

Chapitre 2. La Germination

La germination est considérée comme étant le passage d'une semence inerte (vie ralentie) à une jeune plantule autotrophe.

Les processus physiologiques qui se déroulent pendant cette phase sont très complexes. Cependant, l'activité peut se mesurer par le biais de plusieurs facteurs, principalement : imbibition et respiration.

2.1. Définition de la germination :

Du point de vue physiologique, Evenari (1957) définit la germination comme étant « un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. »

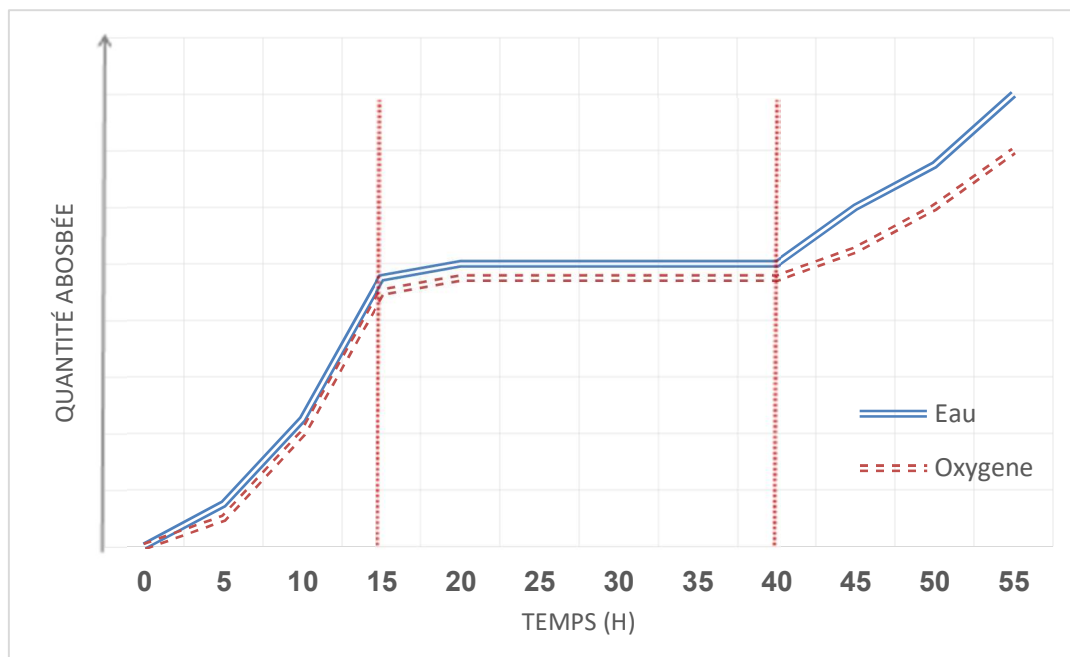
D'après Côme (1970), une semence est considérée comme germée lorsque la radicule a percé les enveloppes ou, s'il s'agit d'un embryon nu, lorsque la radicule s'est visiblement allongée. D'après la définition D'evenari, cette représentation de la germination (percée de la radicule) correspond à la phase finale de la germination.

Pour Stiles et Leach (1932-1933), le premier signe de la germination est l'accroissement rapide de la respiration.

2.2. Phases de la germination :

Les mesures de l'imbibition (prise d'eau) ou de la respiration permettent de distinguer des phases successives lors de la germination sensu lato (au sens large) :

- phase d'imbibition,
- phase de germination sensu stricto (au sens stricte),
- phase de croissance



Imbibition

Pendant la germination, la quantité d'eau absorbée par la semence n'est pas régulière. Elle se déroule en trois phases.

La phase 1 correspond à une prise d'eau rapide.

La phase 2 correspond à un arrêt d'imbibition.

La phase 3 correspond à une reprise de l'absorption d'eau due à l'allongement de la radicule.

Jusqu'à la fin de la phase 2, une déshydratation de la graine peut être effectuée sans dommages (c.-à-d. que la graine peut « regermer » si elle est réhydratée). Mais, si la croissance est déjà entamée, la déshydratation entraîne la mort de la semence. Le début de la croissance marque, donc, le passage d'un état physiologique réversible à un état irréversible.

