

Ecophysiologie végétale

(L3, S5)

Année académique : 2021/2022

Objectifs

Ce module prend en charge les aspects liés à la **croissance**, la **nutrition** et l'**adaptation** des plantes **aux contraintes du milieu**.

Plan de module

- I. Développement et croissance,
- II. Nutrition carbonée et respiration,
- III. Nutrition minérale et azotée,
- IV. Adaptations sur contraintes hydriques,
- V. Adaptations aux sols salins,
- VI. Adaptations aux sols sableux.

I. Développement et croissance



Plan

I.1. Introduction

I.2. Cycle de développement

I.3. Germination

I.4. Croissance

I.5. Floraison

I.6. Exemple appliqué aux principales essences forestières algériennes.

I.7. Mouvements des végétaux

I.8. Hormones

I.1. Introduction

- La croissance et le développement d'une plante sont des **transformations quantitatives** et **qualitatives** qui accompagnent le parcours des différentes étapes de sa vie depuis l'implantation jusqu'à la maturité.
- Les connaissances actuelles en biologie et physiologie des plantes permettent de caractériser ces transformations pour chacune des étapes considérées et à différentes échelles.

I.2. Cycle de développement

Le **développement** est l'ensemble des transformations qualitatives de la plante liées à l'initiation et à l'apparition de nouveaux organes. C'est l'ensemble des événements de : **germination des graines suite à leur imbibition, émergence des plantules, initiation florale, maturité des graines et la mort du végétal.**

Comme pour la croissance, on distingue la phase de **développement végétatif** et la **phase de développement reproducteur.**

- Durant la 1^{ère} phase et après la germination, la plante passe de l'état juvénile à un état où elle se ramifie et multiplie ses organes végétatifs (feuilles, tiges, racines).
- La phase de développement reproducteur est marquée par la fabrication d'organes d'accumulation de la matière sèche.

