupera la seconde partie de cette leçon, il serait difficile de trouver une transition, tant il y a de différences entre l'aspect extérieur des plantes qui appartiennent à ces deux groupes.

Les Characées, avec leurs deux genres principaux, *Chara* et *Nitella*, sont des plantes vertes et filamenteuses, vivant dans les eaux douces ou saumâtres.

Dans l'étude de ce groupe, nous prendrons pour type une espèce quelconque du genre *Nitella* : l'organisation des *Nitella*, plus simple que celle des *Chara*, nous fournira cependant une connaissance suffisante des caractères généraux de la famille.

Appareil végétatif. — Un tronc cylindrique, dressé, porte de distance en distance des verticilles de rameaux dont la disposition alterne d'un verticille au suivant, de telle sorte qu'un rameau quelconque soit toujours exactement superposé à l'intervalle qui sépare deux rameaux dans le verticille qui lui est immédiatement inférieur. L'existence de ces verticilles successifs permet de fixer, à la surface du tronc, des repères, qui sont les *nœuds*, points d'attache des verticilles; on appelle *entre-nœud* l'intervalle qui sépare deux nœuds consécutifs (*fig.* 129).

Fig. 129. — Aspect extérieur d'un pied de *Nitella*.

La croissance terminale du tronc est illimitée; au contraire, celle des rameaux verticillés est limitée, de telle sorte que les dimensions de ces rameaux sont sensiblement inférieures à celles du tronc.

De même que le tronc principal porte des rameaux, ainsi les rameaux eux-mêmes portent, de distance en distance, des ramuscules plus petits, verticillés comme les rameaux eux-mêmes. Mais tandis que tous les rameaux d'un verticille ont des dimensions sensiblement égales, ce qui assure au verticille tout entier une symétrie par rapport à l'axe du

tronc, les ramuscules qui composent un verticille secondaire ont des dimensions inégales, décroissant régulièrement depuis l'un d'eux, qui a une longueur maxima, jusqu'au ramuscule diamétralement opposé, dont la longueur est minima (*fig.* 130). Ainsi le verticille secondaire est, dans son ensemble, symétrique par rapport à un plan, celui que déterminent l'axe du rameau et le ramuscule de longueur maxima ou minima : c'est une *symétrie bilatérale*. Nous verrons plus tard, en étudiant l'organisation des plantes supérieures, qu'un accroissement limité et une symétrie bilatérale sont des caractères essentiels de la feuille. Les observations précédentes nous permettent d'assimiler, dans une certaine mesure, les rameaux des Characées à des feuilles que supporterait l'axe principal, comparable à une tige. Nous voyons ainsi apparaître pour la première fois, avec une netteté assez grande, dans l'appareil végétatif de ces plantes une différenciation qui caractérise les embranchements supérieurs à celui des Thallophytes.

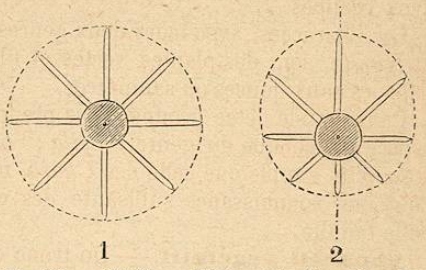

Fig. 130. — *Nitella*. — Schéma de la disposition d'un verticille de rameaux sur le tronc principal (1) et d'un verticille de ramuscules sur un rameau (2). (Le tronc et le rameau sont coupés transversalement et marqués de hachures.)

Dans l'angle qui sépare un rameau de l'entre-nœud immédiatement supérieur ou, comme on dit, dans l'*aisselle* de ce rameau, on voit parfois se former une sorte de bourgeon qui, en se développant et se différenciant, ne tarde pas à prendre tous les caractères du tronc principal. Or, nous verrons aussi que c'est aux aisselles des feuilles que se forment les branches chez les plantes d'organisation supérieure. Le mode de ramification du tronc des Characées fournit donc un nouveau point de rapprochement entre l'appareil végétatif de ces végétaux et celui des plantes à feuilles.