Les quantités d'eau absorbées par la semence pendant la germination sont considérables. A titre d'exemple : 100 grains de blé absorbent 47 g d'eau et 100 graines de haricot en absorbent 200 à 400 grammes. La plus grande partie de l'eau va à l'embryon dont la teneur atteint des valeurs supérieures à 1000 % du poids sec (de l'embryon).

Le métabolisme reprend par l'hydrolyse (dégradation) des réserves qui fournissent à l'embryon les métabolites nécessaires à ses synthèses et à ses divisions cellulaires.

L'imbibition est, dans un premier temps, passive et mécanique. Elle ne devient physiologique (absorption d'eau par un organisme vivant) qu'au bout de quelques jours quand la vie active reprend.

2.3. Activité respiratoire :

La mesure de l'intensité respiratoire (I.R) des graines met, également, en évidence l'existence de trois phases :

- phase 1 (imbibition) : l'I.R augmente très fortement.
- Phase 2 (germination S.S) : l'I.R est constante.
- Phase 3 (début de croissance) : l'I.R augmente de nouveau.

Tissaoui et Côme (1971) ont mis en évidence ces trois phases chez l'embryon de pommier.

Conclusion : D'un point de vue physiologique, on considère que la germination est le processus qui débute avec l'hydratation et se termine au tout début de la croissance. C'est une phase essentielle qui s'achève avant la croissance de la radicule et appelée par Evenari la germination sensu stricto. Jusque-là, on ne note pas de changements morphologiques de la semence.

Quelles sont, alors, les limites entre la germination et le début de la phase de croissance ? Ces deux phénomènes présentent une sensibilité différente à des facteurs externes tels que l'oxygène, la température et les inhibiteurs de la respiration.

Différences entre germination sensu stricto et croissance :

a. Sensibilité à l'oxygène :

Des études ont montré que les fortes pressions d'oxygène inhibent la germination sensu stricto mais pas la croissance.

b. Sensibilité à la température :

Les embryons débarrassés de leur germent bien entre 5° C et 20° C mais difficilement entre 25° C et 30°. La croissance est optimale à des températures plus élevées.

c. Sensibilité aux inhibiteurs de la respiration :

Pendant la phase de germination sensu stricto, le cycle des pentoses-phosphates

prédomine sur le cycle de Krebs. Pendant la croissance, c'est l'inverse. Ainsi, les inhibiteurs de la glycolyse, du cycle de Krebs ou de la chaîne des oxydations respiratoires stimulent la germination S.S mais ils inhibent la croissance ; or, ces inhibiteurs favorisent le fonctionnement du cycle des pentoses-phosphates.

Conclusion : La germination sensu stricto représente la phase essentielle de la germination. De visu, il est très difficile de déterminer les limites, et notamment la fin de cette phase vu qu'elle ne se manifeste par aucune modification morphologique de la graine. La percée de la graine peut être un critère de germination puisqu'elle intervient après la germination sensu stricto.

Néanmoins, la germination et la croissance sont deux phénomènes de nature différente qui impliquent des métabolismes régissant différemment aux divers facteurs externes.