I.2. Cycle de développement

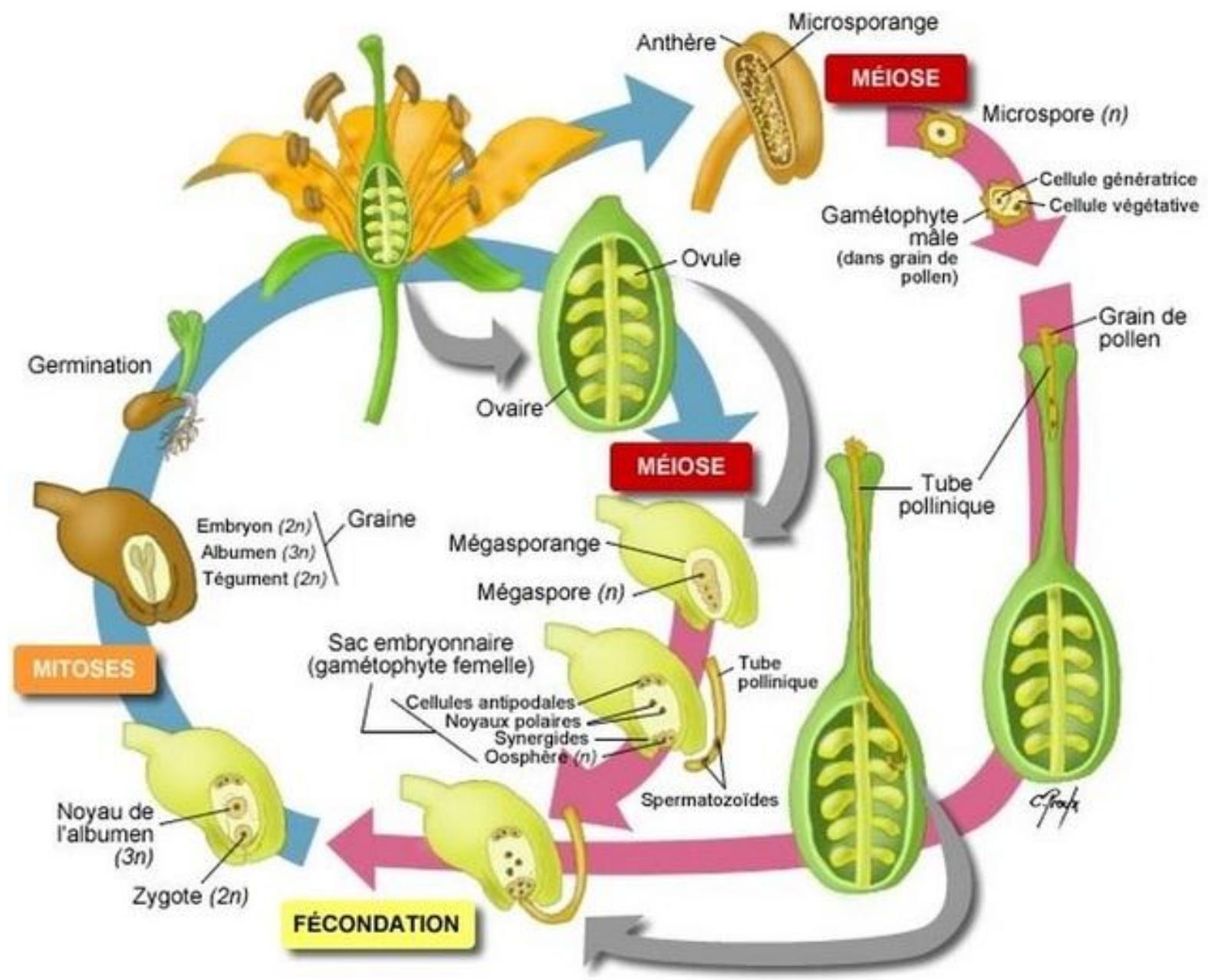


Figure 1. Cycle reproducteur

I.5. Germination

La germination est le **passage d'une vie ralentie à une vie active** en utilisant les réserves nutritives de la graine, l'oxygène de lithosphère, l'eau, ainsi que, la température qui est un facteur limitant de la germination **«zéro de végétation»**.

Cette germination ne peut se faire qu'après une période de **dormance (l'hiver) qui protège les plantules des rigueurs de l'hiver et du gel, (ou sécheresse dans le cas des plantes en dormance pendant l'été).** **Quand les conditions sont favorables, la graine absorbe de l'eau et les échanges reprennent.**

- De la graine à la plantule

La germination commence avec la reprise de l'activité de la graine.

- **Début de la germination** : La germination commence par le développement de la radicule qui écarte les téguments et s'enfonce dans le sol. **La tige se développe un peu après la sortie de la racine. La plantule digère les réserves de la graine (qui se trouvent dans les cotylédons).**

- **Fin de la germination** : Après la sortie de la tige, les feuilles vertes apparaissent et **la jeune plante devient autotrophe.**

- Il existe deux type de Germination :

