du sporange (*d*). C'est la cellule terminale (S) qui va constituer le sac sporangial. A cet effet, elle prend quelques cloisons tangentielles, plus ou moins obliques les unes par rapport aux autres ; ce cloisonnement isole une cellule centrale, de forme polyédrique, enveloppée par une assise pluricellulaire (4). Ce sont les cellules extérieures qui, par des cloisonnements perpendiculaires à la surface du sporange, donnent naissance à l'enveloppe de ce dernier (*a*). Quelques-unes des cellules résultant de ce cloisonnement épaississent et lignifient fortement diverses faces de leurs membranes : ce sont elles qui constituent l'anneau. Quant à la cellule centrale, elle ne tarde pas à subir de nombreux cloisonnements, qui donnent naissance à un massif de cellules, au nombre de seize ordinairement : ce sont les *cellules mères des spores* (*c*). Les cloisonnements qui se produisent vers la périphérie du massif donnent une ou deux assises de cellules (*b*) qui doublent intérieurement l'enveloppe du sporange et que nous pouvons appeler, pour fixer dès maintenant les idées, des *assises nourricières*.

Bientôt chaque cellule mère de spore, après deux bipartitions successives de son noyau, se divise, par un cloisonnement simultané suivant deux directions rectangulaires, en quatre cellules filles. Les lamelles moyennes des cloisons se gélifient, de manière que les cellules filles, qui sont des spores, s'isolant les unes des autres à l'intérieur de la cellule mère, y prennent une forme à peu près sphérique. Plus tard, les membranes des cellules mères se gélifient à leur tour et se détruisent, en même temps que se résorbent les assises nourricières qui protégeaient le massif des cellules mères. Les débris provenant de ces multiples destructions sont utilisés par les spores, qui achèvent de croître et de se différencier. Chacune d'elles cutinise entièrement sa membrane et la dédouble en deux couches dont la plus externe se colore fortement et se hérisse d'ornements divers.

En résumé, le sporange, développé de la sorte aux dépens d'une cellule épidermique de la feuille, possède l'origine et la valeur morphologique d'un poil.

Quand le sporange est arrivé à maturité et qu'il se trouve exposé à la sécheresse, il se déchire brusquement, et par l'ouverture ainsi produite les spores sont mises en liberté : c'est le phénomène de la déhiscence du sporange (*fig.* 301). Le mécanisme de ce phénomène a été étudié par M. Leclerc du Sablon dans ses moindres détails (*fig.* 302). Il serait fort long de les exposer complètement. Retenons simplement que c'est la structure spéciale des cellules de l'anneau qui rend la paroi du sporange sensible aux alternatives d'humidité et de sécheresse. Dans une atmosphère sèche, chaque cellule de l'anneau évapore, à travers la face externe et mince de sa membrane, une partie de l'eau qu'elle contient. De là résulte une tendance des deux branches du fer à cheval à rapprocher leurs extrémités, et, comme cette tendance se manifeste simultanément dans toutes les cellules

Fig. 301. — Sporange d'un Polypode.

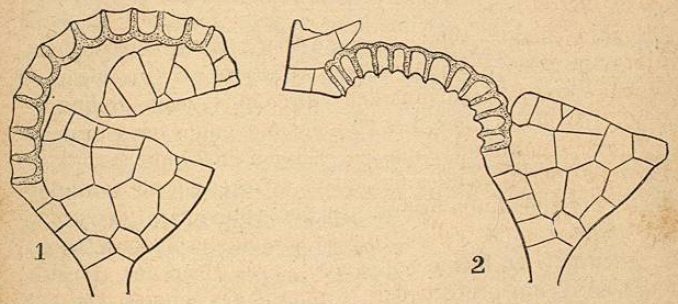


Fig. 302. — Deux phases de la déhiscence d'un sporange de Fougère (d'après M. Leclerc du Sablon).

de l'anneau, celui-ci, qui présentait dans le sporange mûr sa convexité vers l'extérieur, tend à se retourner en sens inverse ainsi qu'un arc bandé qui se relâcherait brusquement. Bientôt la membrane mince et peu résistante du sporange cède à la traction que l'anneau exerce sur elle et se déchire irrégulièrement.