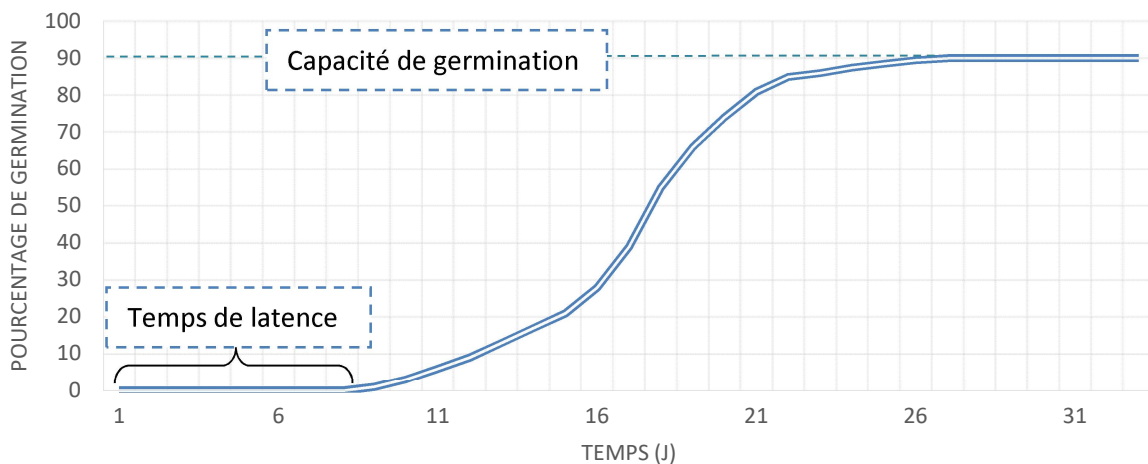
La germination concerne des semences et des lots de semences hétérogènes qui ne se comportent pas toutes de la même manière.

V- Mesure de la germination :

Les multiples sources d'hétérogénéité sont responsables de l'allure des courbes de germination et de leur diversité. Les résultats des essais de germination varient donc selon l'origine des semences, les traitements qu'elles ont subis et les conditions de germination. Il est nécessaire de pouvoir exprimer de façon très simple ces résultats.

V.1- Courbes de germination :

Elles représentent les pourcentages de germination en fonction du temps. Elles donnent une idée complète de l'évolution de la germination d'un lot de semences placé dans des conditions déterminées.



Lorsqu'il n'est pas possible de représenter les courbes de germination, on exprime souvent les résultats par des pourcentages ou des vitesses de germination. Divers modes d'expression de ces grandeurs ont été proposés. Nous citerons les plus couramment utilisés tels que le pouvoir de germination, la capacité de germination ou la vitesse de germination.

V.2- Pouvoir germinatif :

Il exprime le pourcentage (maximal) de semences aptes à germer dans les conditions les plus favorables. C'est donc, en fait, le pourcentage de semences vivantes. Cette notion est très importante dans la pratique, lorsqu'on cherche à déterminer la valeur commerciale d'un lot de semences. Une semence a perdu son pouvoir germinatif lorsqu'elle est incapable de germer quelles que soient les conditions de germination et les traitements auxquels elle a été soumise.

Vu que les conditions les plus favorables sont très difficiles à déterminer et ne sont jamais

connues à priori, il est préférable de parler de capacité de germination.

V.2- Capacité de germination :

Elle représente le pourcentage de germination maximal, ou taux de germination maximal, obtenu dans des conditions expérimentales bien définies. Sa valeur dépend des conditions expérimentales et des traitements préalablement subis par les semences.

En fait, le pouvoir germinatif et la capacité de germination ne donnent qu'une idée très imparfaite de l'aptitude à la germination d'un lot de semences, car ils ne tiennent pas compte de la vitesse de germination.

V.3- Vitesse de germination :

Diverses grandeurs faciles à déterminer peuvent être choisies pour exprimer la vitesse de germination : le temps de latence (le temps au bout duquel aucune semence n'a encore germé), le temps nécessaire pour obtenir 50 % de la capacité de germination ou le pourcentage de semences germées après un certain temps.

Pour mieux décrire le déroulement de la germination, plusieurs formules simples ont été établies et sont couramment utilisées.

- Le coefficient de vélocité (C_v), proposé par Kotowski (1926), ou le temps moyen de germination (T_m) qui représente l'inverse x 100 de C_v :

$$C_v = \frac{N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n}{N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 \dots + N_n T_n} \times 100$$

$$T_m = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 \dots + N_n T_n}{N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n} = \frac{1}{C_v} \times 100$$

N_n = nombre de semences germées entre le temps T_{n-1} et le temps T_n

- Timson (1965) a proposé d'exprimer la vitesse de germination par la somme (Σ_n) des pourcentages de germination obtenus pendant les n premiers jours :

$$\Sigma_n = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

N_n = pourcentage de semences germées après n jours.

Selon la rapidité de la germination, n peut varier (5 jours, 10 jours...).

