manière à laisser le chemin libre devant les deux noyaux, qui continuent à se rapprocher (3). Bientôt, ceux-ci arrivent au contact immédiat l'un de l'autre : leurs filaments et leurs sucs sont encore séparés par l'épaisseur des deux membranes nucléaires juxtaposées (4).

Plus tard, enfin, la membrane de séparation s'efface et disparaît ; les deux filaments nucléaires, dont chacun s'est disloqué en ses 12 segments composants, juxtaposent ces segments et s'unissent en un filament unique, prenant en tout 24 segments. Le noyau de l'œuf est constitué (5) et on voit, par l'étude de son origine, que le phénomène de la fécondation marque le retour du nombre des segments chromatiques à sa valeur normale.

Pendant ce temps, les deux sphères directrices, qui s'étaient rapprochées de chaque côté du noyau de l'œuf, se sont intimement unies et fondues en une sphère unique : ainsi le noyau de l'œuf se trouve pourvu normalement de deux sphères directrices.

On se rappelle que le noyau secondaire du sac embryonnaire provient de la réunion de deux noyaux primitivement distincts ; on peut, dans une certaine mesure, rapprocher ce phénomène de celui qui conduit à la formation du noyau de l'œuf et dont nous connaissons maintenant les détails essentiels.

L'étude du mécanisme intime de la fécondation emprunte son intérêt à sa grande généralité : il paraît être sensiblement le même chez tous les êtres vivants, qu'ils appartiennent au règne animal ou au règne végétal. On voit aussi que cette étude, montrant que l'élément mâle et l'élément femelle prennent deux parts équivalentes à la constitution de l'œuf, permet de comprendre, dans une certaine mesure, comment l'organisme qui procède de ce dernier réunit en lui des caractères empruntés à ses deux parents. La connaissance du phénomène de la fécondation jette, en un mot, quelque lumière sur les lois encore si obscures de l'hérédité.

VINGT-NEUVIÈME LEÇON

Le fruit et la graine. — Conditions nécessaires à la germination.

Conséquences de la fécondation. — La formation de l'œuf est le point de départ de l'évolution de l'ovule en graine et de l'ovaire en fruit. Comme le stigmate reçoit toujours beaucoup de grains de pollen, il est rare que la cavité de l'ovaire ne reçoive pas, à son tour, un nombre de tubes polliniques supérieur à celui des ovules qu'elle renferme : tous ces ovules se transforment donc généralement en graines. Les tubes polliniques qui n'ont pas trouvé d'ovules à féconder meurent sans avoir été utilisés. Tous les grains de pollen que le vent a portés ailleurs que sur des stigmates de même espèce ou d'espèce voisine, sont également perdus pour la fécondation.

Le fruit. — Le *fruit*, au sens le plus général qu'il faut donner à ce mot, n'est pas autre chose que l'ovaire agrandi et modifié de manière à contenir les ovules grossis et transformés en graines : la paroi du fruit porte le nom de *péricarpe*.

L'aspect et la consistance du péricarpe sont très variables dans les fruits mûrs.

Le *péricarpe* est quelquefois *charnu*. Un grain de raisin, une groseille, etc... sont charnus dans toute leur épaisseur ; la seule résistance qu'y rencontre la dent est due aux pépins, qui ne sont pas autre chose que les graines : ces fruits sont des *baies*. Quand un fruit charnu est arrivé à maturité, il tombe sur le sol ; en général, il ne s'ouvre pas ou s'ouvre d'une façon tout à fait irrégulière pour mettre en liberté les graines qu'il renferme ; on dit que c'est un fruit *indéhiscent*.

Dans d'autres fruits, comme ceux de l'Ancolie, du Pois, de la Giroflée, le *péricarpe* est *sec*.

Arrivés à maturité, on voit souvent les fruits à péricarpe sec s'ouvrir d'une façon régulière, sous l'influence de la sécheresse, et donner ainsi la liberté aux graines qu'ils contiennent : le péricarpe est alors *déhiscent* et le fruit est qualifié de *capsule*. C'est souvent par une série de fentes longitudinales que s'ouvre la capsule, et ces fentes décomposent le péricarpe en lambeaux appelés *valves*.

Prenons un exemple.

Après la fécondation, chacun des carpelles qui composent le pistil de l'Ancolie devient une sorte de sac à paroi sèche. Il s'ouvre en forme de cornet par une seule fente, située précisément entre les deux placentas, de manière à reprendre en se déroulant son aspect de feuille : il porte alors sur ses deux bords disjoints les deux rangées de graines. Celles-ci se détachent plus tard des placentas pour tomber sur le sol. Le fruit ainsi formé par chaque carpelle est un *follicule* (*fig.* 370).