Au nœud le plus inférieur du tronc, on voit se détacher des filaments, simples ou ramifiés, dépourvus de chlorophylle, qui s'enfoncent dans le sol sur lequel se développe la plante et assurent sa fixation en même temps que son alimentation : jouant un rôle comparable à celui des racines, ces filaments ont reçu le nom de *rhizoïdes*.

Quand on étudie la structure du tronc principal d'un pied de *Nitella* (*fig.* 131), on reconnaît qu'il est formé par deux sortes de cellules assez différentes. Chaque entre-nœud est constitué par une seule cellule, dite *cellule internodale*, qui occupe toute l'épaisseur du filament et dont la longueur peut atteindre $0^m,10$ ou $0^m,15$. L'étude de la membrane et du contenu de cette cellule permet de reconnaître qu'elle a éprouvé une sorte de torsion autour de son axe, de manière que sa surface soit parcourue par une série d'hélices parallèles. Le protoplasme de la cellule internodale contient plusieurs noyaux et de nombreux corps chlorophylliens, étroitement serrés les uns contre les autres dans la couche pariétale; il est le siège de courants internes que mettent facilement en évidence les déplacements des corps chlorophylliens. Au niveau de chaque nœud se trouvent quelques cellules beaucoup plus courtes, disposées dans un plan perpendiculaire à l'axe du tronc et qu'on peut appeler des *cellules nodales* : la plupart sont disposées à la périphérie du nœud; deux cellules occupent une position centrale, à l'intérieur de l'anneau formé par les précédentes. Les cellules périphériques du nœud jouent un rôle important dans le développement de l'appareil végétatif : en s'allongeant, puis se cloisonnant transversalement et différenciant les éléments qui résultent

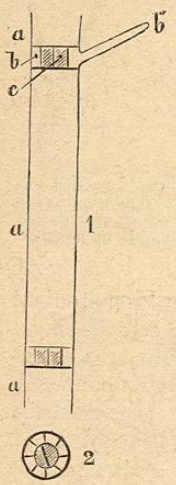

Fig. 131. — Schéma de la structure d'un tronc de *Nitella*. (1, coupe longitudinale; 2, coupe transversale au niveau d'un nœud.) — *a*, cellules internodales; *b*, cellules nodales périphériques; *c*, cellules nodales internes; *b'*, ébauche d'un rameau.

de ce cloisonnement, elles forment les rameaux verticillés.

Multiplication. — Les *Nitella* et, d'une manière plus générale, les Characées sont capables de se multiplier par une sorte de bouturage naturel. Un fragment, détaché du tronc principal ou d'une branche de *Nitella* et placé dans des conditions favorables, peut croître, se ramifier et reconstituer un pied nouveau, semblable à celui duquel il provient.

Fig. 132. — Une anthéridie (A) et deux oogones (O) sur un pied de *Nitella*.

Reproduction. — Jamais on n'a observé la formation de spores chez les Characées.

La formation de l'œuf y est, au contraire, fort bien connue et mérite de nous arrêter quelques instants.

L'œuf résulte d'une hétérogamie avec anthérozoïde mobile et oosphère immobile : c'est un cas extrêmement net de reproduction sexuée.

L'organe mâle, l'anthéridie (*fig.* 133), n'est pas autre chose que la région terminale d'une feuille, hautement différenciée. Arrivée à maturité, elle se présente sous la forme d'une petite sphère rouge dont le diamètre ne dépasse pas un millimètre. Cette sphère est creuse; sa paroi est formée par huit cellules aplaties ou *écussons* (*c*) dont chacune couvre un quart de la sphère. L'anthéridie est fixée au corps de la plante par une sorte de pédicule (*b*) qui vient s'engager entre quatre des huit écussons, qui sont tronqués,

