

## Les facteurs de la germination

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 06.04.Q02

octobre 2022

**Mots clés : germination - semence - eau - température - oxygène - lumière**

La réalisation du processus de germination dépend des facteurs de l'environnement et des caractéristiques propres aux semences elles-mêmes.

L'eau et l'oxygène sont indispensables pour la reprise du métabolisme des semences et pour la réalisation de leur germination. De plus, selon les espèces, la germination peut être inhibée ou stimulée en présence de lumière. Par ailleurs, la température joue un rôle capital dans la régulation de la germination, car elle intervient directement sur les réactions biochimiques, et de façon indirecte sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau du milieu et la réponse des semences à la lumière.

L'objectif de cette fiche – qui complète la fiche n° S06-04-01 – est de préciser quelle est la réponse des semences aux principaux facteurs de l'environnement, en relation avec leurs caractéristiques génétiques (espèce) et en considérant qu'elles ne présentent pas de dormances.

### 1 - Le besoin d'eau pour la réalisation de la germination

L'imbibition des semences est nécessaire pour la germination : l'eau réactive le métabolisme des semences, qui passent alors d'un état quiescent à un état métabolique actif. La diffusion de l'eau du milieu vers l'embryon est un phénomène passif, qui suit un gradient décroissant du potentiel hydrique du milieu vers la semence ; la valeur 0 correspond au potentiel hydrique le plus élevé, celui de l'eau pure.

L'absorption d'eau, et en conséquence la teneur en eau des semences, dépend du potentiel hydrique du milieu et de la perméabilité des enveloppes à l'eau. Les semences sèches ont un potentiel hydrique de l'ordre de -100 à -300 MPa<sup>1</sup>, elles absorbent donc facilement l'eau lorsqu'elles sont placées dans un milieu de potentiel plus élevée (moins négatif). La majorité des semences sont incapables de germer dans un milieu dont le potentiel hydrique est de l'ordre de -1,5 à -2 MPa, mais cette valeur critique dépend de l'espèce : elle est de l'ordre de -1,4 à -1,6 MPa pour le maïs et le sorgho, -1,3 MPa pour le pois chiche, - 0,7 à -1,2 MPa pour le pois, et - 0,4 MPa pour le trèfle.

Dans le cas d'un sol trop sec, l'absorption d'eau est insuffisante pour permettre l'élongation de la racine. Inversement, un excès d'eau peut aussi être néfaste, car il limite l'apport d'oxygène à l'embryon, même si certaines espèces – comme des plantes aquatiques (jacinthe d'eau, massette, plantain d'eau, riz sauvage, sagittaire) et le riz cultivé – ont des semences capables de germer immergées dans l'eau.

Certaines espèces produisent des semences dont les enveloppes sont imperméables à l'eau, qualifiées de *semences dures*, comme par exemple des légumineuses (acacia, coronille, luzerne, trèfle) et des cistes. Pour permettre l'absorption d'eau, les enveloppes doivent être altérées par des traitements mécaniques, chimiques ou biologiques (scarification, eau bouillante, acide sulfurique, azote liquide, microorganismes du sol).

### 2 - Le besoin en oxygène pour la réalisation de la germination

Il est admis que la réalisation du processus de germination exige de l'oxygène, mais ce besoin en oxygène minimal (O<sub>2</sub> 0%) dépend des espèces (*Figure 1*) :

- Un premier groupe est incapable de germer dans des atmosphères renfermant moins de 2 à 3% d'oxygène ; il s'agit souvent de semences lipidiques (chou, colza, laitue, navet, radis, soja, tournesol).
- Un second groupe à réserves amyloacées (avoine, blé, orge, maïs, pois, sorgho) est encore capable de germer dans moins de 1 % d'oxygène.

