XV. Il y a certains ovules qui ne se composent que de la nucelle et d'un seul tégument (ex. : le noyer); d'autres sont uniquement formés par la nucelle nue (ex. : les Santalacées et les Loranthacées).

XVI. Le tissu contenu dans le sac embryonnaire et celui qui forme les parois de la nucelle sont quelquefois résorbés complétement; et la graine, parvenue à sa maturité, se compose seulement des deux téguments de l'ovule (la primine et la secondine), quelquefois unis en un seul, et de l'embryon.

XVII. D'autres fois le tissu utriculaire du sac ou de la nucelle persiste, s'accroît et forme un corps qui accompagne l'embryon, et qu'on nomme l'*endosperme*.

XVIII. L'endosperme peut être formé par le tissu cellulaire du sac embryonnaire, par celui des parois de la nucelle, ou enfin par les deux réunis.

XIX. Plus rarement il provient de la quartine ou d'une production cellulaire qui tire son origine de la chalaze.

CHAPITRE XVI

FÉCONDATION

La fécondation est la fonction par laquelle le pollen, en se mettant en contact avec l'organe sexuel femelle, détermine dans l'ovule la formation de l'embryon. Par suite de la fécondation, les ovules se changent en *graines*, et les carpelles deviennent des *fruits*.

Nous diviserons en trois périodes les phénomènes de la fécondation. La première comprend les changements qui se font dans l'intérieur de la fleur au moment où la fécondation va s'opérer, et les phénomènes qui précèdent cette fonction : ce sont les phénomènes *préparatoires* ou *précurseurs* de la fécondation. Dans la seconde se trouvent réunis les *phénomènes essentiels*, c'est-à-dire l'action du pollen sur l'organe sexuel femelle, et en particulier sur les ovules. Enfin, la troisième embrasse les changements qui se manifestent dans la fleur, et en particulier dans les organes sexuels, après la fécondation : ce sont les *phénomènes consécutifs*.

I. Phénomènes préparatoires ou précurseurs de la fécondation. — La fécondation s'opère en général dans les végétaux au moment de l'anthèse, c'est-à-dire quand les parties qui composent la fleur s'épanouissent et découvrent les organes sexuels. On voit les anthères, jusqu'alors parfaitement intactes, entr'ouvrir leurs loges, et le pollen s'en détacher pour se répandre sur le stigmate, et souvent sur les autres parties de la fleur : c'est alors que la fécondation commence à s'opérer. Cependant il est un certain nombre de végétaux chez lesquels la fécondation a lieu avant l'épanouissement complet de

la fleur, quand le périanthe recouvre encore les organes sexuels; de ce nombre sont plusieurs plantes de la famille des Synanthérées et de la famille des Campanulacées. Quand la fleur s'épanouit, déjà les anthères sont ouvertes et en parties vides; la fécondation est achevée.

Au moment où la fécondation doit s'opérer, il se fait souvent dans les organes sexuels des changements assez appréciables qui précèdent cette fonction, ou bien ces organes exécutent des mouvements plus ou moins marqués. Nous les signalerons dans quelques-uns des végétaux où ils sont le plus évidents.

Au moment de l'épanouissement de la fleur, les étamines prennent un développement rapide. Jusqu'alors elles avaient été gênées dans leur accroissement par l'obstacle que leur opposaient les enveloppes florales. Dès que celles-ci se sont écartées, les étamines se redressent, leurs filets s'allongent, et elles prennent la position définitive qu'elles doivent conserver dans la fleur épanouie. C'est alors que les anthères s'ouvrent, et que le pollen en sort pour se répandre sur le stigmate. Très-souvent même les étamines, par un mouvement organique et en quelque sorte spontané, se redressent contre les carpelles et viennent appliquer leurs anthères contre le stigmate ou au-dessus de lui. C'est ce qu'on remarque dans les fleurs de la rue, des *Kalmia*, de l'épine-vinette et de plusieurs autres végétaux.

Très-souvent les styles et les stigmates qui terminent les carpelles, et qui étaient d'abord dressés en faisceau au centre de la fleur, s'infléchissent et se penchent en dehors pour se rapprocher des étamines et être dans une position plus favorable pour se mettre en contact avec le pollen. Les stigmates de la nigelle, des cactus, de l'onagre, exécutent de semblables mouvements. Très-souvent aussi on voit, au moment où la fécondation va s'opérer, les stigmates se tuméfier et excréter en plus grande quantité le liquide visqueux qui lubrifie leur surface et contribue à y retenir les grains de pollen.

[On était autrefois persuadé qu'un pistil est toujours fécondé par les étamines qui l'entourent. Des faits d'hybridité spontanée bien constatés n'avaient pas ébranlé cette conviction, et l'on persistait à voir une cause finale dans le rapprochement des étamines et du pistil et à considérer l'hermaphroditisme comme l'état normal dans les végétaux tandis qu'il était l'exception chez les animaux. Les observations et les expériences de Charles Darwin tendent à détruire ces croyances. Il a d'abord montré que dans les Orchidées un pistil n'est jamais fécondé par l'étamine en contact avec lui. La masse pollinique est enlevée par les insectes qui visitent ces fleurs et transportée sur des fleurs appartenant à d'autres pieds. Darwin cite des insectes agents de ces fécondations à distance; il les nomme et les a vus à l'œuvre. Il a constaté que dans une prairie la plupart des *Orchis* ont perdu leurs masses polliniques, leur nombre est double de celui des *Orchis* qui les ont conservées. L'*Orchis fusca* qui est fort rare en

Angleterre lui a paru recevoir les visites des insectes bien moins souvent que les autres espèces indigènes. C'est le nectar sécrété dans l'éperon des fleurs d'Orchis qui attire les insectes et en particulier les Hyménoptères. Si l'on coupe cet éperon on retrouve toujours ces masses polliniques dans la fleur. Darwin a également examiné sous le point de vue de la fécondation à distance les Orchidées de serre chaude et constaté les mêmes faits. Ainsi, les organes mâles de l'*Angraecum sesquipedale* de Madagascar sont tellement conformés qu'il faut un insecte de grande taille et muni d'une longue trompe pour transporter sa masse pollinique. Dans le genre *Catasetum*, dont beaucoup d'espèces sont désignées, la fécondation ne peut se faire que par l'intermédiaire des insectes.

