CHAPITRE XXI

GERMINATION

La germination est la série de phénomènes que présente une graine quand son embryon se développe en un nouvel individu.

Pour qu'une graine germe, il faut le concours de circonstances, les unes, inhérentes à la graine elle-même, les autres dépendantes de l'action des agents naturels auxquels elle est soumise. Ainsi, par exemple, la graine doit contenir un embryon, et par conséquent avoir été fécondée, puisque c'est l'embryon qui se développe en une jeune plantule. De plus, elle doit, dans le plus grand nombre des cas, être assez récente, parce que la plupart des graines perdent avec le temps la faculté de germer. Ainsi, en général, les graines qui contiennent des huiles grasses s'altèrent plus promptement que celles qui n'en renferment pas. D'autres graines, au contraire, conservent presque indéfiniment leur faculté germinative. Les Légumineuses sont dans ce cas. On a fait germer, au Jardin des Plantes, il y a une trentaine d'années, des graines de haricots conservées dans l'herbier de Tournefort, mort au commencement du dix-huitième siècle. M. Ch. Desmoulins, de Bordeaux, est parvenu à faire germer des graines de lupuline, d'héliotrope, trouvées dans des tombeaux romains, remontant probablement au deuxième ou au troisième siècle de notre ère.

Les agents extérieurs indispensables à la germination des graines sont : 1° l'eau; 2° l'air; 3° la chaleur.

1° L'*eau* est utile dans la germination, comme dans tous les autres phénomènes de la vie végétale. Elle pénètre dans la substance de la graine, ramollit ses enveloppes, fait gonfler l'embryon. Elle place donc la graine dans les conditions les plus favorables pour se développer. Aussitôt que la germination a commencé, elle dissout la dextrine et les autres principes solubles qui existent dans la graine, ou qui s'y forment par la transformation de la fécule, et les fait pénétrer jusque dans l'embryon. Cependant l'eau, pour être utile, ne doit pas être en trop grande quantité; car son excès serait nuisible : par exemple, si les graines y restaient complétement plongées, elles ne tarderaient pas à s'y altérer.

Par quelle voie l'eau pénètre-t-elle dans la graine? En général, c'est à la fois par toute la surface de l'épisperme, en y comprenant le hile et le micropyle. Quelquefois, cependant, ce sont ces deux derniers points qui servent plus particulièrement à l'absorption de l'eau. C'est ce que l'on peut reconnaître en plongeant une graine dans un liquide coloré, ou mieux, en la plaçant dans du sable fin que l'on arrose avec ce liquide. Cette expérience conduit encore à un autre

résultat. On reconnaît que le liquide qui a pénétré dans le tégument propre n'est pas absorbé par toute la surface de l'embryon. C'est l'extrémité seule de la radicule qui y puise le fluide qu'il contient, et c'est par ce seul point de l'embryon qu'il entre, pour se répandre ensuite dans toutes ses parties.

En résumé, l'eau agit de trois manières différentes dans la germination : 1° elle ramollit l'enveloppe de la graine et en favorise la rupture; 2° elle pénètre l'amande, dont elle opère le gonflement; 3° elle sert de véhicule aux matières alibiles de l'embryon.

2° L'*air* est, comme l'eau, un des éléments nécessaires de tous les phénomènes de la vie de la plante. Une graine ne germe pas si elle est privée complétement du contact de l'air. Les expériences de Th. de Saussure l'ont parfaitement prouvé. Des graines enfoncées trop profondément dans le sol, et par cela seul soustraites au contact de l'air, se conservent pendant un temps indéfini sans germer. Mais qu'une cause quelconque les ramène dans la couche superficielle du sol, elles ne tardent pas à germer et à se développer. C'est ainsi qu'on voit apparaître subitement certaines plantes qui n'existaient pas dans une localité, par exemple après le défrichement des bois. C'est sur le même principe que sont construites les cavités souterraines connues sous le nom de *silos*, et dans lesquelles les grains se conservent, à l'abri de l'air et de l'humidité, sans éprouver d'altération.

[La même cause explique l'alternance des forêts. Si l'on abat une forêt, on voit reparaître d'autres essences que celles qui la composaient. Des bouleaux et des trembles remplacent des chênes et des hêtres. Dans l'Amérique septentrionale, des peupliers succèdent à des sapins. Des plantes herbacées, inconnues dans la forêt, des belladones, des digitales, des séneçons envahissent la clairière. Dans les îles du nouveau monde, défrichées pour la première fois, on a vu apparaître des plantes totalement inconnues dans l'île. Sur les déblais des chemins de fer, les botanistes ont vu également pousser des espèces qui n'existaient pas dans la localité].