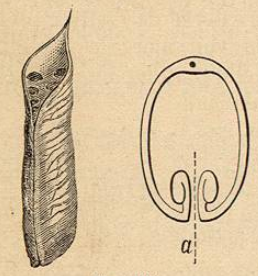

Fig. 370. Follicule de Nigelle. Coupe transversale d'un follicule entr'ouvert (schéma).

On s'est demandé par quel mécanisme est produite la déhiscence des fruits à péricarpe sec.

Les recherches de M. Leclerc du Sablon ont montré que ce phénomène exige, pour se produire, la réunion de deux conditions différentes : l'une, *extrinsèque*, est réalisée par le milieu extérieur ; c'est la sécheresse de l'atmosphère ; — l'autre, *intrinsèque*, est réalisée par le fruit lui-même et consiste en une structure déterminée pour chaque espèce de fruits.

On peut reconnaître par l'expérience qu'une fibre à parois lignifiées, soumise à l'influence de la sécheresse, se contracte plus fortement dans la direction transversale que dans la direction longitudinale. « Pour le démontrer (*fig.* 371),

» dans un copeau de bois mince et homogène, taillé parallè-
» lement à la direction des fibres, on découpe deux rec-
» tangles plans, de même dimension, la direction des fibres
» étant parallèle au petit côté de l'un (*b*) et au grand côté de
» l'autre (*a*) ; on les imbibe d'eau séparément, puis on les
» colle l'un contre l'autre, de façon à ce qu'ils coïncident

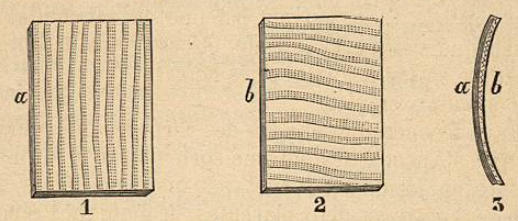

Fig. 371. — 1 et 2, copeaux de bois (*a* et *b*) taillés parallèlement à la direction de leurs fibres, indiquée par les traits pointillés ; 3, les deux copeaux, collés l'un à l'autre, se sont courbés par la dessiccation.

» dans toute leur étendue et que les fibres de l'un soient dans
» une direction perpendiculaire aux fibres de l'autre ; on les
» laisse ensuite se dessécher. On voit alors le système,
» d'abord plan, se recourber de telle manière que la partie
» convexe présente ses fibres parallèles à
» la ligne de plus grande courbure. »

C'est en appliquant cette loi, dans chaque cas particulier, à la structure des parois du fruit, qu'on peut en expliquer le mode de déhiscence. Dans les parois d'un follicule d'Aconit, par exemple, très analogue à celui de l'Ancolie, on distingue deux systèmes de fibres, les unes transversales et distribuées sur toute la hauteur du follicule, les autres longitudinales et formant, le long des placentas, deux cordons parallèles (*fig.* 372). Quand le fruit a atteint sa maturité, l'action de la sécheresse, s'exerçant sur ses parois, a pour effet de le raccourcir plus fortement suivant ses faces latérales que suivant

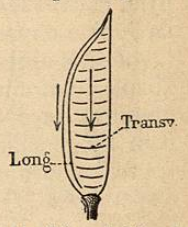

Fig. 372. — Schéma de la disposition des fibres dans un follicule d'Aconit, vue en perspective. — Long., fibres longitudinales ; Transv., fibres transversales.

sa face interne et de cette inégalité résulte la formation de la fente de déhiscence.

Un certain nombre de fruits secs ont un péricarpe indéhiscent, comme la plupart des fruits charnus; ils renferment, en général, une graine unique et reçoivent alors le nom d'*akènes* (*fig.* 373). On peut citer comme exemple le fruit du Sarrasin ou Blé noir.

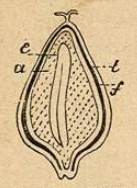

Fig. 373. — Akène de Sarrasin (coupe verticale).

Transformation de l'ovule en graine. — En même temps que la paroi de l'ovaire se transforme en péricarpe, les ovules qu'elle enferme se transforment en graines.

En quoi consiste cette transformation? D'abord la graine est presque toujours plus volumineuse que l'ovule. Mais à cet accroissement de volume s'ajoutent des changements profonds dans la structure de l'organe.