Par une autre série d'expériences entreprises sur le *Primula sinensis*, Darwin montre que la fécondation d'une fleur par elle-même est peu efficace, c'est-à-dire produit peu de graines; elle l'est davantage si la fécondation se fait entre deux fleurs d'un même pied, encore plus entre deux fleurs appartenant à deux pieds différents : elle est plus efficace encore si la fécondation se fait entre deux variétés du *Primula sinensis*. L'auteur conclut de ces faits qu'une espèce réduite à se féconder par elle-même ne tarderait pas à disparaître, et, par un autre exemple des plus piquants, il montre les relations qui existent entre les mammifères et le monde végétal. Les digitales, en Angleterre, se fécondent réciproquement par l'intermédiaire d'un bourdon qui se creuse un nid dans la terre. Ce bourdon a pour ennemi les campagnols fouisseurs qui détruisent ses nids; mais à son tour le campagnol est poursuivi par les chats. Si donc dans une contrée les chats sont communs, ils favorisent la multiplication des digitales en diminuant le nombre des campagnols destructeurs des bourdons fécondateurs. Que de relations aussi étranges et aussi inattendues nous révéleront les études, sur les deux règnes, faites par des hommes qui, comme Darwin, sont capables de les apercevoir et de les analyser!]

Phénomènes chimiques. Pendant la floraison, la fleur devient le siége d'un phénomène chimique tout à fait différent de ceux que la plante a jusqu'alors accomplis. Elle avait été jusqu'ici un appareil de réduction, c'est-à-dire qu'elle a décomposé de l'air, de l'eau, de l'acide carbonique empruntés à l'atmosphère ou au sol : elle a, en conséquence, fixé du carbone, de l'hydrogène et de l'azote, et exhalé de l'oxygène. Maintenant elle devient un appareil de combustion. Elle expire de l'acide carbonique, et produit de la chaleur. Cet acide carbonique, elle le forme surtout en prenant du charbon au sucre ou à la dextrine accumulés par les phénomènes de la nutrition. Aussi voit-on ces matières disparaître à l'époque où les fleurs s'épanouissent. C'est donc avant l'époque de leur floraison qu'on doit récolter les végétaux cultivés pour le sucre qu'ils contiennent.

En même temps, la plante dégage de la chaleur, et par conséquent elle se rapproche alors des animaux qui, par l'acte de la respiration, donnent naissance à de l'acide carbonique et à un dégagement plus ou moins grand de calorique.

Développement de la chaleur. La chaleur développée par la fleur au moment où la fécondation va s'opérer est ordinairement peu appréciable à nos sens; mais elle se manifeste à l'aide des instruments très-délicats, et, entre autres, des aiguilles thermo-électriques de Becquerel. Cependant, dans le spadice des plantes de la famille des Aroïdées, la chaleur développée à cette periode est telle, qu'elle peut être perçue par la main qui touche cet organe. Déjà Lamarck et Bory de Saint-Vincent avaient constaté cette élévation de température dans les plantes de cette famille. Depuis cette époque, le même phénomène a été observé par un grand nombre de physiologistes. Ainsi, K. H. Schultz, de Berlin, a vu le spadice du *Caladium pinnatifidum* présenter une température de 9°,5 au-dessus de celle de l'atmosphère. Dutrochet l'a trouvée de 12 degrés dans l'*Arum maculatum;* Gœppert de 14 degrés dans l'*Arum Dracunculus;* et enfin Van Beck et Bergsma l'ont vue dépasser de 22 degrés la température de l'air ambiant dans le spadice du *Colocasia odora*. Elle est aussi très-notable dans la fleur de la *Victoria regia* avant que les anthères se soient ouvertes.

II. Phénomènes essentiels de la fécondation. — Nous distinguerons trois périodes dans les phénomènes essentiels de la fécondation : 1° les changements qui s'opèrent dans les grains de pollen, en contact avec le stigmate; 2° la manière dont ils se mettent en contact avec les ovules; 3° l'action du pollen sur les ovules.

I. Changements qui s'opèrent dans les grains de pollen, en contact avec le stigmate. Quand les grains de pollen sortent des loges de l'anthère, au moment où celles-ci viennent de s'ouvrir, ils tombent, non-seulement sur le stigmate, mais encore sur les autres parties de fleur. Le stigmate, au moment de l'anthèse, s'est souvent gonflé, et le liquide visqueux, qui lubrifie sa surface, y est plus abondant. Aussi les grains de pollen qui ont touché la surface du stigmate y y restent-ils adhérents, retenus par le fluide stigmatique.