C'est l'oxygène de l'air qui agit principalement dans la germination, car des graines plongées dans du gaz azote pur ne germent ni ne se développent. L'oxygène, absorbé pendant la germination, se combine avec l'excès de carbone que contient le jeune végétal, et forme de l'acide carbonique qui est rejeté au dehors. Le volume d'acide carbonique formé est égal au volume d'oxygène qui a été absorbé. C'est par cette absorption de l'oxygène que la fécule de l'endosperme ou des cotylédons charnus, quand l'endosperme n'existe pas, change d'état, passe à l'état de dextrine, puis de sucre, et, d'insoluble qu'elle était avant la germination, devient soluble et est absorbée en grande partie pour servir de première nourriture à l'embryon.

D'après des expériences de MM. Edwards et Colin, un autre acide se produirait encore dans la germination : ce serait de l'acide acétique,

ou, selon M. Boussingault (*Économ. rur.*, I, p. 37), de l'acide lactique. Selon ces premiers expérimentateurs, la graine, en germant, décomposerait une petite quantité d'eau, puisque, lorsqu'on fait germer des graines dans ce liquide, il y a encore formation d'acide carbonique, dont l'oxygène proviendrait de cette décomposition de l'eau.

En résumé, la graine germante : 1° absorbe de l'oxygène, produit et exhale de l'acide carbonique ; 2° l'amidon se convertit en dextrine et celle-ci en sucre ; 3° le sucre se brûle et disparaît bientôt en se convertissant en acide carbonique ; 4° cette combustion est accompagnée d'un dégagement de calorique.

3° *La chaleur*. La graine, pour germer, a besoin d'une certaine quantité de *chaleur*. Placée dans un milieu dont la température se maintient au-dessous de zéro, elle reste stationnaire et comme engourdie, même sous l'influence de l'air et de l'humidité. Mais une température douce accélère le développement de tous les phénomènes de la germination. On sait que c'est en les semant sur couche, et par conséquent en obtenant une chaleur humide et artificielle plus ou moins élevée, que les horticulteurs assurent la germination des graines exotiques ou de celles dont on a intérêt à accélérer le développement. Mais il est nécessaire que cette température ne dépasse pas certaines limites ; sans quoi, loin de f voriser le développement des graines, elle les dessécherait et détruirait le principe de la vie.

4° *L'électricité*. Le fluide électrique exerce une influence très-marquée sur les phénomènes de la germination, comme, au reste, sur l'accroissement de toutes les autres parties du végétal. Les expériences de Nollet, de Jalabert, et, dans ces derniers temps, de Davy et de M. Becquerel, ne laissent aucun doute à ce sujet. Des graines de moutarde électrisées par Nollet germèrent avec une grande rapidité, tandis que les mêmes graines, placées dans les mêmes conditions, mais non soumises à l'action du fluide électrique, ne donnèrent dans le même espace de temps aucun signe de développement. M. Becquerel a fait un grand nombre d'expériences sur le même objet. En faisant usage de forces électriques extrêmement faibles, il a reconnu, comme Davy l'avait déjà annoncé, que des graines électrisées négativement germaient avec rapidité, tandis que celles qui étaient électrisées en sens contraire ne se développaient pas. (Mémoire de M. Becquerel, *Arch. de Bot.*, t. I, p. 395.)

5° *La lumière*. On dit, en général, que la *lumière*, loin de hâter la germination des graines, la ralentit et lui nuit. Cependant, de Saussure a fait voir que l'action défavorable attribuée à la lumière était due à la température plus élevée qu'elle occasionne, et qui souvent opérait la dessiccation des semences soumises aux expériences. Ainsi il a fait germer des graines sous deux cloches d'égale capacité et placées identiquement dans les mêmes circonstances. L'une de ces cloches était transparente, l'autre opaque. La végétation fut beaucoup

plus prompte et plus vigoureuse sous la cloche transparente. Donc la lumière avait activé la germination.