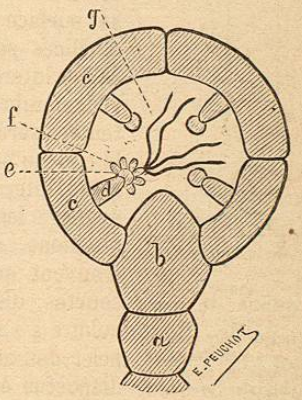

Fig. 133. — Coupe longitudinale d'une anthéridie de Characée (schéma). — *a*, cellule supportant l'anthéridie; *b*, pédicule de l'anthéridie; *c*, écusson; *d*, manche; *e*, tête principale; *f*, tête secondaire; *g*, filament chargé d'anthérozoïdes.

au voisinage du pôle de fixation. Du centre de la face interne de chaque écusson se détache une cellule allongée, ou *manche* (*d*), dont l'extrémité sert à son tour de support à une petite cellule de forme sphérique ou *tête* (*e*); les huit têtes convergent vers le centre de l'anthéridie. Chaque tête supporte six cellules plus petites (*f*) qui forment à sa surface comme autant de bourgeons; chacune de ces têtes secondaires sert de base à quatre filaments grêles et incolores, contournés plus ou moins irrégulièrement (*g*); chacun de ces filaments, examiné à un très fort grossissement, se montre formé par une longue série de cellules dont le nombre varie entre cent et deux cents et dont chacune produit, par réno-

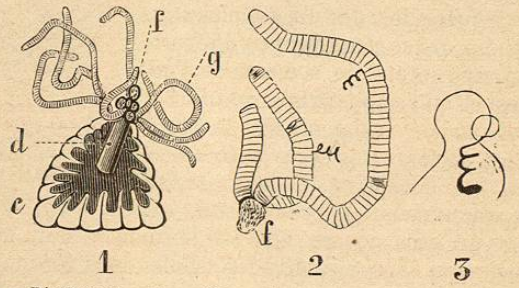

Fig. 134. — Dissémination des anthérozoïdes. — 1, un écusson isolé (*c*) avec son manche (*d*) et les têtes secondaires (*f*) qui portent les filaments fertiles (*g*); 2, une tête plus grossie, avec trois filaments expulsant quelques anthérozoïdes; 3, un anthérozoïde isolé et plus grossi.

vation de son contenu protoplasmique, un anthérozoïde à deux cils vibratiles. En tenant compte du nombre des écussons, des têtes, des filaments fertiles et des cellules mères d'anthérozoïdes que comprend chaque filament, il est aisé de calculer que le nombre des anthérozoïdes formés par une anthéridie varie entre vingt mille et quarante mille. Peu de temps après sa maturité, l'anthéridie désarticule ses écussons (*fig.* 134); les cellules-mères d'anthérozoïdes sont, dès lors, en contact avec l'eau; par gélification de leurs membranes, elles ne tardent pas à mettre en liberté les an-

thérozoïdes, qui se déplacent rapidement à l'aide de leurs cils vibratiles.

L'organe femelle, l'oogone (*fig.* 135), provient du dernier nœud de la feuille que termine une anthéridie. Arrivé à maturité, il peut être décrit de la manière suivante. Une *cellule basilaire*, qui est une cellule internodale, sert de support général à l'oogone. Au-dessus d'elle se trouve une *cellule nodale*, des flancs de laquelle se détachent cinq cellules enroulées en spirale à la surface de l'oogone dont elles forment l'enveloppe extérieure : ce sont les *cellules pariétales*. Chaque cellule pariétale porte à son sommet deux petites cellules : l'ensemble des dix cellules ainsi constituées, qui se réunissent en une sorte de couronne autour du sommet de l'oogone, est ce qu'on appelle la *coronule*. Sur la cellule nodale repose un disque pluricellulaire, formant une sorte de coussinet qui soutient l'oosphère. Celle-ci est une masse volumineuse de protoplasme, qui contient un gros noyau. Elle est surmontée d'un globule gélatineux qui s'insinue entre les cellules de la coronule.