<sup>1</sup> MPa : Mégapascal, soit 10 bars

La germination est d'autant plus rapide que la teneur en oxygène s'élève ; la majorité des espèces germe dans des atmosphères renfermant de 10 à 21 % d'oxygène (air). Le besoin en oxygène pour obtenir la germination de 50 % de la population ( $O_2_{50\%}$ ) varie entre 0,5 et 10 % selon les espèces (*Figure 1*). À 20°C, la population des semences amylacées germe pour moitié dans des atmosphères renfermant environ 0,5 à 3 % d'oxygène, et celle des semences lipidiques avec 5 à 10 % d'oxygène ; mais certaines espèces exigent plus d'oxygène, comme par exemple la primevère (7-10 %) et le cyclamen (8-12 %).

*Figure 1* : Teneurs en oxygène (en %) au-dessous desquelles la germination est impossible ( $O_2_{0\%}$ ), et teneurs en oxygène nécessaires pour obtenir 50% de germination ( $O_2_{50\%}$ ) à 20°C.

Groupe	Espèces	$O_2_{0\%}$	$O_2_{50\%}$
Semences lipidiques	Carotte	3	9-10
	Colza, Chou, Tournesol	2-3	5-7
	Laitue, Navet, Soja	1-2	5-8
	Endive	1	3
Semences amylacées	Blé, Orge	0,5	1-3
	Avoine	0,5	0,8-1
	Maïs	0,3	0,5-1
Autres	Cyclamen	5-7	8-12
	Primevère	5	7-10

Les besoins en oxygène pour la germination augmentent avec l'élévation de la température, car la solubilité de ce gaz dans l'eau d'imbibition diminue alors que le besoin en oxygène pour la respiration augmente. Le flux d'oxygène à l'embryon est aussi régulé par la teneur en oxygène du milieu : un sol agricole bien travaillé et drainé renferme 19-21 % d'oxygène, mais l'atmosphère du sol ne renferme plus que 3 à 10 % d'oxygène dans le cas d'un sol inondé et peu poreux, et/ou la présence d'une croûte de battance ; le flux d'oxygène est aussi contrôlé par l'épaisseur et la teneur en composés phénoliques des enveloppes séminales.

### 3 – Réponse des semences à la température

La température est le facteur capital contrôlant la germination ; elle agit

- de façon directe sur les vitesses des réactions biochimiques,
- et de façon indirecte sur la solubilité de l'oxygène, et donc l'apport de ce gaz à l'embryon.

La gamme de températures compatibles avec la germination dépend des espèces, de leur origine climatique et de leur état physiologique (maturité, dormance, conditions de conservation) au moment du semis. La *Figure 2* montre quelles sont les températures minimales et maximales, et les températures optimales de la germination pour différentes espèces ne présentant plus de dormance :

- Certaines espèces ne germent facilement qu'à des températures fraîches, inférieures à 20-25°C, l'optimum thermique se situant entre 10 et 20°C. Il s'agit d'espèces de climats tempérés (poireau, céleri, cyclamen, pommier, primevère, tulipe).
- Des espèces exigent des températures élevées ; l'optimum thermique (25-40°C) est proche des températures maximales (35-40°C) et la température minimale se situe aux environs de 10-15°C. Il s'agit d'espèces d'origine de climats chauds (amarante, concombre, mil, sorgho, santal, maïs).
- D'autres espèces, qui ne sont pas ou plus dormantes, sont capables de germer dans une large gamme de températures. : des céréales (avoine, blé, orge), des oléagineux (tournesol, colza, soja), le pois, la carotte, le chou et l'endive.

*Figure 2* : Gamme thermique et températures optimales de germination de différentes espèces dont la dormance éventuelle a été éliminée.

Type de semences	Espèces	Gamme thermique (°C)	Températures optimales (°C)
Semences ne germant bien qu'à des températures fraîches	Céleri, Poireau	5-25	10-15
	Cyclamen	10-22	15-18
	Pommier	0-20	10-15
	Dahlia, Primevère	5-25	15-20
	Tulipe	0-12	5-8
	Némésie	5-20	10-15

Figure 2 : suite

Type de semences	Espèces	Gamme thermique (°C)	Températures optimales (°C)
Semences ne germant bien qu'à des températures élevées	Amaranthe	10-40	25-35
	Concombre	15-40	30-35
	Mil	15-45	35-40
	Maïs	10-40	25-30
	Sorgho	10-40	30-40
	Santal	17-35	30-32
Semences germant dans une large gamme thermique	Avoine, Orge	0-35	15-25
	Blé	3-40	15-30
	Pois	2-35	25-30
	Tournesol, Soja	5-40	25-30
	Chou	5-40	20-25
	Carotte	5-40	20-30
	Endive	5-35	20-30