- L'indice de germination (Abbott, 1955) :

$$I_g = N_1 + (N_2 - N_1) * 1/2 + (N_3 - N_2) * 1/3 + \dots + (N_n - N_{n-1}) * 1/n$$

N_n = pourcentage de germination obtenu au nième jour.

VI- FACTEURS GENERAUX DE LA GERMINATION :

La germination des semences exige certaines conditions intrinsèques (maturité de l'embryon, nature des téguments...) et extrinsèques (eau, température, oxygène, lumière, nature du sol...).

VI.1- Facteurs internes :

Pour qu'une graine germe, il faut qu'elle soit viable, mature et intacte.

VI.1.1- Viabilité :

Elle est liée, d'une part, à l'état physique de la graine (intacte ou non) et à la longévité, d'autre part. En effet, au-delà de sa durée maximale de conservation, une graine ne germe plus quelles que soient les conditions et les traitements. L'embryon peut ne plus être viable s'il a subi certaines conditions très extrêmes (très hautes températures, pourriture...).

VI.1.2 - Maturité :

Lorsque l'embryon a achevé son édification, la graine a atteint sa maturité physiologique. Souvent, cette maturité est très rapide et la graine germe sur la plante-mère même (surtout certaines légumineuses). La maturité morphologique ne correspond pas toujours à la maturité physiologique.

La période de post-maturation correspond à la durée qui s'écoule entre la dissémination et la germination. Les semences qui ont une longue période de post-maturation sont caractéristiques des zones arides et semi-arides (stratégie adaptative). Cette période de post-maturation est parfois nécessaire à l'acquisition du pouvoir germinatif. En effet, certaines graines ne sont pas encore entièrement déshydratées une fois détachées de la plante-mère. Cette déshydratation est très importante puisqu'elle est impliquée dans les processus biochimiques tels que les formations de réserves.

Facteurs extérieurs favorables

Le retour à la vie active de l'embryon est consécutif à sa réhydratation. La reprise du métabolisme consomme de l'oxygène et est sensible à la température. Eau, oxygène et température sont les trois facteurs étroitement liés, indispensables à la germination.

Eau

Au cours de son imbibition, la graine absorbe de grandes quantités d'eau liquide : 2 à 4 fois son poids pour le haricot.

Dans le sol, seule l'eau libre assure la germination ; la force de succion des semences est importante et de faibles teneurs d'eau dans le sol sont suffisantes (point de flétrissement). Les teneurs élevées sont asphyxiantes pour l'embryon et bloquent la germination (sauf pour les plantes aquatiques)

Oxygène

Dès les premières minutes de l'imbibition des semences, on observe une augmentation très rapide de leurs échanges gazeux respiratoires. Des teneurs assez faibles en oxygène atmosphérique sont suffisantes (5 %), mais l'anoxie * bloque la germination (ce qui expliquerait que les graines ne germent pas dans les fruits charnus).

Seul l'oxygène dissous dans l'eau d'imbibition est utilisé par l'embryon pour ses besoins métaboliques. Ce gaz étant très peu soluble dans l'eau, on comprend l'effet néfaste d'un excès d'eau sur la germination. La solubilité de l'oxygène est inversement proportionnelle à la température. Les températures élevées diminuent les apports d'oxygène et placent l'embryon dans des conditions défavorables de germination.

La température

- La température (fig. /) stimule les activités enzymatiques et ainsi la vitesse de germination (il 20°C, il faut 24 h contre 1 (H) h à 4 °C pour obtenir la germination des graines de pommier).

La lumière

Ce facteur du milieu extérieur intervient sur la régulation de la germination des semences

photosensibles mais n'est pas un facteur direct de la germination.

Influence de différentes substances

De nombreuses substances chimiques s'opposent à la germination. On les trouve dans l'environnement de la graine (« blastokolines » dans la pulpe des fruits charnus), dans le sol (excrétions racinaires, produits de décomposition des feuilles et branches mortes), dans la composition de supports (agglomérés à base de colle au formol)

L'acide abscissique est connu comme inhibiteur de germination (son mode d'action n'est pas expliqué, il inhiberait la croissance).