Dès que les grains polliniques sont en contact avec le stigmate, on les voit bientôt se gonfler. Ceux qui étaient ellipsoïdes ou allongés deviennent presque sphériques; et au bout d'un temps plus ou moins long, de quelques heures pour certaines espèces, de plusieurs jours pour d'autres, on voit, à travers certains points, sortir la membrane intérieure sous la forme d'un appendice tubuleux et vermiforme. Le mode de déhiscence des grains polliniques est toujours déterminé par leur structure. En effet, ceux qui présentent des pores ou ostioles soit simples, soit operculés, ou des plis ou des bandes, émettent ordinairement leurs tubes par ces points spéciaux. Là, comme nous l'avons vu précédemment, la membrane extérieure ou l'exhyménine n'existe

pas du tout, ou du moins est réduite à une excessive ténuité. C'est donc par ces pores ou ces plis que l'endhyménine, distendue par le liquide qui est accumulé dans son intérieur, s'échappe d'abord sous la forme d'une petite protubérance, qui, peu à peu, s'allonge en un tube grêle. Mais lorsque les utricules polliniques ne présentent ni pores ni plis, l'exhyménine, distendue incessamment par la force d'endosmose qui s'exerce à travers ses parois, se déchire dans plusieurs points, par lesquels s'échappe l'endhyménine. Le nombre des appendices que peut émettre chaque grain est très-variable : tantôt on n'en voit qu'un seul, tantôt on en compte deux ou trois, comme dans les pollens triangulaires des onagres. Amici (*Ann. des sc. nat.*; nov., 1830) pense que d'une même utricule peuvent sortir dix, vingt, et même jusqu'à trente appendices tubuleux. Ce nombre est nécessairement en rapport avec celui des pores, quand ceux-ci existent, et nous savons qu'il peut être quelquefois très-considérable. Les tubes polliniques sont remplis par le liquide fécondant, la *fovilla*, et il est facile de voir à travers ses parois minces et transparentes le mouvement des corpuscules microscopiques qu'il contient.

Aussitôt que les tubes polliniques sortent du grain de pollen, dans la partie par laquelle celui-ci est en rapport avec le stigmate, ils s'insinuent par l'allongement successif de leur sommet, à travers le tissu utriculaire qui constitue la masse du stigmate. C'est en écartant les utricules, en s'interposant entre eux, que l'allongement de ces tubes a lieu; et dans une coupe longitudinale du stigmate, on parvient à découvrir quelques-uns de ces tubes et à suivre leur direction. Après avoir traversé toute l'épaisseur de la masse celluleuse constituant le stigmate, l'extrémité des tubes arrive dans la partie centrale du style. Celle-ci est occupée par un tissu cellulaire particulier, plus ou moins lâche, de formation plus récente, qu'on a désigné sous le nom significatif de *tissu conducteur*. Les tubes polliniques traversent ce tissu et arrivent jusque dans l'ovaire. La paroi interne de celui-ci est tapissée par une couche plus ou moins mince de tissu conducteur, se continuant immédiatement avec celui qui remplit le canal central du style. C'est en traversant ce tissu que les extrémités des tubes du pollen arrivent jusqu'aux ovules.

[Le tube pollinique s'allonge dans le tissu conducteur par son extrémité libre; quelquefois il se divise : dans le hêtre, presque toujours, souvent dans les Conifères, les *Crocus*, l'*Œnothera muricata* et les violettes, de façon qu'un seul boyau peut féconder plusieurs ovules. L'intervalle du temps nécessaire au tube pollinique pour parvenir du stigmate à l'ovule varie suivant les espèces, il n'est point en rapport avec la longueur du style. Dans le glaïeul (*Gladiolus segetum*), dont le style a environ 4 centimètres de longueur, le boyau, suivant Schacht, arrive en trois jours du stigmate à l'ovule; dans le colchique, d'après M. Hofmeister, en dix à douze heures environ. Quoique la viscosité qui recouvre le stigmate détermine par endosmose la hernie du boyau pollinique, il existe des plantes où cette hernie se fait déjà dans les anthères mêmes; ex.: *Limodorum abortivum*, les cyprès et les *Strelitzia Reginæ* et *S. augusta*. Le tissu conducteur alimente le boyau pollinique, et le conduit ainsi sûrement jusqu'à l'ovule. Dans les Conifères et les Cycadées, où la graine est nue, le grain de pollen tombe directement sur l'ovule, le tégument et la nucelle sécrètent un liquide qui détermine l'issue du boyau. Dans l'*Araucaria brasiliensis* (Schacht, t. X, *fig.* 27), les boyaux polliniques pendent souvent comme de longs filaments en dehors de l'exostome. — Dans beaucoup de cas le boyau pollinique se dessèche avec le stigmate lorsqu'il est arrivé à l'ovule; on le voit dans les plantes où un long intervalle s'écoule entre l'arrivée du pollen sur le stigmate et la fécondation de l'ovule, par exemple le noisetier et l'aune. Dans ces deux arbres le pollen se répand à une époque (le noisetier en février) où les ovules ne sont pas encore développés, ce qui n'a lieu qu'en juin pour le noisetier. Dans beaucoup de Conifères la fécondation se fait un an après l'émission du pollen qui est inactif ou émet son boyau; celui-ci reste sans périr pendant un an dans le tissu conducteur. Aussi ces arbres mûrissent-ils leurs graines très-lentement : *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Taxus*, *Podocarpus*, *Araucaria*, *Thuya*, *Cupressus* et *Ephedra*, en un an; la plupart des pins en deux ans, le pin pignon et les genévriers en trois. Dans le Colchique, le pollen arrive au sac embryonnaire en automne, et ce n'est qu'au printemps, en avril, que M. Hofmeister a reconnu les premiers signes de la fécondation de l'ovule.]

II. Action des tubes polliniques sur les ovules. Au moment où la fécondation s'opère, les ovules ont une organisation merveilleusement en rapport avec les phénomènes qui vont s'accomplir en eux. La nucelle est recouverte de deux membranes percées, chacune à leur sommet, d'une ouverture qui s'est considérablement rétrécie, mais qui, cependant, permet une libre communication entre le sommet de la nucelle et l'extérieur. C'est par cette ouverture que l'extrémité des tubes du pollen s'introduit dans l'ovule. Il arrive ainsi jusqu'au sommet de la nucelle. Or, à cette période, ce dernier organe est creusé d'une cavité intérieure, de forme et de dimension variées, constituant le *sac embryonnaire*. C'est dans cette cavité qu'existe ou que va se former la vésicule embryonnaire naissant de son sommet, et portée par son tube *suspenseur*, composé d'une série d'utricules superposées.