Prothalle. — La spore mûre, mise en liberté par la déhiscence du sporange, contient, à l'intérieur d'une membrane fortement cutinisée, un corps protoplasmique chargé de quelques réserves nutritives et contenant parfois des corps chlorophylliens. Quand les hasards de la dissémination fournissent à cette spore des conditions favorables de température, d'aération et d'humidité, elle germe (*fig.* 303) : la couche membraneuse du protoplasme se forme un mince revêtement de cellulose pure, qui double intérieurement la membrane de la spore; le protoplasme, accru, pousse, à travers un pore de la membrane cutinisée, un tube germinatif, enveloppé par le revêtement cellulosique. Bientôt ce tube se cloisonne transversalement, de manière à donner une file de cellules; puis des cloisonnements nouveaux se produisent dans diverses directions et la file initiale se continue par une lame aplatie, formée d'une seule assise de cellules et chargée de corps chlorophylliens. Quand cette lame a terminé sa croissance (*fig.* 304), elle possède ordinairement un contour échancré en un point opposé à la spore qui lui a donné naissance; au voisinage de ce point, elle présente un maximum d'épaisseur et comprend généralement plusieurs assises de cellules, qui composent ce qu'on appelle le *coussinet*; elle a, de plus, formé, à sa face inférieure, des poils qui la fixent au sol. L'aspect qu'elle présente alors ressemble assez à celui d'un thalle : on lui donne le nom de *prothalle*.

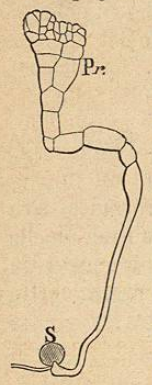


Fig. 303. — Germination d'une spore de Fougère. — S, spore; Pr., ébauche du prothalle.

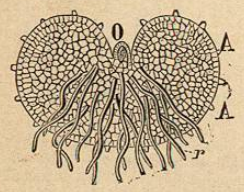


Fig. 304. — Un prothalle de Fougère, vu par sa face inférieure. — A, anthéridies; O, archégone; *r*, rhizoïdes.

A la face inférieure du prothalle ne tardent pas à se former des organes de deux sortes. Les uns, assez nombreux et distribués sur tout le pourtour du prothalle, sont

des *anthéridies*, qui produisent et mettent en liberté des *anthérozoïdes*. Les autres, qui se développent à la surface du coussinet, au fond de l'échancrure antérieure du prothalle et qui sont en petit nombre (il n'y en a souvent qu'un seul), sont des *archégones*, dont chacun contient une *oosphère*.

Arrivée à maturité, l'anthéridie, qui fait saillie en dehors du prothalle, offre l'aspect d'une sorte de tonnelet microscopique, reposant par sa base sur le prothalle; sa surface latérale est formée par une assise simple de cellules; elle est fermée par une sorte de couvercle, que constitue une cellule unique; le contenu de la cavité ainsi délimitée est un massif de petites cellules dont chacune forme et contient un anthérozoïde : ce sont les cellules mères des anthérozoïdes. Au contact d'une goutte d'eau qui pénètre dans l'anthéridie et en distend les parois, le couvercle s'écarte brusquement et les cellules mères d'anthérozoïdes s'échappent en une sorte de gouttelette gélatineuse; puis l'humidité fait éclater la membrane de chaque cellule mère et les anthérozoïdes sont à leur tour mis en liberté (*fig.* 305). Chacun d'eux est constitué par un corps spiralé, formant plusieurs tours; une de ses extrémités est renflée en massue; l'autre, atténuée en pointe, porte un pinceau de cils vibratiles. Comme l'anthérozoïde des Mousses, dont il diffère par le plus grand nombre de ses tours de spire et de ses cils vibratiles, l'anthérozoïde des Fougères a pris naissance dans sa cellule mère par une sorte de rénovation spéciale du contenu de celle-ci : le noyau, s'allongeant et se contournant en spirale, donne naissance au corps même de l'anthérozoïde; une couche périphérique de protoplasme transparent et hyalin se découpe en un faisceau