Rappelons-nous qu'après la fécondation l'ovule, fixé au placenta par le funicule, comprend, sous son tégument, une petite masse charnue dite nucelle; à l'intérieur du nucelle, au voisinage d'une ouverture du tégument appelée micropyle, et dans le sac embryonnaire, se trouve l'œuf, résultat de l'union d'une portion du tube pollinique avec l'oosphère.

Aussitôt après la fécondation, la structure du tégument de l'ovule subit d'importantes modifications. Certaines assises prennent un développement exagéré, épaississent et lignifient les membranes de leurs cellules; d'autres, au contraire, comprimées par les tissus voisins, se résorbent et disparaissent. Quand ces transformations sont achevées, le tégument de l'ovule est devenu le *tégument de la graine* : les deux couches du premier, primine et secondine, peuvent persister et prendre part à la constitution du second. A mesure que le tégument se développe pour recouvrir et protéger le contenu de la graine, le micropyle, qui avait servi au passage du tube pollinique et dont le rôle est désormais terminé, se rétrécit et devient parfois presque invisible.

Le parenchyme du nucelle, repoussé peu à peu par les

tissus qui procèdent du sac embryonnaire ou de l'œuf, se résorbe en général : la graine mûre n'en renferme ordinairement plus de traces; dans certains cas, cependant, une partie du nucelle peut persister et garder l'aspect parenchymateux; quelquefois aussi, les assises les plus superficielles du nucelle, persistant après la résorption des autres, prennent part à la constitution du tégument de la graine.

A peu près au moment précis de la fécondation, le noyau secondaire du sac embryonnaire subit une première bipartition (*fig.* 374, 2). Les deux noyaux qui en résultent se divisent, à leur tour, en deux autres (3), et ainsi de suite un certain nombre de fois, de sorte que le noyau secondaire est bientôt remplacé par un grand nombre de noyaux qui gagnent la périphérie du sac embryonnaire et viennent se loger sous sa membrane (4). Puis des cloisons cellulosiques se forment entre ces noyaux et se raccordent avec la membrane générale du sac, de manière à emprisonner chacun d'eux, avec le protoplasme qui l'environne, dans une sorte d'alvéole ouverte vers l'intérieur du sac embryonnaire (5). Plus tard, chacun des noyaux de cette couche pariétale se divise en deux et l'un des deux nouveaux noyaux ainsi formés se porte vers le centre du sac (6). Une cloison cellulosique se forme entre les deux noyaux issus de la bipartition et le sac embryonnaire contient dès lors, à l'intérieur d'une assise de cellules complètement closes, une nouvelle série d'alvéoles largement ouvertes vers l'intérieur (7). Le même phéno-

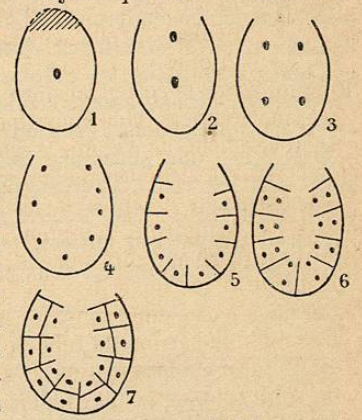

Fig. 374. — Formation de l'albumen (schéma). — La partie couverte de hachures dans le premier croquis représente la région du sac embryonnaire dans laquelle se forme l'embryon, dont il n'est pas tenu compte dans tous ces croquis.

mène de bipartition se renouvelant un certain nombre de fois, les noyaux ne tardent pas à envahir, de proche en proche, le sac embryonnaire tout entier et celui-ci est bientôt remplacé par un tissu parenchymateux et compact. Ce tissu s'étend peu à peu, refoulant et digérant le nucelle qui l'environne; en même temps il se gorge de substances nutritives, par exemple d'amidon ou d'huile, et constitue pour la graine une sorte de réserve à laquelle on donne le nom d'*albumen*.

Quand la réserve nutritive est surtout formée d'amidon, comme dans la graine du Blé, on dit que l'albumen est *farineux*. Quand elle comprend de l'huile, comme dans le Ricin, l'albumen est dit *oléagineux*. Quand elle est surtout formée par une accumulation de cellulose dans les parois épaissies des cellules de l'albumen, celui-ci est *corné*; c'est ce qui arrive chez le Caféier et chez le Dattier.

Mais il est une substance nutritive qui se trouve, soit seule, soit associée à d'autres, dans beaucoup d'albumens, qu'on ne retrouve pas, d'autre part, dans les cellules de l'appareil végétatif et qui est, par conséquent, très caractéristique de la graine : je veux parler de l'*aleurone*.