Germination **hypogée** et **épigée**

- Germination des graines

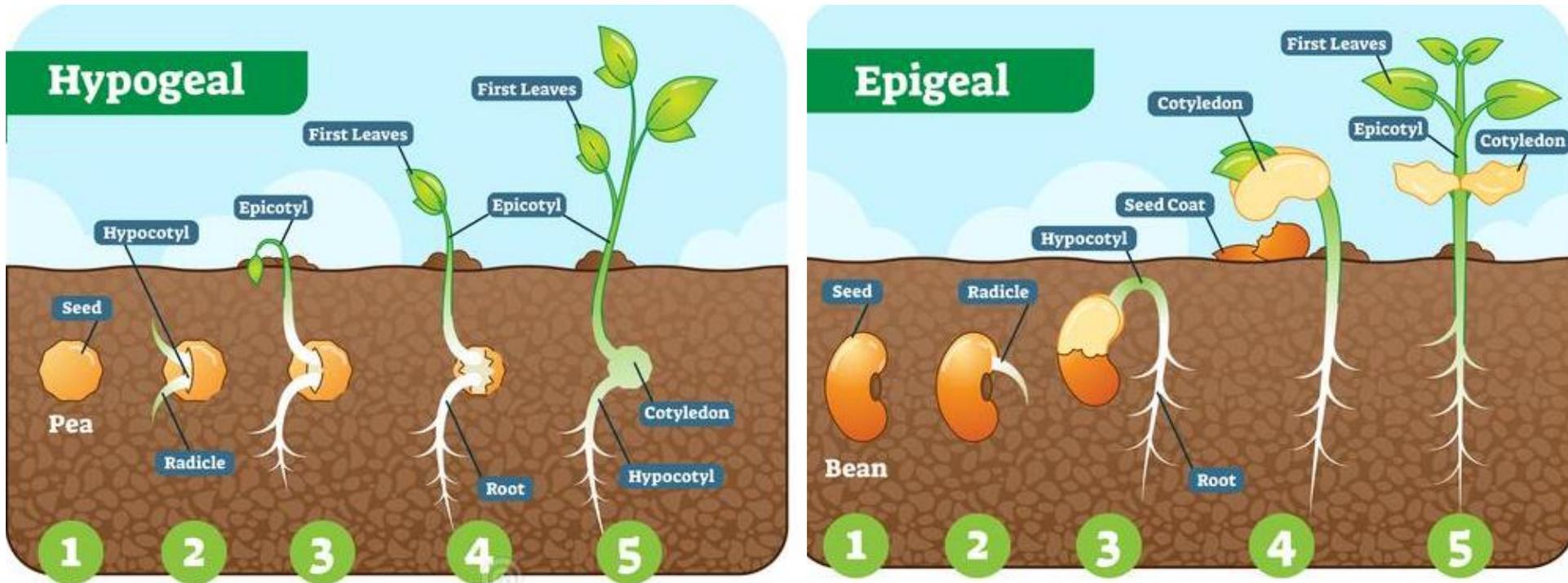


Figure 2. Types de germination

I.4. Croissance

I.4. Croissance

a. Définition

La croissance est l'augmentation continue de toutes les dimensions de la plante (longueur, largeur, diamètre, surface, volume et masse). Cette augmentation est mesurable dans le temps. La croissance d'une plante entière (ou d'un couvert végétal) fait intervenir deux phénomènes concomitants:

- La croissance en dimension de chacun des organes après leur initiation : **c'est la croissance au sens strict** ;
- La multiplication du nombre de ces organes : **c'est la liaison avec le développement.**

b. Croissance cellulaire et différenciation des tissus

La croissance résulte de la division cellulaire, ou mitose, et de l'élongation des cellules.

L'élongation est l'augmentation *irréversible* en volume selon une direction particulière.

La croissance d'un organe est le résultat de l'augmentation du nombre de cellules qui le constituent et de la taille des cellules individuelles :

- La multiplication cellulaire présente généralement une allure exponentielle (Figure 3).