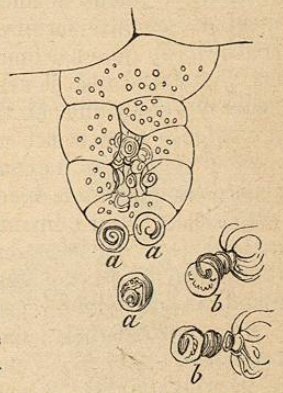


Fig. 305. — Anthéridie et anthérozoïdes de Fougère. — *a*, anthérozoïdes enroulés; *b*, anthérozoïdes déroulés.

de minces filaments qui adhèrent à l'extrémité du noyau et forment les cils vibratiles; une partie inemployée du protoplasme de la cellule mère forme une sorte de globule que l'anthérozoïde entraîne avec lui au moment de sa mise en liberté et qui s'en détache au bout de quelque temps.

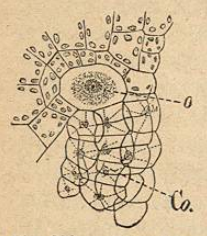


Fig. 306. — Un archégone de Fougère, très grossi. — *o*, oosphère; *Co.*, col.

L'archégone mûr présente à peu près la même organisation que celui des Mousses. Toutefois, au lieu d'être pédicellé comme celui-ci, il est assez profondément enfoncé dans le prothalle; de plus, son col est généralement assez court (*fig.* 306).

En suivant le développement de l'anthéridie et celui de l'archégone, on reconnaît aisément que ces deux organes ont, comme chez les Mousses, la valeur de poils.

Œuf. — Quand un anthérozoïde, entraîné par le mouvement de ses cils vibratiles et se déplaçant dans la mince couche d'eau qui enveloppe le prothalle, arrive à l'entrée du col d'un archégone, il y est retenu par la gouttelette gélatineuse qui fait saillie. Continuant à agiter ses cils vibratiles, il s'enfonce dans le col en tournant sur lui-même à la manière d'une vrille. Il arrive rapidement au contact de l'oosphère contenue dans le ventre de l'archégone, perd ses cils vibratiles et s'unit intimement à l'oosphère : c'est le phénomène de la fécondation. L'œuf résultant de l'union de l'anthérozoïde et de l'oosphère se contracte et s'entoure d'une membrane de cellulose.

Sa germination ; reconstitution de la Fougère feuillée. — Après un certain temps de repos, l'œuf porté par le prothalle entre en germination (*fig.* 307). Formé d'abord d'une cellule unique, il ne tarde pas à subir deux cloisonnements successifs qui le divisent en quatre cellules, disposées à peu près comme quatre quartiers d'orange. Puis ces cellules subissent de nouveaux cloisonnements et on voit se constituer peu à peu un nouveau pied de Fougère, d'abord extrêmement simple, puis plus ou moins semblable à celui qui a fourni

les spores. L'une des quatre cellules qui résultent des pre-

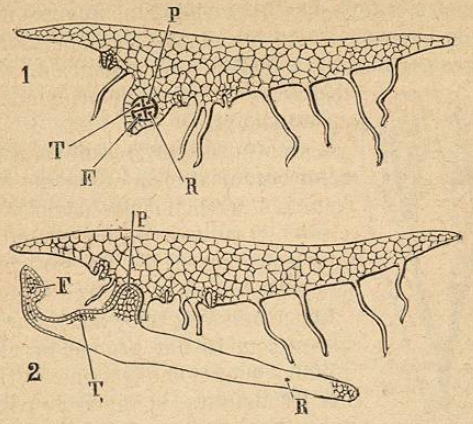


Fig. 307. — Deux phases du développement de l'œuf d'une Fougère. — R, P, T, F, désignent la première racine, le pied, la tige et la première feuille de la plantule qui résulte de ce développement et les cellules initiales de ces divers membres.

mières divisions de l'œuf forme un organe qui s'enfonce dans le prothalle et y fixe le nouveau pied de Fougère : c'est le *pied*. La seconde cellule fournit la tige de la Fougère nouvelle. La troisième fournit la première feuille, de forme ordinairement très simple. La quatrième fournit une première racine, qui va puiser dans le sol les éléments nécessaires à la nutrition de la Fougère.