Cette fiche ne concernant que des semences non-dormantes (pour ne prendre en compte que les potentialités maximales de germination), il convient de signaler que les semences dormantes sont plus sensibles aux facteurs du milieu que les semences non-dormantes. La Figure 3 montre, par exemple, que les semences dormantes d'orge et de tournesol germent dans une gamme thermique plus étroite (courbe 1) que les semences non-dormantes (courbes 4 et 5).

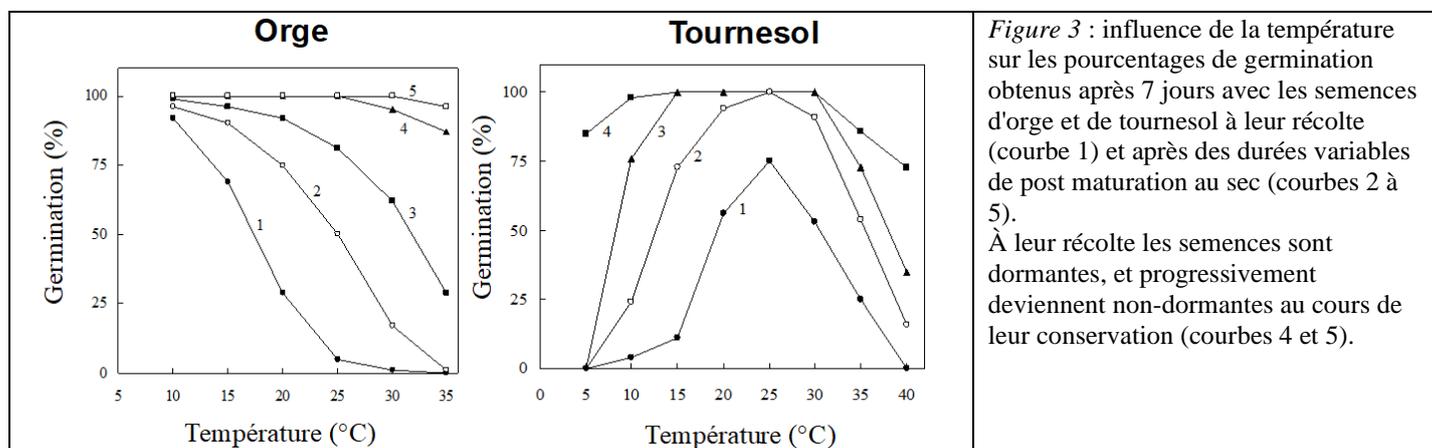


Figure 3 : influence de la température sur les pourcentages de germination obtenus après 7 jours avec les semences d'orge et de tournesol à leur récolte (courbe 1) et après des durées variables de post-maturation au sec (courbes 2 à 5). À leur récolte les semences sont dormantes, et progressivement deviennent non-dormantes au cours de leur conservation (courbes 4 et 5).

#### 4 - Réponse des semences à la lumière

Les semences sont habituellement classées en 3 catégories selon leur réponse à la lumière blanche :

- Les semences à photosensibilité positive, qui germent mieux à la lumière qu'à l'obscurité et dont certaines, dites à photosensibilité positive stricte, sont incapables de germer à l'obscurité. Environ 70 % des espèces font partie de ce groupe, dont l'arabette (arabidopsis), certains bégonias, le chénopode blanc, l'épilobe hérissé, certains cultivars de laitue, la mâche, le mouron des champs, la sauge, le tabac, les pins sylvestre, noir ou Weymouth.
- Les semences à photosensibilité négative, dont la germination est inhibée en présence de lumière blanche. Parmi les 25 % des espèces qui ont ce comportement, on peut citer l'orge, des bromes, la folle avoine, certaines laitues, le cyclamen, l'amarante queue de renard, la phacélie.
- Les semences non photosensibles, qui germent aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière blanche. C'est le cas de nombreuses espèces cultivées comme des légumineuses (lentille, pois, haricot, luzerne), la tomate, la courge, le concombre et le radis.