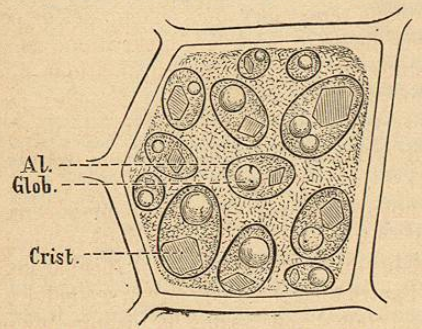

Fig. 375. — Une cellule contenant des grains d'aleurone (Al.). — Glob., globoïde; Crist., cristalloïde.

L'*aleurone* se présente, à l'intérieur des cellules, sous forme de globules ou grains arrondis, solubles dans l'eau, insolubles dans l'huile ou la glycérine : on comprend que, pour les observer, c'est dans un de ces derniers réactifs qu'il est nécessaire de placer la coupe qu'on veut examiner. Le corps du grain d'aleurone (*fig.* 375) est formé d'une substance albuminoïde. Il peut être absolument homogène; souvent, au contraire, il contient, enclavés dans

sa masse, des corpuscules figurés qu'on peut rapporter à deux types principaux. Les uns, dont le contour est arrondi, sont qualifiés de *globoïdes*; l'étude de leurs réactions chimiques a permis de reconnaître qu'ils sont formés par un *glycéro-phosphate de chaux et de magnésie*. Les autres, limités par des faces à peu près planes, sont qualifiés de *cristalloïdes*; leur composition chimique paraît être albuminoïde, comme celle du corps qui les emprisonne. On n'est pas très fixé sur la nature morphologique, sur l'origine et sur le mode de développement des grains d'aleurone : certains auteurs les considèrent comme des vacuoles dont le contenu se serait précipité sous forme solide, par l'évaporation du suc cellulaire. Quoi qu'il en soit, les grains d'aleurone représentent, dans la graine, la partie albuminoïde de la réserve nutritive, qui n'est pas la moins essentielle.

Pendant que le sac embryonnaire se transforme en albumen, l'œuf ne reste pas inactif (*fig.* 376). A peine constitué par l'acte de la fécondation, son noyau subit une première bipartition. Si nous nous rappelons, d'une part, l'origine de ce noyau, et, de l'autre, le mécanisme de la caryokinèse, nous pouvons remarquer que chacun des deux noyaux nouveaux, issus de cette première bipartition, emporte avec lui une moitié de la substance chromatique du noyau mâle et une moitié de celle du noyau femelle; de même ses sphères directrices emportent une moitié de la substance qui formait celles de chacun des deux noyaux conjugués.

La bipartition du noyau de l'œuf est bientôt suivie d'un cloisonnement et l'œuf se trouve remplacé par deux cellules superposées, l'une voisine du micropyle (nous l'appellerons la cellule supérieure), l'autre dirigée vers le noyau secondaire du sac embryonnaire (nous l'appellerons la cellule inférieure).

La cellule supérieure ne tarde pas à subir des cloisonnements transversaux et longitudinaux : elle donne naissance à une sorte de filament, ordinairement pluricellulaire, qui enfonce la cellule inférieure au sein du sac embryonnaire, et

dont les éléments accumulent quelquefois des substances de réserve. On donne à cet organe le nom de *suspenseur*.

La cellule inférieure, par deux cloisons rectangulaires, se divise d'abord en quatre quartiers; puis ceux-ci prennent des cloisons tangentielles qui déterminent la formation d'un petit massif central, pluricellulaire, protégé extérieurement par une assise de cellules aplaties, un épiderme. Bientôt le massif central cloisonne un grand nombre de fois ses cel-

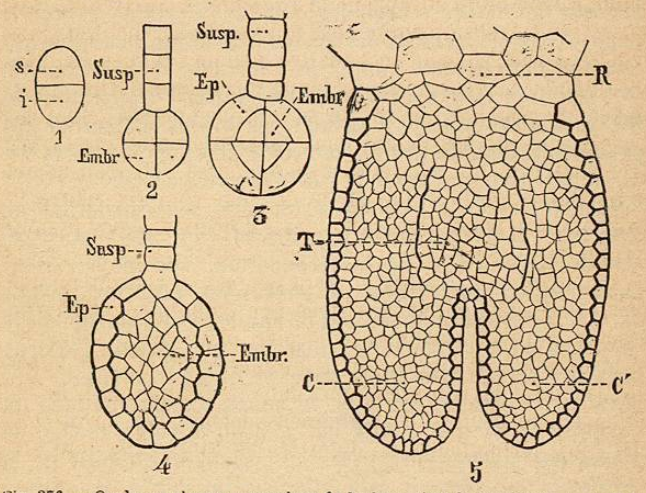

Fig. 376. — Quelques phases successives de la formation de l'embryon. — *s* et *i*, les deux cellules qui proviennent de la première bipartition de l'œuf; Susp., suspenseur; Embr., embryon; Ep., son épiderme; R, radicule; T, tigelle; C, C', cotylédons.