L'extrémité du tube pollinique se trouve en contact avec le sommet de la nucelle. Or, les parois de celle-ci sont formées d'une ou de plusieurs couches d'utricules, entre lesquelles l'extrémité du tube s'insinue pour arriver jusqu'à la paroi externe du sac embryonnaire, avec laquelle il se soude plus ou moins intimement. C'est là le terme

de l'élongation des tubes polliniques, que jusqu'à présent les observations les plus exactes n'ont pu voir pénétrer plus loin. C'est à la suite de ce contact que la vésicule embryonnaire, d'abord simple, et remplie d'un liquide contenant une grande quantité de granulations organiques, se convertit par segmentation en une masse de tissu utriculaire qui petit à petit s'organise en un embryon.

[Pendant plusieurs années une autre théorie sur la fécondation a eu cours en Allemagne. Elle soutenait que le tube pollinique pénètre dans le sac embryonnaire et que c'est l'extrémité elle-même de ce tube qui s'y développe en embryon. Formulée d'abord par Horkel et Schleiden, adoptée et défendue par Schacht, elle fut, en 1856, loyalement abandonnée par ce botaniste qui la reconnut non conforme à la réalité.]

La fécondation consiste donc dans le contact de l'extrémité libre d'un tube pollinique avec le sac embryonnaire. C'est à la suite de ce simple contact que l'embryon se développe à l'intérieur de la vésicule embryonnaire. Il est intéressant de suivre la série de changements qui vont s'opérer successivement dans ce dernier organe.

La vésicule embryonnaire placée au sommet du filet *suspenseur* s'est renflée et a pris successivement une forme globuleuse. Elle est remplie d'un liquide contenant une grande quantité de matière granuleuse. Peu de temps après la fécondation, on voit se développer dans l'intérieur de cette utricule une cloison longitudinale, dirigée par conséquent dans le sens du filet suspenseur, et qui la partage en deux utricules. Bientôt chacune de ces deux utricules secondaires se partage en deux autres, qui toutes éprouvent successivement la même segmentation. Il en résulte nécessairement une petite masse de tissu utriculaire, limitée extérieurement par l'utricule primitive formant la vésicule embryonnaire; ces utricules contiennent chacune un nucléus ou noyau. C'est cette masse de tissu utriculaire qui, petit à petit, va s'organiser en embryon. Son extrémité supérieure, celle qui correspond au filet suspenseur, s'allonge légèrement en un corps conoïde, qui, dans l'embryon parfait, constituera la radicule. En même temps l'extrémité opposée tantôt s'échancre, en formant deux lobes épais, obtus, d'abord peu distincts : ce sont les deux *cotylédons;* tantôt, au contraire, un seul des côtés forme une légère saillie : il n'y a, dans ce cas, qu'un seul cotylédon, et l'embryon sera *monocotylédoné*, tandis que dans le cas précédent l'embryon était *dicotylédoné*.

En même temps que l'embryon s'est ainsi constitué successivement dans l'intérieur de la vésicule embryonnaire, des changements notables se sont opérés dans les autres parties de l'ovule. Dans certains cas, l'embryon, en se développant, absorbe successivement et le sac embryonnaire et le tissu utriculaire, qui formait la nucelle, et l'embryon finit par être immédiatement recouvert par les téguments de l'ovule. D'autres fois le liquide, contenant une matière organique

granuleuse, qui remplit le sac embryonnaire, s'organise en une masse celluleuse qui recouvre et enveloppe complétement le jeune embryon, tandis que les parois de la nucelle ont disparu. C'est à ce corps celluleux, accompagnant l'embryon qu'on a donné le nom d'*endosperme*. Dans quelques plantes, l'endosperme est formé, au contraire, par le développement de la nucelle, qui a fait disparaître la cavité du sac embryonnaire et qui s'applique immédiatement sur l'embryon. Enfin, les deux cas précédents peuvent se réaliser dans un même ovule, c'est-à-dire qu'à mesure que le sac embryonnaire se remplit de tissu utriculaire, pour former un premier endosperme appliqué sur l'embryon, les parois de la nucelle, en s'épaississant, en constituent un second, qui refoule le premier dans la partie supérieure de la graine, laquelle, dans ce cas, est pourvue d'un double endosperme : c'est ce qu'on observe dans les plantes de la famille des Nymphéacées, des Pipéracées, etc.

A mesure que l'embryon s'est développé, le filet suspenseur qui l'attachait au sommet du sac embryonnaire est successivement résorbé. Cependant il persiste quelquefois sous la forme d'une sorte de filament partant de la pointe de la radicule, traversant la masse de l'endosperme, et se fixant vers le point opposé de la graine.

Les deux membranes qui recouvraient la nucelle, la primine et la secondine, en augmentant d'étendue, deviennent ordinairement plus minces. Dans un grand nombre de cas, elles se soudent en une membrane unique, formant le tégument propre de la graine, en même temps que les deux ouvertures qu'elles offraient à leur sommet, et par lesquelles l'extrémité du tube pollinique a été mise en contact avec la nucelle, se resserrent et ne forment plus qu'une ouverture punctiforme, qu'on nomme le *micropyle*, dans la graine parvenue à son état de maturité. C'est après avoir subi ces métamorphoses diverses que l'ovule arrive à l'état de graine, et contient un embryon capable de reproduire un nouveau végétal.