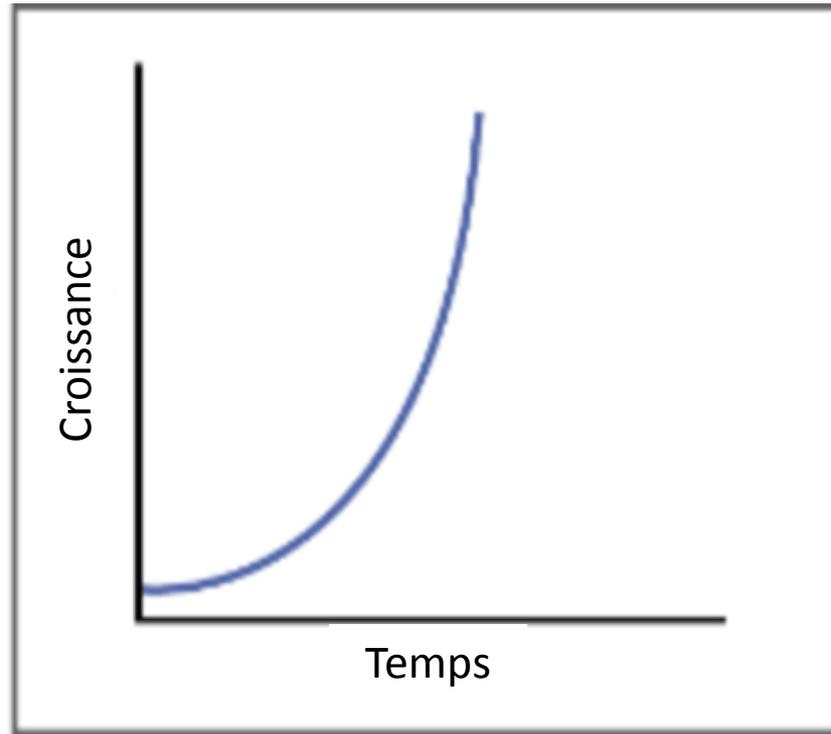


Figure 3. Croissance exponentielle

- L'augmentation de la flexibilité des parois cellulaires composées de cellulose (25 %) et d'hémicellulose (50 %), due à une action hormonale ;
- L'absorption de l'eau par **osmose** : l'eau remplit la vacuole ce qui augmente le volume cellulaire à cause de la pression de turgescence qui s'y exerce ;
- La synthèse de nouvelles parois cellulaires ou constituants pariétaux (cellulose, hémicellulose, lignine).

c. Croissance d'un organe et d'une plante entière

La courbe de croissance typique d'un organe ou d'une plante entière suit une allure sigmoïde (Figure 4), qui présente généralement quatre phases distinctes :

- Une phase initiale **latente** ;
- Une phase de nature **exponentielle** (croissance active) ;
- Une phase de **ralentissement de la croissance** ;
- Une phase **stationnaire** caractérisée par la cessation de la croissance (saturation).

I.4. Croissance

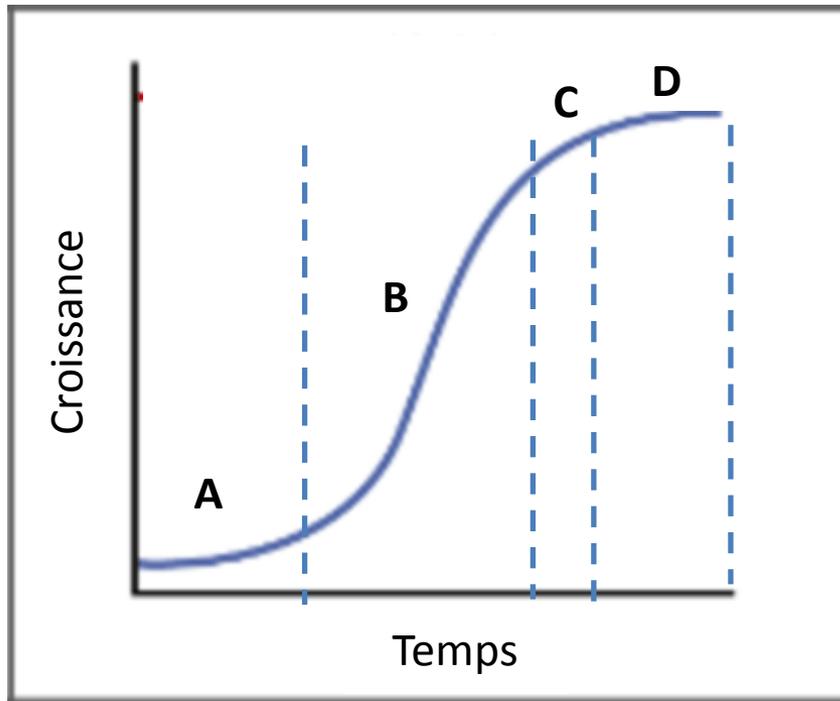


Figure 4. Croissance logistique

- A. Phase de latence
- B. Phase exponentielle
- C. Phase ralentie
- D. Phase stationnaire

b. Modalité de la croissance

La croissance peut se faire de deux manières :

auxèse (ou auxésis) et **mères** (ou meresis)

Les zones de croissance au niveau de la plante jeune sont les ***méristèmes primaires*** (tissu primaire) qui permettent une croissance en longueur et les ***méristèmes secondaires*** (tissus secondaires) qui permettent une croissance en épaisseur.

L'**auxèse** (en latin *auxesis*) est une augmentation de la taille des cellules végétales au **niveau de la zone méristématique, principalement**, et au niveau de la coiffe (plus faiblement).

Le plus souvent, l'**auxèse** est une augmentation de la longueur des cellules, mais aussi parfois de la largeur.

La **mérèse** (en latin *meresis*) est un mode de croissance par multiplication du nombre de cellules (mitose successives) chez les végétaux. Ce phénomène se trouve **au niveau des méristèmes des apex**.