lules, de manière à former un parenchyme, d'abord homogène; en même temps, les cellules de l'épiderme subissent de nombreux cloisonnements radiaux qui permettent à cette assise de suivre le développement du parenchyme qu'elle recouvre. Ainsi se trouve constitué, à l'extrémité inférieure du suspenseur, un organisme simple auquel on donne le nom d'*embryon*. Sa forme, d'abord à peu près sphérique, ne tarde pas à se compliquer davantage. A son extrémité la

plus éloignée du suspenseur se forment deux mamelons symétriques, pendant que l'extrémité voisine du suspenseur s'étire et s'allonge. Plus tard se forme, entre les deux mamelons symétriques, une sorte de saillie conique. En même temps la structure de l'embryon se différencie et bientôt on y peut distinguer plusieurs membres. Un axe, relié au micropyle par le suspenseur, se termine de ce côté par une extrémité conique, présentant les caractères d'une jeune racine et qu'on appelle la *radicule*. A l'extrémité opposée, cet axe se termine par une sorte de bouton dans lequel on peut souvent reconnaître quelques jeunes feuilles, étroitement serrées : c'est un bourgeon rudimentaire, qu'on appelle la *gemmule*. Avant de se terminer par la gemmule, l'axe porte, sur ses flancs, deux lobes présentant la symétrie bilatérale qui caractérise les feuilles : on leur donne le nom de *cotylédons*. La partie de l'axe comprise entre la radicule et le point d'insertion des cotylédons a reçu le nom de *tigelle*.

A mesure que l'embryon se développe, il consomme une partie des substances nutritives que l'albumen a mises en réserve. On voit ainsi que ce dernier, placé entre l'embryon et le nucelle, est digéré par le premier pendant qu'il digère le second, et on comprend que, dans la graine mûre, le développement définitif de l'albumen dépend de la façon dont ces deux phénomènes de digestion se sont réglés l'un sur l'autre.

Nous n'avons rien dit du sort des synergides et des antipodes, que le sac embryonnaire contenait encore au moment de la fécondation : ces deux groupes de cellules, qui n'ont pris aucune part à ce dernier phénomène, ne tardent pas à se flétrir et à disparaître.

Si nous résumons en quelques mots les transformations que l'ovule subit pour devenir une graine, nous voyons que le tégument de l'ovule forme le tégument de la graine; le nucelle se résorbe généralement, digéré par les organes situés plus profondément; le sac embryonnaire fournit l'albumen; enfin l'œuf se développe en un embryon, dont les

parties essentielles sont la radicule, la tigelle, la gemmule et les cotylédons.

Constitution de la graine mûre. — Ainsi, lorsque la graine est arrivée à maturité, elle peut enfermer dans son tégument : 1° les restes du nucelle, qui, dans ce cas, emmagasine aussi des substances de réserve; — 2° l'albumen, procédant du sac embryonnaire; — 3° l'embryon, dont toutes les parties sont issues de l'œuf. Cette structure complète se rencontre, d'ailleurs, assez rarement; on l'observe, par exemple, dans la graine du Nénuphar (*fig.* 377).

Le plus souvent, l'albumen, en se développant, absorbe le nucelle tout entier et le contenu de la graine mûre se réduit à l'albumen et à l'embryon : on dit alors que la graine est

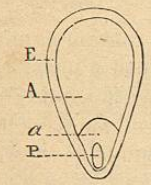

Fig. 377. — Graine de Nénuphar. — E, tégument; A, albumen nucellaire; *a*, albumen proprement dit; P, embryon.

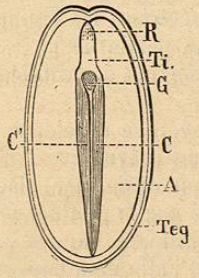

Fig. 378. — Coupe dans une graine albuminée. — Teg., tégument; A, albumen; R, radicule; Ti., tigelle; G, gemmule; C, C', cotylédons.