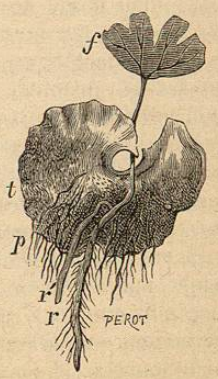


Fig. 308. — Prothalle (*t*) de Fougère ayant émis à sa face inférieure des rhizoïdes (*p*). D'un œuf est née une jeune fougère (*f*) dont les racines sont représentées en *r* et *r'*.

Bientôt la tige s'allonge de plus en plus; le nombre des feuilles qu'elle porte augmente progressivement, en même temps que leur forme se complique (*fig.* 308).

Une coupe transversale faite dans la tige très jeune

montre qu'elle contient un seul cordon vasculaire, situé suivant son axe et prolongeant exactement le cylindre central de la première racine. Plus tard, la tige, en même temps qu'elle s'allonge, augmente son diamètre et s'épaissit en prenant la forme d'un cône dont le sommet regarderait la racine. On voit alors (*fig.* 309) le cordon vasculaire primitif (S) se bifurquer une première fois, puis chacune de ses branches se ramifier à son tour, et ainsi de suite; les cordons (s_1, s_2,... s_8) résultant de ces bifurcations successives se disposent à l'intérieur de la tige sur une surface cylindrique, et bientôt se trouve constitué le réseau vasculaire dont nous avons observé l'existence dans la tige adulte. On voit par là que chacun des cordons de ce réseau doit être assimilé au cylindre central de la racine, dont le cordon primitif n'est que le prolongement. Il paraît donc naturel d'admettre, avec M. Van Tieghem, que la tige des Fougères contient, au milieu d'une écorce générale qui pénètre jusqu'à l'axe de l'organe, un nombre variable de stèles provenant des divisions successives d'une stèle primitive. C'est à ce type général de structure que M. Van Tieghem a proposé d'appliquer le terme de *structure polystélique*, qu'il oppose à la *structure monostélique*, beaucoup plus répandue et déjà décrite au cours de ces leçons.

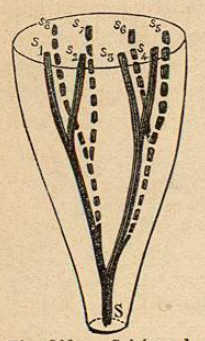
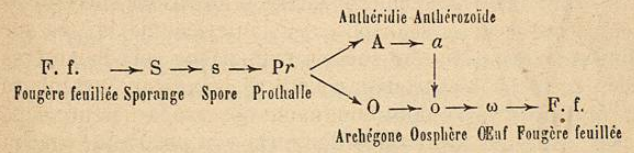


Fig. 309. — Schéma de la ramification de la stèle primitive dans une jeune tige de Fougère.

Résumé du développement. — Si nous jetons un regard rétrospectif sur le développement total de la Fougère, que nous venons d'étudier, nous voyons qu'elle passe successivement par deux états très différents : l'un feuillé, l'autre beaucoup plus simple. C'est à l'état feuillé que la Fougère produit des spores de dissémination. Une spore, en germant, donne naissance à un organisme simple, rappelant le corps d'un Thallophyte, à un prothalle. C'est celui-ci seulement qui produit un œuf; cet œuf germe sur place et donne naissance

à un nouveau pied feuillé de Fougère. A l'état feuillé, la Fougère ne forme jamais que des spores; à l'état de prothalle, elle ne forme jamais que des œufs. Les spores mises en liberté par la Fougère feuillée ne donnent jamais que des prothalles; l'œuf formé sur le prothalle ne donne jamais qu'une Fougère feuillée. Il y a, en un mot, une alternance forcée entre les deux états par lesquels passe successivement la Fougère au cours de son développement, qui peut être résumé par le tableau suivant :

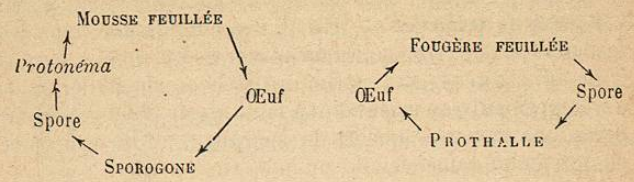


Comparaison avec le développement des Mousses. — Si on se rappelle le développement des Mousses, on ne manquera pas d'être frappé des ressemblances que présentent le mode de développement de ces plantes et celui des Fougères : chez les unes comme chez les autres on observe, au cours du développement, une alternance régulière de formes que l'influence du milieu est impuissante à troubler.