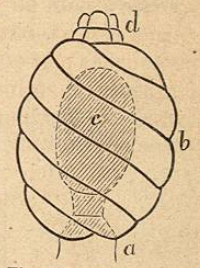

Fig. 135. — Un oogone de Characée, en coupe optique (schéma). — *a*, cellule basilaire; *b*, cellules pariétales; *c*, oosphère; *d*, coronule.

Peu de temps après la maturité de l'oogone, les cellules de la coronule s'écartent les unes des autres sur une partie de leur longueur, de manière à ménager cinq orifices en forme de boutonnières par lesquels peut pénétrer l'eau extérieure, entraînant les anthérozoïdes qu'elle contient. Traversant la gouttelette mucilagineuse qui surmonte l'oosphère, un anthérozoïde arrive jusqu'à celle-ci et de sa fusion avec elle résulte l'œuf. Après la fécondation, toutes les parties extérieures des cellules pariétales se détruisent et disparaissent; seules, les faces de leurs membranes qui sont en contact avec l'œuf s'épaississent et se colorent, de manière à lui former une enveloppe protectrice, à la surface de laquelle on retrouve, sous forme de crêtes spiralées, les vestiges des cloisons de séparation des cellules pariétales. Dé-

taché du corps de la plante-mère, l'œuf attend, à l'état de vie ralentie, des conditions favorables à son développement. Quand ces conditions sont réunies, il germe. De cette germination résulte d'abord un appareil végétatif très simple, dont l'organisation se complique peu à peu pour reconstituer enfin un corps semblable à celui qui a fourni l'œuf.

Place des Characées dans la classification. — Quelle place convient-il de donner aux Characées dans la classification végétale? Par la simplicité de sa structure, leur appareil végétatif les rapproche évidemment des Thallophytes et, puisque ce sont des plantes pourvues de chlorophylle, vivant, par suite, d'une existence libre, il semble assez naturel de les placer au voisinage des Algues. Mais, si l'appareil végétatif des Characées reste simple dans sa structure anatomique, il l'est beaucoup moins dans son architecture générale, et nous avons vu que le corps d'un *Nitella* peut être considéré comme formé d'une tige qui porte des feuilles insérées suivant une loi régulière; par là les Characées semblent se rapprocher des Muscinées. Il faut remarquer, d'ailleurs, que leur mode de développement ne manifeste en aucune façon cette succession régulière de formes, si caractéristique des Muscinées et dont nous avons retrouvé l'équivalent chez les Algues de la famille des Floridées. Il paraît donc difficile de détacher les Characées de la classe des Algues pour les placer au niveau des Muscinées, et il semble préférable de les considérer comme des Algues vertes d'organisation très élevée.

TREIZIÈME LEÇON

Les Muscinées.

Les Muscinées. — L'embranchement des *Muscinées* tire son nom des Mousses (en latin *Musci*), qui en forment la classe principale.

Les Mousses. — Les Mousses vivent parfois dans les eaux courantes ou marécageuses, parfois aussi dans des lieux très secs (à la surface de rochers dénudés par exemple); mais elles habitent le plus souvent les lieux humides, soit à la surface du sol, soit sur l'écorce des arbres.

Etude d'un type : Funaria hygrometrica. — Dans l'étude des Mousses, nous prendrons pour type une espèce qui se développe communément dans les bois, à la surface des aires circulaires sur lesquelles on a fabriqué du charbon de bois (*ronds de charbonniers*); c'est la Funaire hygrométrique (*Funaria hygrometrica*).

Appareil végétatif. — L'appareil végétatif de la plante, coloré en vert, se réduit à une tige qui porte à sa surface des feuilles nombreuses, isolées et régulièrement espacées, mais assez étroitement serrées les unes contre les autres, par suite de la brièveté des entre-nœuds qui les séparent (*fig.* 136).

Fig. 136. — Mousse avec sporogones.

Tantôt la tige des Mousses est simple et courte : elle est