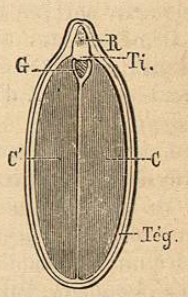

Fig. 379. — Coupe dans une graine exalbuminée (même légende que pour la figure précédente).

albuminée (*fig.* 378). Lorsque les cotylédons restent plus ou moins plats et plus ou moins foliacés, l'albumen est très volumineux et riche en réserves nutritives; c'est ce qui arrive par exemple dans la graine du Ricin, où l'albumen est oléagineux. Parfois, au contraire, les cotylédons absorbent tout l'albumen avant la maturation de la graine. Le contenu de celle-ci se réduit alors à l'embryon, dont les cotylédons sont charnus et gorgés de réserves; c'est ce qu'on observe dans

les graines du Haricot, du Pois, etc., où les deux cotylédons, chargés d'amidon et d'aleurone, remplissent à eux seuls presque toute la cavité du tégument : on dit alors que la graine est *exalbuminée* (*fig.* 379).

Dissémination de la graine. — Quand la graine est arrivée à maturité, elle se détache du péricarpe par la rupture de son funicule, qui laisse à la surface du tégument une cicatrice, ordinairement foncée et souvent saillante, le *hile*. La graine tombe alors directement sur le sol ou est entraînée au loin par le vent, si les ornements de sa surface favorisent sa dissémination. Lorsque le fruit est indéhiscent, il se prête quelquefois tout entier à un semblable transport; c'est ainsi que les fruits de l'Orme (*fig.* 380), du Frêne, de l'Erable, qui sont des akènes simples ou doubles, prolongent leurs téguments en forme d'ailes latérales qui offrent plus de prise au vent : on donne à ces fruits le nom de *samares*.

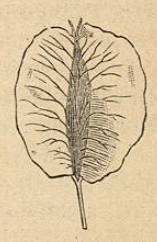

Fig. 380. Samare de l'Orme.

Germination de la graine. — On appelle *germination* de la graine la série de phénomènes par lesquels une graine, placée dans des conditions favorables, donne naissance à une nouvelle plante plus ou moins semblable à celle qui l'a elle-même formée.

Vie ralentie de la graine mûre. — La graine mûre et desséchée paraît au premier abord morte; en réalité la vie n'y est pas absolument suspendue; elle est seulement *ralentie*, comme l'ont montré quelques expériences précises, dues à MM. Van Tieghem et Bonnier. Plaçons, par exemple, trois lots équivalents de graines, le premier dans un flacon où l'air se renouvelle librement, le second dans un flacon hermétiquement bouché où l'air est confiné, le troisième dans un flacon chargé d'anhydride carbonique et hermétiquement fermé. Abandonnons ces flacons pendant un temps prolongé, deux ans par exemple. Après ce temps, pesons de nouveau les trois lots de graines : nous observerons que l'augmentation de poids, nulle dans l'anhydride carbonique,

faible dans l'air confiné, est beaucoup plus sensible dans l'air renouvelé. Si, d'autre part, nous procédons à l'analyse des deux atmosphères confinées, nous observerons que celle du flacon chargé d'anhydride carbonique n'a pas éprouvé de modification, tandis que l'air confiné s'est appauvri en oxygène et enrichi en gaz carbonique. Les graines sèches sont donc le siège d'une respiration qui, pour n'être pas très active, n'en est pas moins appréciable. Cette respiration, nulle dans l'anhydride carbonique, très faible dans l'air confiné, a été beaucoup plus sensible dans l'air renouvelé : elle a produit un accroissement notable du poids des graines. Si, enfin, on essaie de faire germer les graines appartenant aux trois lots qui ont servi à cette expérience, on remarque que celles qui ont été exposées à l'air libre germent dans la proportion de 90 p. 100; celles qui viennent de l'air confiné ne germent qu'à raison de 45 p. 100; enfin les graines qui ont séjourné dans l'anhydride carbonique ont perdu totalement leur faculté germinative : nouvelle preuve que la graine est un organisme vivant, qui ne peut résister à une privation prolongée d'oxygène.

On peut définir plus scientifiquement la germination de la graine, en disant que c'est le passage de cet organe de l'état de vie ralentie à celui de vie active.

Conditions nécessaires à la germination. — Quelles sont les conditions nécessaires pour ce passage?

Les unes doivent être réalisées par la graine elle-même : ce sont des *conditions intrinsèques*; les autres par le milieu dans lequel la graine est placée : ce sont des *conditions extrinsèques*.