Phénomènes généraux de la germination. Le premier phénomène qui s'observe dans la graine germant, c'est son gonflement et le ramollissement des enveloppes qui la recouvrent. Par suite de l'extension excentrique à laquelle ces enveloppes sont soumises, elles se déchirent d'une manière plus ou moins irrégulière, et le gonflement de la graine devient plus rapide. Bientôt l'embryon entre en mouvement. La partie de ce corps qui, la première, se développe, c'est constamment la radicule ; on la voit s'allonger, sortir par la déchirure de l'épisperme, et venir former un petit corps conique et cylindrique, qui se dirige constamment vers le centre de la terre pour aller former la souche ou le caudex descendant. Peu de temps après, ou en même temps que la radicule s'enfonce dans le sol, la tigelle s'allonge. Tantôt elle soulève avec elle les deux cotylédons qu'elle élève au-dessus du sol (*cotylédons épigés*), et qui, en s'écartant, découvrent la gemmule, qui, par l'allongement de son axe, va constituer la partie aérienne de l'axophyte et les feuilles primordiales qu'elle doit porter. D'autres fois, au contraire, l'élongation de la tigelle ne se fait qu'au-dessus du point d'insertion des cotylédons, et ceux-ci restent cachés sous la terre (*cotylédons hypogés*). La tigelle, dans ce cas, se dégage d'entre les deux cotylédons et élève la gemmule au-dessus du sol pour favoriser sa croissance aérienne. Dans cet état, l'embryon commence à former une *plantule*. Voyons les changements chimiques qui se sont opérés dans la graine, et qui ont fourni au développement et à la nutrition des organes qui la constituent.

Nous avons vu qu'au moment où elle germe, la graine absorbe de l'oxygène. Cet oxygène, en se combinant avec la fécule qui existe, soit dans les cotylédons, lorsqu'ils sont épais et charnus, soit dans l'endosperme, quand celui-ci accompagne l'embryon, se convertit en dextrine, puis celle-ci en sucre. Le sucre dissous par l'eau nécessaire à la germination de la graine, pénètre toutes les parties de l'embryon, et vient lui fournir une grande partie des matériaux nutritifs qui lui sont nécessaires. La respiration s'établit dans les parties vertes qu'il développe à l'air, il se forme une véritable combustion lente qui décompose la matière sucrée et exhale de l'acide carbonique. Aussi, à mesure que la germination marche, le corps cotylédonaire, dans l'embryon épispermique, et l'endosperme dans l'embryon endospermique, diminuent-ils successivement de volume en même temps que leur fécule disparaît, et même le dernier de ces corps finit-il, au bout d'un certain temps, par être complétement résorbé.

[Les transformations chimiques qui ont lieu dans l'embryon pendant la germination sont encore très-mal connues. Aussi l'Académie des sciences de Paris avait-elle proposé cette question comme sujet du grand prix des sciences physiques pour 1863. Le mémoire d'Arthur

Gris fut couronné, parce que, dit le rapporteur, M. Decaisne, l'auteur avait élucidé la question autant qu'elle pouvait l'être dans l'état présent de nos connaissances. Voici les faits les mieux établis actuellement. Pour germer, une graine a besoin d'une quantité d'oxygène égale à un huitième environ de son volume. Une partie d'oxygène sur 3 ou 4 d'azote sont les proportions les plus favorables : si l'on met la graine dans de l'oxygène pur, elle en consomme plus qu'on ne trouve de carbone dans l'acide carbonique exhalé. Il y a donc ici une véritable oxydation qui favorise la transformation de l'albumine en gomme et en sucre. Outre l'albumine, les chimistes avaient reconnu l'existence de substances différentes, quoique semblables à l'albumine, et appartenant à la même famille chimique et appelées, par conséquent, substances albuminoïdes. Parmi elles il en est une qui mérite l'attention des physiologistes : c'est cette substance concrétée dont les granules affectent des formes cristallines qui a été récemment découverte par M. Hartig et désignée sous le nom d'*aleurone*. Longtemps confondue avec la matière amylacée, elle en diffère par la composition chimique, par sa structure et le rôle physiologique qu'elle remplit dans la germination. On admet généralement que l'amidon se transforme en sucre; mais il n'est pas également certain que le sucre puisse se reconstituer en amidon. A. Gris a semé des graines de balisiers (*Canna*) complétement dépouillées de leur albumen, et cependant les cotylédons se remplissaient de la matière amylacée qu'ils ne contenaient pas avant la germination. Cette expérience démontre que, dans ce cas du moins, la fécule a dû se former sur place. Il n'en est pas moins certain que les substances nutritives, d'abord fluides, se concrètent diversement en granulations, en cristaux; puis repassent à l'état liquide ou amorphe pour se porter dans les diverses parties de l'embryon. La fécule et la chlorophylle sont probablement les termes les plus avancés en deçà de l'assimilation qui les incorpore aux organes de la plante.]