[Nous devons ajouter ici, d'après Schacht, les résultats des recherches les plus modernes sur la formation de l'embryon. Ne s'agit-il pas, en effet, de l'acte le plus important et encore le plus mystérieux de la physiologie, la formation des premiers rudiments d'un être organisé? A l'extrémité du sac embryonnaire on voit, près du micropyle, deux cellules, rarement plus, appelées vésicules ou corpuscules embryonnaires (*Keimblæschen* ou *Keimkœrperchen* des anatomistes allemands). A l'extrémité opposée, du côté de la chalaze, se développent une ou plusieurs cellules appelées les antipodes (*Gegenfüssler*) des corpuscules embryonnaires. Les premiers ont été découverts par Amici, les seconds par Hofmeister; ils n'existent pas dans tous les genres.

Les vésicules embryonnaires sont de petites cellules bien limitées, remplies d'un liquide clair ou chargé de granules, souvent assez nom-

breux pour que la cellule soit complétement opaque; quand elle est transparente, on y remarque le nucléus. Ces utricules ne sont pas entourées d'une membrane résistante, et au bout de quelques instants ils semblent se dissoudre dans le liquide du porte-objet du microscope, mais dans le glaïeul, les *Crocus*, le *Phormium*, les *Yucca*, le maïs et la chayotte (*Sechium edule*), Schacht a constaté que l'extrémité supérieure de ces cellules ne se dissolvait pas. Elle persiste et se compose d'un faisceau de filets blancs parallèles qu'on peut séparer avec une aiguille. Schacht, qui les a vus le premier, leur a donné le nom d'appareil filamenteux (*Fadenapparat*) du corpuscule embryonnaire. La pointe de cet appareil, arrondie et brillante, faisait saillie hors du sac embryonnaire. Schacht les considère comme des canaux; MM. Pringsheim et Strasburger y voient l'analogue de la cellule de canal des archégones des Cryptogames. La partie inférieure de la vésicule est arrondie et nettement délimitée, elle contient beaucoup de protoplasma; si la vésicule n'est pas fécondée, elle se raçornit et reste unie à l'appareil filamenteux sous la forme d'une masse granuleuse, mal circonscrite. Mais si un tube pollinique se met en rapport avec un appareil filamenteux, la boule de protoplasma s'entoure d'une membrane résistante et son contenu granuleux se colore en jaune par l'iode. Schacht, Henfry et Radlkofer sont d'accord pour attester l'exactitude de ces faits. Ces deux vésicules ou corpuscules embryonnaires, car il y en a rarement plus de deux, paraissent être le résultat de la division d'une cellule primordiale, et sont logées dans la partie inférieure de l'exostome (*Gladiolus*, *Crocus*, *Zea*); dans le *Watsonia*, les appareils filamenteux font saillie hors de l'exostome.

Les antipodes des vésicules embryonnaires sont des cellules avec protoplasma granuleux et un nucléus distinct; elles sont entourées d'une membrane qui ne se dissout pas dans l'eau. Leur nombre est assez constant, mais varie suivant les espèces. Il n'y en a qu'une dans les *Pedicularis* et *Latræa*. Deux ou trois dans les glaïeuls, les *Crocus*, les Liliacées et les Iridées, en général. Un plus grand nombre couronnent l'extrémité du sac embryonnaire, tournée vers le chalaze dans le maïs. (Schacht, tab. XI, fig. 2 et 3.) Hofmeister et l'auteur précité n'ont pas vu que ces cellules se multipliassent ni prissent aucune part à la formation de l'endosperme. Leur rôle est encore complétement inconnu.

Quand le stigmate est fécondé, le boyau pollinique arrive à travers le tissu conducteur jusqu'au sac embryonnaire et se met en contact avec l'appareil filamenteux, quand cet appareil existe. Alors ce boyau se gonfle, change de forme, devient transparent comme du verre ou prend le brillant de la gélatine. L'union du boyau avec l'appareil filamenteux, qui dépasse toujours le sac embryonnaire, est très-intime; on ne saurait les séparer sans que des filaments restent adhérents à l'extrémité du boyau. Dans la plupart des plantes le boyau ne pénètre

pas dans le sac embryonnaire. Cependant, suivant Hofmeister, dans les *Nayas*, les Passiflores et quelques Géraniacées, il perfore ce sac. Le contenu du boyau pollinique n'a guère changé, sauf que les grains de fécule ont disparu et se sont transformés en une substance que l'iode colore en jaune. Il n'y a ni corpuscules ni filaments doués de mouvement.

Peu de temps après le contact du boyau pollinique, la boule de protoplasma de la vésicule embryonnaire s'entoure d'une forte membrane de cellulose et commence à se séparer de l'appareil filamenteux avec lequel elle était intimement unie; un nucléus se développe au centre; l'une des deux vésicules se prolonge vers le bas et se divise horizontalement en deux moitiés inégales. L'inférieure, plus petite, est la première cellule de l'embryon futur; la supérieure, plus grande, formera le filet suspenseur qui unit l'embryon au sac embryonnaire. La seconde vésicule embryonnaire ne se développe pas, mais est longtemps visible. Comment la substance contenue dans le boyau pollinique pénètre-t-elle dans la vésicule? Là-dessus les avis sont partagés. Hofmeister et Radlkofer croient à une action endosmotique. Schacht pense que l'appareil filamenteux se compose de tubes capillaires qui établiraient une communication directe; mais la présence de cet appareil est très-rare, et il manque dans la très-grande majorité des Monocotylédones et des Dicotylédones.

La formation de l'embryon est à peu près la même dans toutes les plantes; on voit apparaître une boule formée d'un grand nombre de cellules, et cette boule émet latéralement un ou deux prolongements qui seront les cotylédons et entre deux une petite éminence, la future plumule. La boule correspond au point de séparation de la racine et de la tige. Sa partie supérieure produit les cotylédons, l'inférieure la coléorhize, germe de la racine. En même temps on commence à distinguer dans l'axe la moelle, une couche d'accroissement et une écorce. Dans la couche d'accroissement se développent des faisceaux fibreux qui, dans l'embryon des chênes, des châtaigniers et du gui, ont déjà des cellules vasculaires. Avant la germination, la plumule est formée dans le dattier, la capucine, le *Persea gratissima*.