I.4. Croissance

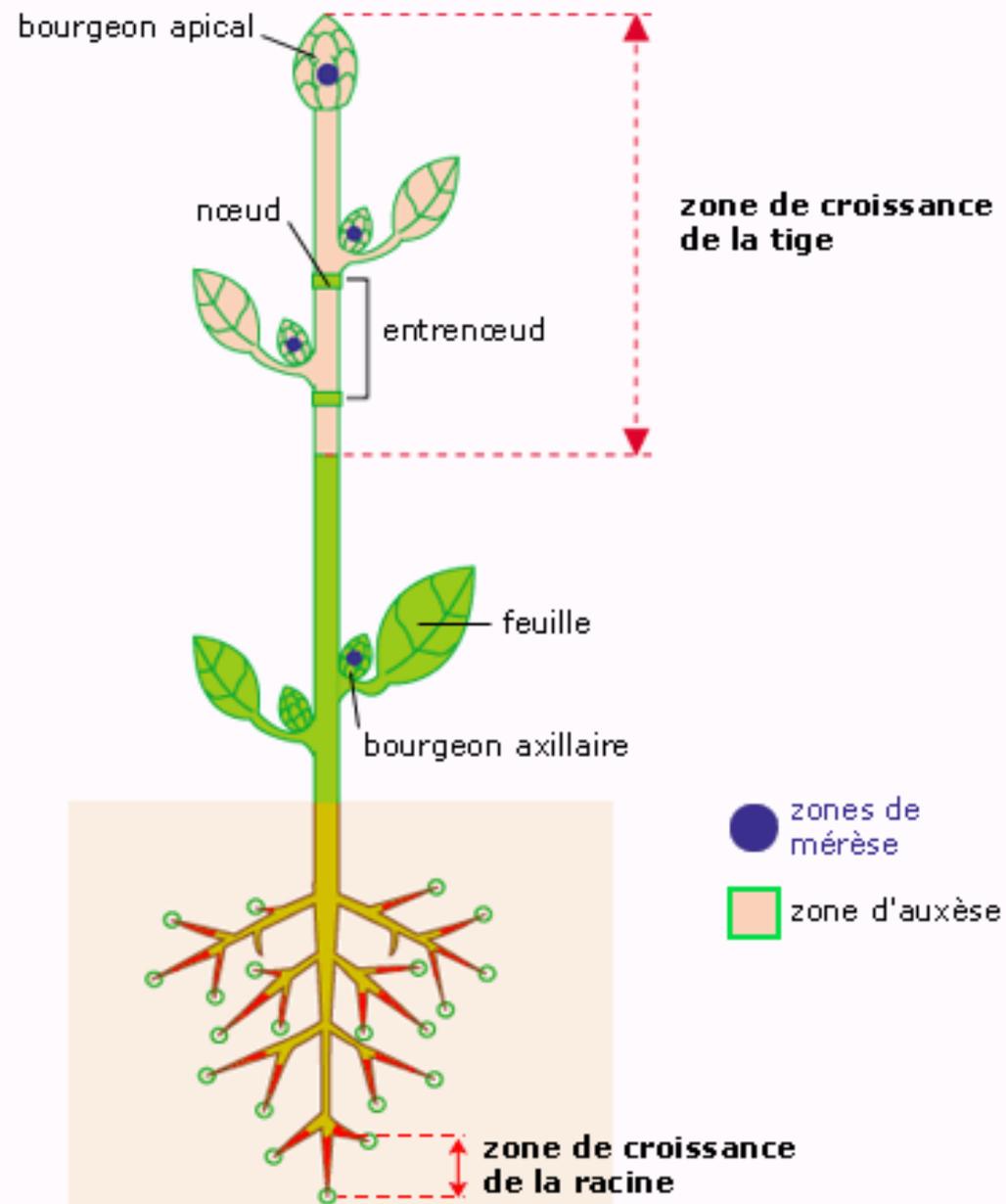


Figure 5. Localisation des zones de croissance de la plante.

I.5. Floraison

La floraison commence par l'induction florale et l'initiation des organes reproducteurs. **Le premier signe visible de l'initiation florale est le changement morphologique de l'apex** (Figure 3. exemple de floraison chez le pommier), dont les primordias évoluent du stade rides simples au stade double ride.