L'embryon, au moment de la germination, obéit en quelque sorte à un double mouvement de polarité qui entraîne chacune de ses deux extrémités dans une direction opposée : la tigelle et la gemmule vers le zénith, et la radicule vers le centre de la terre. Cette tendance de la radicule est générale et s'exerce avec une force considérable. Si, en soumettant une graine à la germination, on la place de manière à ce que sa radicule soit tournée vers la surface du sol, on voit qu'aussitôt que la radicule s'est dégagée de l'épisperme, sa pointe se recourbe sur elle-même, s'infléchit pour se diriger vers le centre de la terre. On ne connaît pas encore bien la cause de cette tendance presque invincible qui entraîne la radicule vers le centre de la terre. On l'a attribuée tour à tour à l'humidité, qui, existant en plus grande abondance dans le sol, exerce une sorte d'attraction sur la radicule, particulièrement destinée à la faire pénétrer dans l'embryon. Duhamel a montré, par une expérience concluante, que ce n'était pas l'humidité qui attirait ainsi la radicule. Il a fait germer des graines entre deux éponges imbibées d'eau, rapprochées l'une contre l'autre et soutenues en l'air au moyen d'une double ficelle. Lorsque la germination a été assez avancée, les radicules, au lieu de se porter à droite et à gauche vers les deux éponges bien imbibées d'eau, ont glissé entre elles, et sont venues pendre au-dessous d'elles, dans l'atmosphère. Ce n'est donc pas l'humidité qui les attire. On est aujourd'hui plus porté à admettre que la tendance des racines vers le centre de la terre doit être attribuée à une force particulière, à une sorte de polarité entraînant les deux extrémités de l'embryon dans deux sens opposés. La terre dans laquelle on place en général les graines pour déterminer leur germination n'est pas indispensable à leur développement, puisque tous les jours nous voyons des graines germer très-bien et avec beaucoup de rapidité sur des éponges fines, du sable, ou d'autres corps qu'on a soin d'imbiber d'eau. Mais, cependant, qu'on ne croie pas que la terre soit tout à fait inutile à la germination; la plante y puise par sa racine des substances qu'elle sait s'assimiler, après les avoir converties en éléments nutritifs.

Toutes les graines n'emploient pas le même temps pour germer. En général, les petites graines germent plus vite que les grosses. Les graines dont l'embryon est immédiatement recouvert par le tégument propre sont dans le même cas, tandis que celles qui ont un endosperme plus ou moins volumineux, surtout s'il est dur et corné, exigent un temps beaucoup plus long. On comprend, en effet, qu'il faut du temps pour que, dans ce dernier cas, l'endosperme se ramollisse et se convertisse petit à petit en dextrine et en sucre pour être absorbé et servir à la nutrition de l'embryon. Le cresson alénois germe ordinairement dès le second jour; l'oignon commun exige un mois; les glands du chêne ne germent qu'après six mois; les graines de certains Palmiers ne commencent à se développer que plus d'une année après avoir été placées en terre.

[Les graines qui ont des enveloppes dures, pierreuses, restent longtemps dans le sol avant que la radicule se fasse jour à travers l'épisperme : telles sont les Amygdalées, *Cratægus*, *Rosa*, *Cornus*, *Pæonia*. Celles qui germent vite appartiennent aux Graminées, aux Crucifères, aux Synanthérées, Cucurbitacées, ainsi que des espèces des genres *Atriplex*.]

Certaines substances ont une action directe sur la rapidité avec laquelle peuvent s'accomplir les phénomènes de la germination. Les unes les accélèrent, les autres les retardent. Ainsi l'expérience a prouvé que le chlore, l'iode, le brome et les acides, mais dilués en quantité assez faible pour ne pas attaquer la substance même de la graine, activaient la germination. Les alcalis, au contraire, ont une action tout opposée.

[Certains agents naturels, une humidité excessive, une sécheresse prolongée peuvent altérer les fonctions germinatives des graines. Une des plus nuisibles est l'action de l'eau salée. On admettait généralement, en géographie botanique et en géologie, que les courants marins avaient joué un grand rôle dans la dissémination des espèces à la surface du globe. Pour vérifier le fait expérimentalement, Charles Darwin et Berkeley, en Angleterre, placèrent des graines dans des vases remplis d'eau de mer, qu'on renouvelait souvent. Ch. Martins, à Montpellier, enferma les graines de 98 espèces dans une boîte de fer-blanc percée de trous et divisée en 100 compartiments séparés. Cette boîte fut amarrée sur une bouée à l'entrée du port de Cette. Les graines plongeant dans la mer et en ressortant avec la bouée, se trouvaient dans les conditions de graines flottantes emportées par un courant. Le résultat concordant des expériences faites au bord de l'Océan et dans la Méditerranée, c'est que l'eau de mer altère promptement les propriétés germinatives des graines. Ainsi un dixième seulement des graines essayées ont supporté trois mois d'immersion. Six sur dix avaient déjà perdu la faculté de germer au bout de trois semaines. Les courants marins ne jouent donc qu'un faible rôle dans la dissémination des graines, et par conséquent dans celle des végétaux. Les expériences de Thuret, en 1869 et 1873, ont confirmé cette conclusion.]