Il faut d'abord que la graine soit bien constituée. Pour reconnaître, dans un lot de graines, celles qui présentent ce caractère, on se sert souvent d'un procédé grossier qui consiste à les jeter dans l'eau : les graines bien constituées tombent au fond; celles qui sont mal constituées surnagent. Ce procédé très imparfait n'est pas applicable à certaines graines qui possèdent normalement une légèreté suffisante pour flotter à la surface de l'eau; c'est ce qui

arrive, par exemple, pour beaucoup de graines oléagineuses.

Il faut, de plus, que la graine soit arrivée à maturité. Cette maturité coïncide généralement avec celle du fruit et, si ce dernier est déhiscent, les graines ont atteint leur maturité au moment où elles sont mises en liberté.

La maturité de la graine peut persister très longtemps : elle conserve alors, pendant des semaines, des mois ou des années, son *pouvoir germinatif*; c'est ainsi que les graines du Haricot et du Blé peuvent être conservées pendant plus de cent ans sans perdre leur pouvoir germinatif. Dans d'autres espèces, au contraire, ce pouvoir ne persiste que pendant un temps très court : la graine du Caféier ne germe que si elle est semée aussitôt après avoir été détachée de l'arbre qui l'a produite.

La durée du pouvoir germinatif n'est pas sans être soumise, dans une certaine mesure, à l'influence du milieu extérieur. C'est ainsi que les graines oléagineuses perdent assez rapidement leur pouvoir germinatif : les corps gras qu'elles contiennent s'oxydent et rancissent au contact de l'air; on peut retarder ce phénomène en empêchant la circulation de l'air autour des graines, en les enfouissant par exemple. Des grains de Blé, placés dans une atmosphère sèche, à 100° pendant un quart d'heure, ou à 65° pendant une heure, conservent encore leur pouvoir germinatif; ils le perdent, au contraire, si on les laisse séjourner pendant une heure dans l'eau chauffée entre 53° et 54°. Ainsi se manifeste une fois de plus la différence de résistance que les organismes vivants opposent à la chaleur sèche et à la chaleur humide.

Les conditions que doit réaliser le milieu extérieur pour permettre la germination de la graine, se réduisent à trois.

Chacun sait qu'une graine, placée dans un lieu parfaitement sec, se conserve sans germer pendant de longs mois, voire de longues années. La graine doit recevoir du milieu extérieur une quantité suffisante d'eau. Il faut qu'elle trouve dans l'eau qui lui est fournie les éléments nécessaires aux réactions chimiques qui accompagnent sa germination; mais

il ne faut pas, d'autre part, qu'elle soit noyée dans un excès d'eau, condition qui amènerait une pourriture rapide de ses tissus. On a déterminé, chez quelques espèces, le poids d'eau que doit absorber un poids de graines égal à 100 pour arriver à saturation : ce poids est de 125 chez le Lupin, de 47 chez le Blé, de 8 chez le Balisier (*Canna*) ; on le désigne sous le nom de *pouvoir absorbant*.

On observe aussi que, dans un tas de graines en germination, celle-ci se produit d'abord à la surface ; les graines situées trop profondément ne peuvent germer : c'est l'air qui leur manque. Il faut donc que l'air soit assez renouvelé autour de la graine pour qu'elle reçoive une quantité suffisante d'oxygène. On a pu déterminer, pour quelques espèces, la valeur minima de la pression de l'oxygène dans l'atmosphère ambiante, au-dessous de laquelle la germination ne peut pas se produire, et la valeur maxima au-dessus de laquelle elle est également impossible : pour l'Orge, par exemple, la pression minima correspond à une pression totale de l'air égale à 7 centimètres de mercure, et la pression maxima, à une pression totale de 7 atmosphères. Il est probable qu'il existe entre ces deux limites une valeur optima de la pression : cette valeur est, sans doute, assez voisine de la pression normale de l'oxygène dans l'atmosphère.

Enfin on vérifie aisément qu'un froid trop vif ou une température trop élevée s'oppose à la germination : la graine a besoin d'une certaine quantité de chaleur pour germer. On a cherché à faire germer aux températures les plus diverses les graines d'un certain nombre d'espèces, en égalisant, comme il convenait, les deux autres conditions, la condition d'humidité et celle d'aération. On a ainsi reconnu (*fig.* 381) que, pour chaque espèce, il existe une valeur minima de la température, au-dessous de laquelle la germination n'est pas possible. A partir de ce minimum, si la température prend des valeurs successivement croissantes, la germination se montre de plus en plus rapide : ces valeurs de la température lui sont donc de plus en plus favorables. Puis vient une valeur de la température pour laquelle la germination pré-

sente un maximum de rapidité : c'est la température la plus favorable à la germination ou, comme on dit, la température optima. Si la température continue à croître au-dessus de cette valeur, la germination devient moins rapide ; les valeurs nouvelles de la température lui sont moins favorables.