- L'apparition des premières doubles rides marque le début du stade reproducteur.

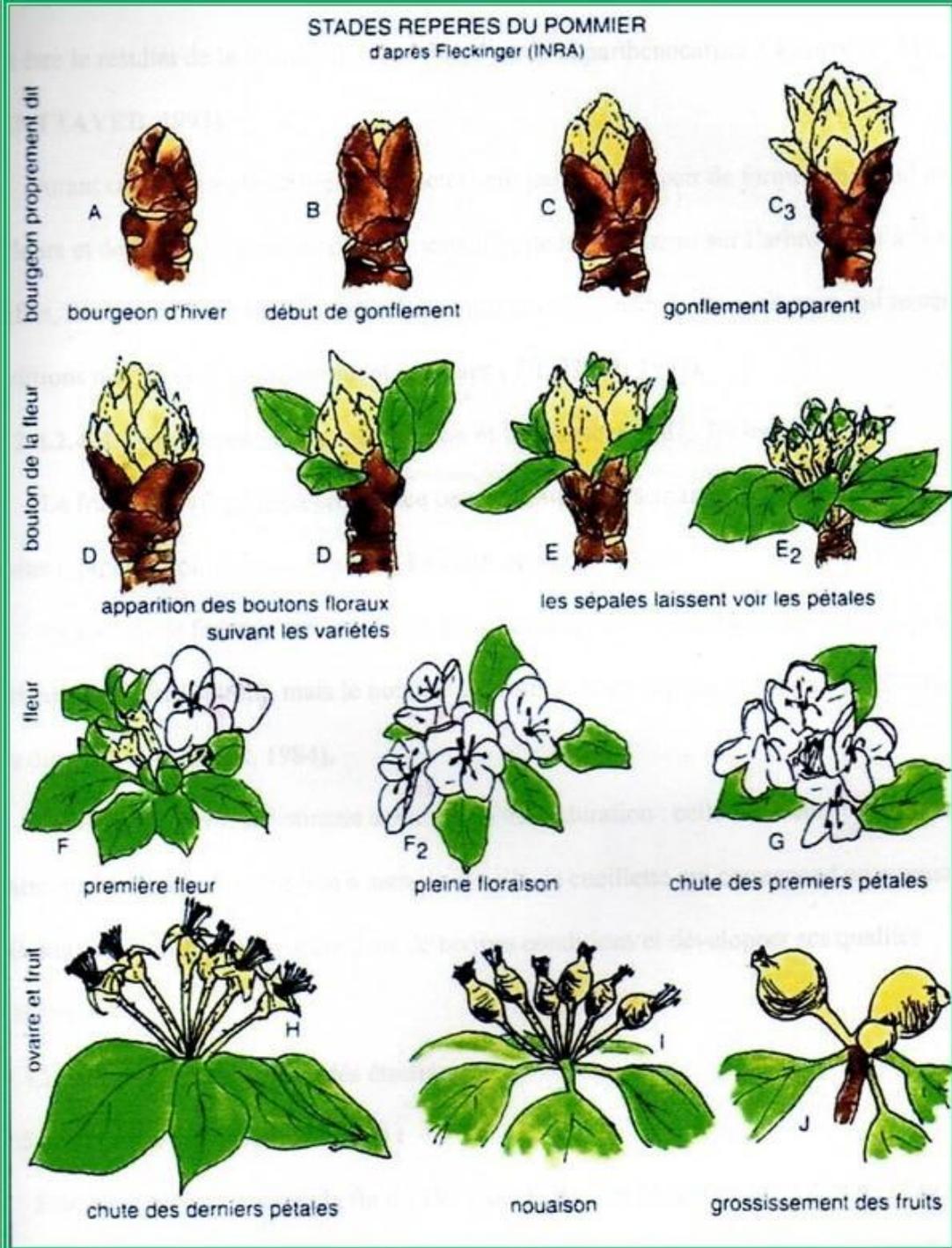


Figure 4. Exemple de Floraison et de fructification chez le pommier.