Mais tandis que, chez les Mousses, c'est la forme feuillée qui produit l'œuf, qui est sexuée en un mot, c'est au contraire, chez les Fougères, à la forme simple, au prothalle, qu'est réservé ce rôle. Chez les Mousses, c'est la forme simple, le sporogone, qui est greffée sur la forme feuillée; chez les Fougères, au contraire, c'est la forme feuillée qui est greffée sur la forme simple, sur le prothalle. Les Fougères, comme les Mousses, sont des plantes vivipares; l'œuf formé se développe sur la plante mère; c'est seulement après la formation des spores, organes de dissémination, que le développement d'une Mousse ou d'une Fougère se trouve coupé en deux tronçons.

BIBLIOTECA
FAC. DE MED. U.A.N.L.

Cette comparaison est rendue plus tangible par l'examen des deux diagrammes que voici :



Il suffit d'en peser les termes pour comprendre qu'on ne peut trouver d'intermédiaire entre le développement des Mousses et celui des Fougères ou, d'une manière plus générale, entre le développement des Muscinées et celui des Cryptogames vasculaires.

On voit ainsi que l'étude du développement vient confirmer les résultats fournis par la morphologie externe et l'anatomie, en nous montrant qu'il y a beaucoup plus de différences entre une Muscinée et une Cryptogame vasculaire qu'entre une Thallophyte et une Muscinée. Par là se trouve approfondi, s'il était nécessaire, le fossé qui sépare les plantes cellulaires, dépourvues de racines, des plantes vasculaires, qui en sont pourvues.

Multiplication. — Les Fougères peuvent se multiplier de diverses façons.

Souvent des bourgeons adventifs se forment sur les feuilles : détachés de l'organe qui les a formés, ces bourgeons tombent sur le sol, s'enracinent et chacun d'eux constitue une sorte de bouture naturelle qui reprend bientôt tous les caractères de l'espèce qui l'a fourni.

Un prothalle, divisé naturellement ou artificiellement au cours de son développement, peut donner naissance à plusieurs pieds distincts.

A la surface du prothalle peuvent aussi se former des sortes de bourgeons pluricellulaires qui s'en détachent et dont chacun reconstitue bientôt un nouveau prothalle identique au premier ; ces bourgeons de dissémination ont reçu

le nom de *propagules*, terme que nous avons déjà rencontré dans l'étude de la multiplication des Mousses.

Les Marattinées. — C'est au voisinage immédiat des Fougères qu'il faut placer des plantes dont le port général, la structure et le mode de développement rappellent tout à fait ceux des Fougères, mais chez lesquelles le sporange, au lieu de provenir d'une cellule unique, tire son origine d'un massif pluricellulaire. Tel est le genre *Marattia*, ou encore le genre *Ophioglossum*, chez lequel la feuille fertile (*fig.* 310) porte, sur la face supérieure d'un limbe lancéolé, un lobe allongé dont la surface se couvre, à sa maturité, de sporanges et se colore entièrement en brun.. Ces genres composent l'ordre des *Marattinées*.

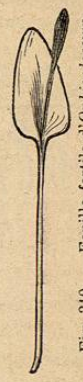


Fig. 310. — Feuille fertile d'*Ophioglossum*.

VINGT-SIXIÈME LEÇON

Les Cryptogames vasculaires (*suite* et *fin*).

Les Hydroptérides. — C'est encore au voisinage des Fougères qu'il convient de placer les *Hydroptérides* (Fougères d'eau), plantes vasculaires et cryptogames qui habitent les lieux très humides ou la surface des eaux dormantes. Chez elles, les organes producteurs des spores, les « fruits », comme on les appelle quelquefois, d'ailleurs très improprement, sont assez voisins des racines ou des organes qui en tiennent lieu : de là vient le nom de *Rhizocarpées* qui sert généralement à désigner ces plantes.

Etude d'un type : Salvinia natans. — Comme type de l'ordre des Hydroptérides, étudions la Salvinie nageante (*Salvinia natans*) (*fig.* 311).