Dans la plupart des végétaux l'embryon est nourri par un tissu qui se développe dans le sac embryonnaire : c'est l'endosperme ou albumen; celui-ci se forme par la segmentation du contenu de la vésicule (Antirrhinées, Borraginées, Labiées) ou par la formation de cellules à la paroi interne du sac; celles-ci en engendrent d'autres, et ainsi de suite. Quant au filet suspenseur, il s'atrophie et disparaît.

Dans les Conifères, où l'ovule n'est point contenu dans un pistil, la fécondation par le boyau pollinique s'opère dans une cellule particulière de l'albumen préexistant, découverte par Robert Brown, et appelée par lui *corpusculum*.

Résumons avec Schacht les notions principales que nous possédons actuellement sur la fécondation végétale.

1° Le contenu du boyau pollinique se mélange avec la masse de protoplasma qui préexiste dans la vésicule embryonnaire.

2° La première cellule de la nouvelle plante ne préexiste pas dans le sac embryonnaire, elle est le produit de la fécondation, et c'est la boule de protoplasma qui devient cette première cellule.

3° Le contact du boyau pollinique avec la vésicule est indispensable.

4° Un seul boyau pollinique peut féconder plusieurs corps embryonnaires.]

Quels sont les rapports qui existent entre l'ovule des végétaux phanérogames, les seuls dont nous nous occupions ici, et l'ovule des animaux? C'est une question intéressante et qui mérite que nous nous y arrêtions un instant. L'ovule, dans les animaux supérieurs, existe dans la masse ovarienne; ou dans les tubes qui en tiennent lieu, dans les animaux d'une organisation plus simple il apparaît d'abord sous la forme d'une simple utricule, à la paroi interne de laquelle en existe un second plus petit constituant la *vésicule germinative*. Cette dernière disparaît après la fécondation. C'est dans l'utricule primitive qu'existe le *vitellus*, matière formée d'abord d'une substance granuleuse, qui, par une segmentation successive, se partage en globules de plus en plus nombreux. C'est ce corps (le vitellus) qui, petit à petit, se transforme s'organise en un tissu primitif, base et trame du germe ou embryon.

Pour trouver dans la plante un organe analogue par la simplicité de son organisation et par les transformations qu'il doit subir, il faut aller non pas seulement au sac embryonnaire, comme quelques auteurs l'ont prétendu à tort, mais jusqu'à la vésicule embryonnaire, placée dans ce dernier, où elle est libre et pendante au sommet du filet suspenseur. C'est, en effet, primitivement une utricule simple, remplie de matière organique, et qui, après la fécondation, se divise en deux utricules secondaires, par la production d'une cloison médiane. Ces deux utricules, se subdivisant et se segmentant successivement, forment la masse celluleuse qui finit par constituer l'embryon. L'*ovule animal* est donc représenté, dans la plante, uniquement par la vésicule embryonnaire. La matière granuleuse qu'elle contient est analogue au vitellus de l'œuf des Mammifères, puisque, comme ce dernier, c'est elle qui se transforme en un tissu utriculaire, susceptible aussi de segmentation, et finissant par constituer l'embryon. Le sac embryonnaire, les parois de la nucelle, sont des parties accessoires, analogues au jaune de l'œuf, dans les oiseaux, c'est-à-dire qu'ils fournissent au jeune embryon les premiers matériaux de sa nutrition, et que celui-ci finit fréquemment par les résorber et les faire disparaître.

III. Fécondation des plantes dioïques. — Les plantes dans lesquelles les deux sexes sont portés sur deux individus séparés sont

évidemment dans des conditions peu avorables pour que le pollen vienne se mettre en communication avec les ovules afin de les féconder. Cependant, dans l'immense majorité des cas, la fécondation s'effectue également dans les plantes dioïques. Ainsi nos saules, la mercuriale si commune dans nos cultures, le chanvre si précieux par ses fibres textiles, donnent naissance à des graines fécondes. Le pollen, ou la matière fécondante, est merveilleusement organisé pour faciliter son action sur le stigmate. Les granules qui le composent sont tellement petits, tellement nombreux, qu'ils forment une poussière fine et légère, que le vent et les insectes transportent avec une grande facilité, et souvent à des distances très-considérables. On cite des arbres dioïques, des palmiers, des pistachiers, par exemple, dont les fleurs femelles ont été fécondées par le pollen, bien que les individus mâles en fussent séparés par une distance plus ou moins grande, et quelquefois même de plusieurs lieues.

Plusieurs palmiers sont cultivés en grand, parce que leurs fruits servent d'aliment dans des contrées tout entières. Ainsi, par exemple, les dattiers sont en Égypte, dans quelques points de l'Algérie et de l'Asie, l'objet d'une culture très-abondante. Comme ces végétaux sont dioïques, on ne cultive guère que les individus femelles, les seuls qui donnent des fruits. Les mâles y sont en petit nombre, et le plus souvent en dehors des jardins ou des vergers. Pour assurer la fécondation des fleurs femelles, et par conséquent la formation des fruits, on opère artificiellement cette fécondation. A l'époque de la floraison, on recueille les énormes régimes de fleurs mâles, et un homme, en montant au sommet, des dattiers femelles, secoue les fleurs mâles et répand leur pollen sur les fleurs femelles. Sans cette précaution, l'expérience a montré que la plupart des fleurs femelles resteraient infécondes. On peut ainsi transporter au loin des fleurs mâles, et, en les plaçant au-dessus des fleurs femelles, opérer la fécondation de ces dernières.