Feuillaison

Stade 0
Bourgeon
dormant



Stade 7
Début de l'éclatement
des bourgeons



Stade 9
Bout des feuilles
sorties du bourgeon



Stade 11
Environ 10% des
feuilles étalées

Stade 15
Environ 50% des
feuilles étalées



Floraison

Stade 55
Fleurs mâles visibles
non épanouies



Stade 61
Environ 10% des fleurs
mâles libèrent le pollen

Stade 65
Environ 50% des fleurs
mâles libèrent le pollen



Stade 69
Les fleurs mâles
commencent à se faner



Fleurs femelles



Figure 6. Exemple de floraison chez le Noisetier

Concernant l'**écophysiologie de la floraison**, l'induction florale fait intervenir différents mécanismes adaptatifs **qui incluent** :

- La levée de la dormance des bourgeons axillaires ;
- La réaction des plantes aux basses températures, ou vernalisation ;
- La réaction des plantes au photopériodisme. Ceci permet de distinguer les plantes de jours courts, les plantes de jours longs et les plantes indifférentes à la longueur du jour pour fleurir.

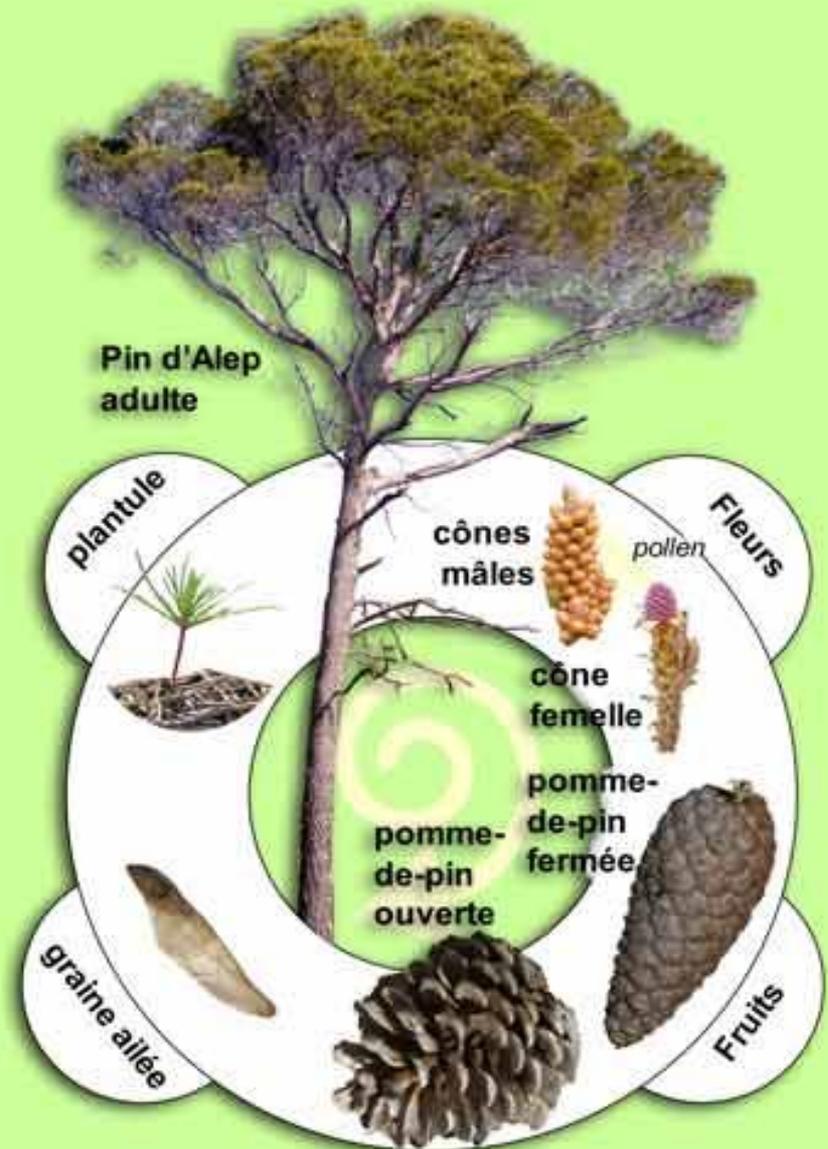
I.6. Exemples appliquées aux principales essences forestières algériennes.



Cône mûr
femelle



Jeunes cônes
femelles



La reproduction du pin d'Alep

Figure 7. Organes reproducteurs de Pin d'Alep.