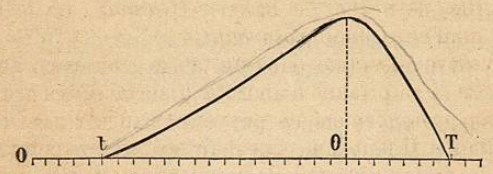

Fig. 381. — Courbe indiquant les variations de la germination avec la température extérieure. (Les abscisses sont proportionnelles aux températures et les ordonnées à la rapidité de la germination.) — t, température minima ; θ, température optima ; T, température maxima.

Enfin la température atteint une valeur au-dessus de laquelle la germination n'est plus possible : c'est une valeur maxima. Dans le cas du Blé, en particulier, les valeurs minima, optima et maxima de la température sont : 5° ; 28°,7 ; 42°,5. La température optima est, pour la plupart des espèces qui ont été soumises à l'expérience, comprise entre 10° et 20°.

Eau, oxygène, chaleur, distribués en proportions convenables, telles sont les trois conditions essentielles de la germination d'une graine. Chacune d'elles est également nécessaire ; mais, si elle était seule réalisée, elle ne serait pas suffisante : la graine ne peut germer que si elle rencontre un milieu *à la fois* humide, aéré et chaud.

On réalisera facilement ces trois conditions en laissant tremper une graine pendant environ vingt-quatre heures dans l'eau et en la plaçant ensuite, sur de la mousse imbibée d'eau, dans une pièce aérée, à une température voisine de 16° ou 17°.

Certaines substances sont défavorables à la germination ; c'est ainsi que les anesthésiques la suspendent momentanément : des graines en germination, soumises à des vapeurs d'éther ou de chloroforme, cessent de germer ; mais

qu'on supprime l'anesthésique, si l'intensité et la durée de son action ont été modérées, les phénomènes de la germination reprennent aussitôt. Les antiseptiques paraissent avoir, au contraire, une influence définitive sur la germination : ces substances tuent la graine et en arrêtent, par suite, la germination.

La lumière semble n'avoir aucune influence sur la germination : toutes conditions égales d'ailleurs, celle-ci se produit aussi vite et aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité. Mais, aussitôt que la plante nouvelle issue de la graine s'est fait jour au dehors, on voit se manifester sur sa respiration et sur sa croissance l'action retardatrice de la lumière. Ainsi s'explique l'erreur de certains observateurs qui ont cru reconnaître à la lumière une influence retardatrice sur la germination elle-même.

Il est des substances chimiques qui favorisent la germination; de ce nombre sont le chlore, le brome, l'iode, employés en solutions aqueuses très diluées : il est probable que c'est l'oxygène provenant de l'action de ces corps simples sur l'eau, en présence de la lumière, qui fournit un appoint nouveau à la graine en voie de germination.

Les conditions nécessaires à la germination sont maintenant déterminées avec assez de précision pour que nous puissions aborder l'étude de cette période capitale dans la vie de la plante : c'est ce que nous ferons dans la prochaine leçon.

TRENTIÈME LEÇON

La germination de la graine. — Le développement total de la plante.

Phénomènes de la germination. — Parmi les phénomènes de la germination, il en est qui consistent en changements dans la forme extérieure et la structure des parties constituantes de la graine : ce sont les *phénomènes morphologiques*. Les autres sont des modifications chimiques qui se passent à l'intérieur des tissus de la graine; certaines de ces modifications aboutissent à des échanges de substance entre la graine et le milieu extérieur: ce sont les *phénomènes physiologiques*.

Phénomènes morphologiques. — Pour donner plus de clarté à l'étude morphologique de la germination, prenons un type, aussi complet que possible : il nous sera fourni par la germination du Ricin.

La graine, volumineuse, de couleur brun rougeâtre, présente dans son ensemble la forme d'un œuf qui aurait été aplati parallèlement à son grand axe; le petit bout porte une sorte de renflement, de consistance cornée, de couleur plus claire que le reste de la graine : c'est ce qu'on appelle la *caroncule*.

Pour étudier la structure de cette graine (*fig.* 382), il est commode de la ramollir par une immersion prolongée dans un verre d'eau. On pourra dès lors en détacher facilement le tégument; on s'assurera ainsi que c'est au tégument seul qu'il faut attribuer la couleur foncée de la graine; la caroncule, qui se détachera en même temps, se manifestera comme le résultat d'une hypertrophie du tégument dans sa région voisine du micropyle. Le contenu de la graine est