[Dans les oasis voisins de Biskra en Algérie, la maturité du pollen dans les étamines du palmier-dattier a lieu à une époque où la spathe du régime femelle n'est pas encore ouverte. Les Arabes montent sur les dattiers femelles, écartent les bords de la spathe et y insinuent un pédoncule mâle chargé d'anthères ouvertes. La fécondation s'opère ainsi dans la spathe.

IV. Fécondation entre des espèces différentes. — Des espèces différentes peuvent se féconder et engendrer des hybrides, plantes qui participent des caractères du père et de la mère. Souvent ces hybrides ne sont pas fertiles et incapables de se propager, souvent aussi elles le sont; cela résulte des expériences de MM. Esprit Fabre, Godron, Naudin, Lecoq, etc. Esprit Fabre montra le premier que l'*Ægilops triticoïdes*, Req., était une hybride du froment et de l'*Ægilops ovata* ou *Ægilops triaristata*. Godron, Planchon et Groenland s'en assurèrent

expérimentalement en fecondant des *Ægilops* avec du pollen de différentes variétés de *Triticum*. Ils obtinrent des hybrides bien caractérisées qui donnèrent à leur tour des graines et du pollen fertiles. M. Naudin opéra sur les genres *Primula*, *Datura*, *Nicotiana*, *Petunia*, *Linaria*, *Luffa* et *Cucumis*. Sur 40 hybrides obtenues, 10 seulement se montrèrent entièrement stériles. M. Lecoq a surtout hybridé les espèces du genre *Nyctago* et obtenu des métis d'une fixité remarquable. Toutefois, c'est l'exception, car tous les hybrides ont une tendance remarquable à revenir aux formes productrices, quand même ils sont fécondés par leur propre pollen. D'autre part, leurs organes végétatifs, racines, tiges, feuilles, périanthes sont souvent plus développés que chez leurs générateurs, tandis que les organes reproducteurs y sont affaiblis ou même impropres à la fécondation. C'est le résultat le plus certain de toutes les expériences faites sur ce sujet.]

V. Fécondation dans les plantes a pollen solide.—Ces plantes sont également dans des conditions peu favorables pour que leur pollen soit mis en contact avec le stigmate, puisque ce pollen se compose d'utricules réunies en masses solides. Cependant quelques circonstances se rencontrent dans ces plantes, qui diminuent les inconvénients de cette structure du pollen. Ainsi : 1° les plantes à pollen solide ont constamment des fleurs hermaphrodites; par conséquent, les anthères sont toujours très-rapprochées du stigmate; 2° dans les Orchidées et les Asclépiadées, les deux seules familles où le pollen soit solide, les anthères sont en contact avec le pistil, et souvent même (dans les Orchidées) complétement soudées avec lui.

La fécondation dans ces deux familles s'exécute à peu près de la même manière que dans celle dont le pollen est pulvérulent, seulement avec quelques modifications rendues nécessaires par la disposition singulière de leur pollen et la simplicité de structure des grains qui le composent. Ceux-ci, en effet, ne sont composés que d'une seule membrane.

Il y a déjà quelques années, et à peu près en même temps, que Rob. Brown, à Londres, et A. Brongniart, à Paris, ont reconnu que, lorsque les pollens solides des Orchidées étaient appliqués sur le stigmate placé immédiatement au-dessous de l'anthère, ils s'y comportaient absolument de la même manière que les pollens pulvérulents : les points par lesquels les utricules polliniques qui les constituent sont en contact avec le stigmate s'allongent en tubes qui s'insinuent à travers le tissu du stigmate, et parviennent par cette voie jusqu'aux ovules. Ici, évidemment, c'est la membrane unique constituant ces utricules qui s'est allongée en un appendice tubuleux.

Les Asclépiadées ont offert quelques différences, à cause de l'organisation particulière de leurs masses polliniques. Dans les plantes de cette famille, chaque masse pollinique est une sorte de coque cellu-

leuse dont les parois sont épaisses et celluleuses. C'est dans l'intérieur de ces cellules que l'on trouve les utricules polliniques dont la membrane est simple. Au moment où la fécondation doit s'opérer, les anthères, qui sont en quelque sorte appliquées contre le stigmate, s'ouvrent, la coque se rompt sur son bord le plus voisin du stigmate, et à travers cette ouverture on voit sortir un grand nombre d'appendices tubuleux, qui tous naissent des utricules polliniques, dont ils sont également une simple extension, comme dans les Orchidées. Ainsi, par ces observations, on voit que la fécondation s'opère absolument de la même manière dans les plantes à pollen solide et dans celles où il est pulvérulent.

En résumé, la fécondation des végétaux phanérogames présente les phénomènes suivants :

1° Au moment où les anthères s'ouvrent, quelques-uns des grains de pollen vont se fixer sur le stigmate.

2° De chaque grain pollinique sortent un ou plusieurs tubes formés par l'endhyménine.

3° Ces tubes remplis de fovilla s'insinuent dans le tissu du stigmate, puis à travers le tissu conducteur du style, et arrivent dans la cavité de l'ovaire.

4° Ils pénètrent dans les jeunes ovules par l'ouverture de leurs membranes.

5° Arrivée au sommet de la nucelle, l'extrémité du tube pollinique traverse le tissu utriculaire qui le constitue, et se met en contact avec les vésicules embryonnaires, en se soudant intimement avec elles.

6° Il n'y a aucune communication apparente entre l'extrémité du tube pollinique et la cavité du sac embryonnaire, pas plus qu'entre cette extrémité et l'origine du filet suspenseur de la vésicule embryonnaire.

7° C'est à la suite de ce contact que l'utricule terminale de la vésicule embryonnaire, d'abord simple, par une segmentation successive, constitue une masse celluleuse, s'organisant petit à petit en un embryon.