Tout ce que nous avons dit jusqu'à présent des phénomènes de la germination s'applique plus particulièrement aux embryons dicotylédonés. Ajoutons quelques détails particuliers sur la germination des embryons monocotylédonés. C'est toujours dans l'extrémité radiculaire de l'embryon que se manifestent les premiers signes de l'évolution. La radicule se gonfle et s'allonge, elle se dégage soit de l'endosperme, soit du tégument propre de la graine. Mais bientôt on la voit se déchirer un peu au-dessus de sa pointe, et de son intérieur sortent une ou plusieurs fibres radicales, d'abord renfermées dans une poche nommée *coléorhize* (*fig.* 233). A mesure que ces fibres s'allongent pour aller constituer la vraie racine, l'extrémité de la radicule se détruit, et l'axe de l'embryon se trouve ainsi tronqué à sa base. C'est là la cause qui fait que jamais dans les plantes monocotylédonées il n'y a de souche pivotante, puisque la radicule qui forme le *pivot* se détruit dès les premiers temps de la germination. L'extrémité cotylédonaire de l'embryon, ordinairement opposée à la radicule, s'allonge en sens inverse, c'est-à-dire en se dirigeant vers l'air et la lumière. A sa base et sur l'un des côtés existe, comme nous l'avons vu, une petite fente longitudinale correspondant à la cavité dans laquelle se trouve la gemmule. Celle-ci sort à travers cette fente, son axe s'allonge; les petites écailles qui la constituaient s'écartent, se développent et prennent tous les caractères des feuilles, et l'embryon s'est changé en plantule; la germination est achevée.

VÉGÉTAUX CRYPTOGAMES

ORGANOGRAPHIE ET PHYSIOLOGIE

Les Cryptogames sont des plantes excessivement variables et polymorphes. Aussi est-il à peu près impossible de les comprendre tous dans un caractère ou même dans une description générale et abrégée. Nous nous contenterons donc de jeter un coup d'œil rapide sur leurs organes de la nutrition et sur ceux de la reproduction, en insistant davantage sur ces derniers, dont l'étude a fait de grands progrès dans ces derniers temps; on trouvera dans les chapitres consacrés aux groupes divers de ces végétaux les détails spéciaux destinés à compléter cet aperçu de l'organographie et de la physiologie des Cryptogames [1].

Organes de la nutrition.— Ils présentent deux formes générales bien distinctes :

1° Tantôt ces organes sont irrégulièrement disposés; ils consistent en lames ou filaments irréguliers. On a appelé *Amphigènes* les végétaux qui offrent cette organisation, parce que chez eux l'accroissement se fait indistinctement par tous les points de la périphérie.

2° Tantôt ils se composent d'un axe et d'organes appendiculaires, et l'accroissement de l'axe a lieu seulement par son sommet : de là le nom d'*Acrogènes* donné à ces végétaux.

Les organes de la nutrition des Amphigènes ne présentent que des cellules tantôt isolées et constituant à elles seules tout le végétal, tantôt réunies bout à bout de manière à former des filaments (*hypha*) allongés et plus ou moins ramifiés dont l'ensemble porte le nom de *mycelium*. Le mycelium présente quelquefois des épaississements qui jouent le rôle de crampons, mais on ne saurait y distinguer une partie radiculaire et une partie caulinaire; l'ensemble fait à la fois fonction de tige et de racine. Ces filaments se feutrent en formant un parenchyme plus ou moins solide qui est la partie la plus apparente et qui contient les organes de reproduction. Cette forme d'organe végétatif est propre aux Champignons. La disposition filamenteuse s'observe aussi chez les Algues de la section des Conferves, mais si les cellules sont remplies de matière verte.

Chez un grand nombre d'Algues, les Lichens et beaucoup d'Hépatiques, les cellules sont en contact par plusieurs de leurs faces comme elles le sont dans les feuilles des végétaux supérieurs; il en résulte

[1] Ce chapitre a été rédigé entièrement par M. de Seynes.