Inversement, certains composés stimulent la germination, tels les nitrates, nitrites.

Inaptitudes à la germination : les « dormances »

Lorsqu'un lot de semences, mis à germer dans des conditions optimales d'humidité, de température et d'oxygénation, ne germe pas ou très mal (pouvoir germinatif très faible, vitesse très lente), on le dit inapte ou dormant.

Cette inaptitude peut avoir deux origines : elle réside soit dans l'embryon (il s'agit alors d'une véritable dormance), soit dans les enveloppes séminales (on parle d'inhibition tégumentaire). Ces deux inaptitudes sont présentes individuellement ou simultanément. Dans la pratique, les phénomènes de dormance embryonnaire et d'inhibition tégumentaire sont confondus sous le terme « dormance » (sens large). Dans les deux cas, un traitement spécial lève la dormance ; redevenues aptes à germer, placées dans des conditions favorables, les semences germeront de façon homogène et rapide.

Inhibitions tégumentaires

La germination de l'embryon non dormant est rendue impossible par les enveloppes séminales. Cette inaptitude disparaît après suppression des enveloppes.

Origine de l'inhibition

Téguments imperméables à l'eau : C'est le cas des graines « dures » de Légumineuses et du Pélargonium zonale (l'embryon ne peut pas s'imbiber)

Téguments imperméables à l'oxygène : L'oxygène circule plus facilement quand le tégument est poreux et mince.

Présence d'inhibiteurs : Différentes substances chimiques dans les téguments s'opposent à la germination. Les composés phénoliques se rencontrent fréquemment dans les enveloppes auxquelles ils donnent une coloration brune. Les phénols sont des pièges à oxygène : ils s'oxydent très facilement en quinones ; la quantité d'oxygène disponible pour l'embryon en est diminuée, d'autant plus que la température s'élève.

Élimination des inhibitions tégumentaires

Dans la nature, les enveloppes séminales sont dégradées par des micro-organismes du sol (champignons, bactéries) et les pluies éliminent les substances inhibitrices.

Dans le cas des semences cultivées, différents traitements dits de « postmaturation » permettent d'obtenir une germination plus rapide et plus homogène, en éliminant artificiellement la cause de l'inhibition.

- Scarification : Les téguments blessés mécaniquement (usure, cassure par projection contre des parois métalliques), chimiquement (trempage 4 à 8 minutes dans H₂SO₄ concentré), ou par lyophilisation (dans l'azote liquide 5 à 15 minutes), redeviennent perméables à l'eau et à l'oxygène.

- Lixiviation : Le trempage ou le lavage à l'eau élimine les inhibiteurs hydrosolubles (cas des phénols)

- Postmaturation à sec : Les caryopses de Poacées, notamment, inaptes à germer à la récolte (et sur l'épi), redeviennent aptes à germer au cours de la conservation au sec (dans les conditions ambiantes). On admet que certains inhibiteurs volatils sont éliminés et que progressivement les enveloppes cessent de s'opposer à l'alimentation en oxygène de l'embryon.

Dormance embryonnaire

Ce type de dormance vraie se différencie de l'inhibition tégumentaire puisqu'elle subsiste après scarification ou suppression des téguments.

Dormances primaire et secondaire

Dormance primaire

La dormance primaire s'installe au cours de la maturation de la graine sur la plante mère. Les graines sont dormantes à la récolte (caractéristique des Rosacées). A ce stade, la germination est impossible ou donne une plantule anormale. Le plus souvent, c'est la radicule qui est dormante (pommier), mais ce peut être aussi la gemmule (pêcher). Le muguet présente une double dormance (radicule et gemmule).

Dormance secondaire

Alors que le déterminisme de la dormance primaire est inconnu, on connaît différentes conditions capables d'induire une dormance secondaire chez un embryon non dormant ou chez qui la dormance primaire a été levée. Ce sont des conditions défavorables, lors de la germination de la graine placée en milieu humide, tels les températures excessives (30 °C pommier), l'hypoxie, l'acide abscissique, qui induisent une dormance secondaire