8° Les granules contenus dans la fovilla se dissolvent et disparaissent, et le tube pollinique finit par être résorbé.

[Un certain nombre d'observations faites sur des animaux tels que les abeilles, les papillons, les pucerons, et sur des plantes dioïques telles que la bryone, le chanvre, la mercuriale et autres plantes dioïques, avaient conduit des observateurs éminents à penser qu'une fécondation préalable n'était pas indispensable au développement de l'embryon. C'est ce qu'on a désigné sous le nom de Parthénogenèse. L'exemple le plus célèbre est celui du *Cœlebogyne ilicifolia*. Des pieds femelles de cette euphorbiacée, originaire de l'Australie, fleurissaient dans les jardins de Kew et de Berlin et donnaient des graines

fertiles. Smith, Alexandre Braun, Radlkofer, Schenk avaient étudié cette plante avec le plus grand soin et n'avaient pas trouvé d'organe mâle, ils en concluaient que l'embryon se développait sans avoir été fécondé. M. Karsten (*Ann. des sc. nat.*, 1860) a montré que la fleur du *Cœlebogyne* contient une seule étamine placée à la partie périphérique de la fleur et contenant un pollen sphérique. Cette observation a mis à néant pour cette plante l'hypothèse de la parthénogenèse. Depuis, M. Anderson (*ibid.*, 1863) observa dans le jardin de Calcutta un individu femelle d'*Aberia cafra* dont il a visité deux annés de suite toutes les fleurs mâles sans y découvrir une seule étamine; toutefois, l'arbre fructifie, et les graines ont produit de vigoureux sujets, etc. Terminons en disant : *Sub judice lis est.*]

III. **Phénomènes consécutifs.** — Peu de temps après que la fécondation s'est opérée, on voit survenir une série de changements qui annoncent la nouvelle viabilité qui s'établit dans certaines parties de la fleur au détriment des autres. La fleur, fraîche jusqu'alors, et ornée souvent des couleurs les plus vives, ne tarde point à perdre son riant coloris et son éclat passager. La corolle se fane : les pétales se détachent et tombent. Les étamines, ayant rempli leurs fonctions, éprouvent la même dégradation. Le pistil reste bientôt seul au centre de la fleur. Le stigmate et le style, étant devenus inutiles à la plante, tombent également. L'ovaire seul persiste, puisque c'est dans son sein que la nature a déposé, pour y croître et s'y perfectionner, les rudiments des générations futures du végétal.

C'est l'ovaire qui, par son développement, doit former le fruit. Il n'est pas rare de voir le calice persister avec cet organe, et l'accompagner jusqu'à son entière maturité. Or, il est à remarquer que cette circonstance a lieu principalement quand le calice est *gamosépale;* si l'ovaire est infère ou pariétal, le calice alors persiste nécessairement, puisqu'il lui est intimement uni.

Quelquefois c'est la corolle qui persiste, comme dans les Bruyères.

Dans l'*alkékenge* (*Physalis Alkekengi*), le calice survit à la fécondation, se colore en rouge, et forme une coque vésiculeuse dans laquelle le fruit se trouve contenu. Dans les narcisses, les pommiers, les poiriers, en un mot dans toutes les plantes à ovaire infère ou pariétal, le calice persistant forme la paroi la plus extérieure du fruit.

Peu de temps après que la fécondation a eu lieu, l'ovaire commence à s'accroître; les ovules qu'il renferme se convertissent en graines contenant un *embryon*, et bientôt l'ovaire a acquis les caractères propres à constituer un fruit.

CHAPITRE XVII

FRUIT EN GÉNÉRAL

Nous venons de voir, à la fin du chapitre précédent, qu'après la fécondation, tandis que les autres parties de la fleur se fanent et souvent se détachent du support commun, le gynécée, et particulièrement l'ovaire, continue à s'accroître pour constituer le *fruit*. Le fruit n'est donc que l'ovaire développé après sa fécondation, et contenant des *graines* propres à reproduire de nouveaux individus. Mais assez souvent certaines autres parties de la fleur, et spécialement le calice libre ou soudé avec les carpelles, persistent et font également partie, mais partie accessoire du fruit. Le nom de fruit a aussi été appliqué à des agrégations résultant de plusieurs fleurs, d'abord distinctes, soudées entre elles, puis formant un tout commun que l'on considère comme un fruit. Ainsi le cône des pins et des sapins, la figue, la mûre, etc., sont autant de fruits *composés*, provenant d'un grand nombre de fleurs réunies sur un réceptacle commun.

Le fruit, étant formé par les carpelles, présente la même disposition que ceux-ci offraient dans le gynécée. Ainsi, tantôt le fruit est *simple*, c'est-à-dire formé par un seul carpelle, constituant à lui seul le gynécée, par exemple dans la cerise, le pois, etc.; tantôt il se compose de plusieurs carpelles distincts les uns des autres, comme dans l'hellébore, la pivoine, etc.; tantôt, enfin, il résulte de carpelles soudés entre eux, à des degrés différents de leur étendue, c'est-à-dire que le fruit provient d'un pistil composé. De là, la distinction de quatre sortes de fruits : 1° les fruits *simples* ou *apocarpés;* 2° les fruits *multiples* ou *polycarpés;* 3° les fruits *soudés* ou *syncarpés;* 4° les fruits *composés* ou *synanthocarpés*, c'est-à-dire tous ceux qui sont produits par la soudure en un tout commun de plusieurs fleurs distinctes.

Le fruit se compose de deux parties : le péricarpe, et la graine ou les graines. Le *péricarpe* est formé par les parois mêmes de l'ovaire; les *graines* sont les ovules fécondés et contenant un embryon. Nous allons étudier successivement chacune de ces parties.