Cette classification en 3 catégories dépend de nombreux facteurs, dont l'histoire qu'ont vécue les semences (telles leurs conditions de développement sur la plante-mère et de conservation après la récolte). La photosensibilité s'exprime fortement à la récolte, et disparaît généralement après celle-ci. Par ailleurs, la réponse à la lumière dépend de la température : la photosensibilité positive s'exprime généralement lorsque la température devient supérieure à 20-25°C, alors qu'elle reste faible dans des sols frais au printemps, moment de la germination des espèces de climats tempérés.

Enfin la réponse à la lumière dépend de la composition spectrale : les radiations rouges-claires sont stimulatrices, alors que les radiations bleues et rouges-sombres inhibent la germination (*Figure 4*).

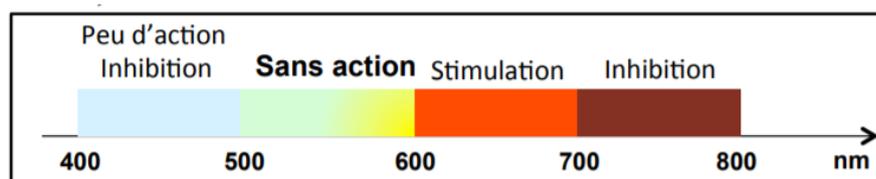


Figure 4 : influence de la longueur d'onde sur l'action de la lumière.

Françoise CORBINEAU, membre de l'Académie d'Agriculture de France

### Ce qu'il faut retenir :

L'aptitude à la germination est l'étape clé de l'implantation des cultures, et dépend des facteurs de l'environnement ainsi que des caractéristiques propres aux semences. L'eau, l'oxygène et la température sont les 3 facteurs essentiels de la germination.

L'absorption d'eau est un processus passif qui se réalise selon un gradient décroissant du potentiel hydrique ; dans un sol peu hydraté (dont le potentiel hydrique est de l'ordre de -1 à -2 MPa), les semences ne peuvent plus absorber suffisamment d'eau et sont incapables de germer.

La germination exige de l'oxygène, mais les teneurs en oxygène minimales qui empêchent la germination sont faibles (0,5 à 3 % selon les réserves) ; la germination de 50 % de la population exige de 1 à 10 % d'oxygène, et toute la population germe dans 15 à 21 % d'oxygène.

La gamme de températures permettant la germination dépend de l'origine climatique des semences et de leur état de dormance ; les semences dormantes germent dans des gammes thermiques plus étroites que celles des semences dont la dormance a été éliminée. La température joue un rôle capital en agissant directement sur les réactions biochimiques et indirectement en régulant la solubilité de l'oxygène et en entraînant une augmentation du besoin en ce gaz et en modulant la réponse à la lumière.

La germination peut ne pas être affectée par la lumière (semences non-photosensibles), ou être stimulée (photosensibilité positive), ou être inhibée (photosensibilité négative) par la lumière.

Les effets des dormances sur la réponse aux facteurs de l'environnement n'ont pas été détaillés dans cette fiche, mais ces phénomènes jouent un rôle fondamental.

### Pour en savoir plus :

- F. CORBINEAU : *Le contrôle de la germination des semences par l'environnement*, La vie des Sciences 12, 1995
- D. CÔME et F. CORBINEAU : *Semences et germination*, Physiologie Végétale II, Croissance et Développement, Hermann, 1998
- D. CÔME et F. CORBINEAU : *Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules*, Editions Tec & DOC Lavoisier, 2006
- M. BLACK, J. D. BEWLEY et P. HALMER : *The Encyclopedia of Seeds, Science, Technology and Uses*, CAB International, 2006
- J. BOIFFIN, F. LAURENT et G. RICHARD : *Réussir l'implantation des cultures. Enjeux agroécologiques, itinéraires techniques*, Editions Quae, Arvalis-Institut du végétal, 2020