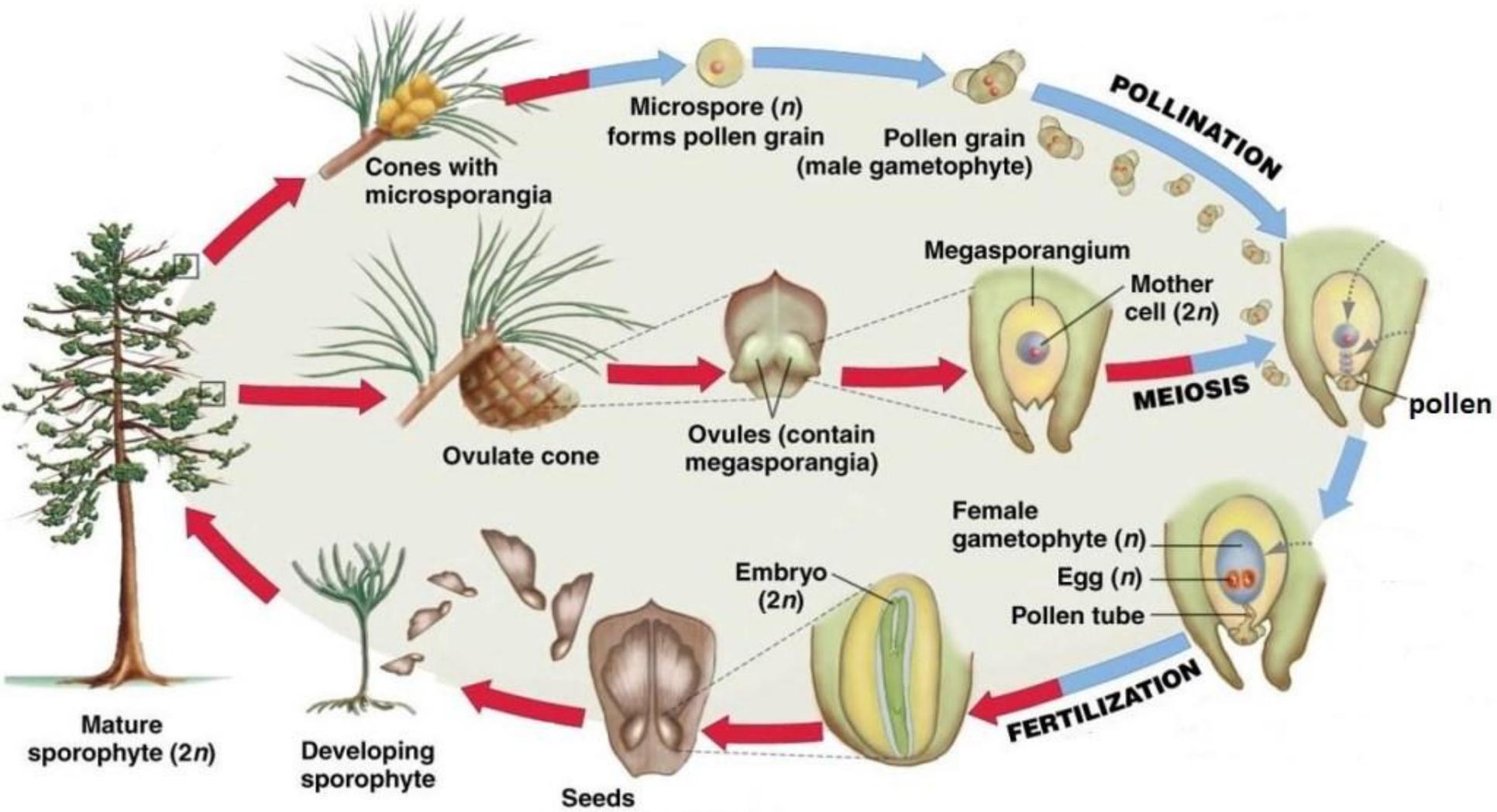


Figure 8. Cycle de reproduction chez le Pin d'Alep.

I.8. Mouvements des végétaux

Tropisme

Le **tropisme** est une orientation des organes végétaux qui résulte d'une croissance orientée par un facteur externe (gravité et lumière). C'est une transformation permanente.

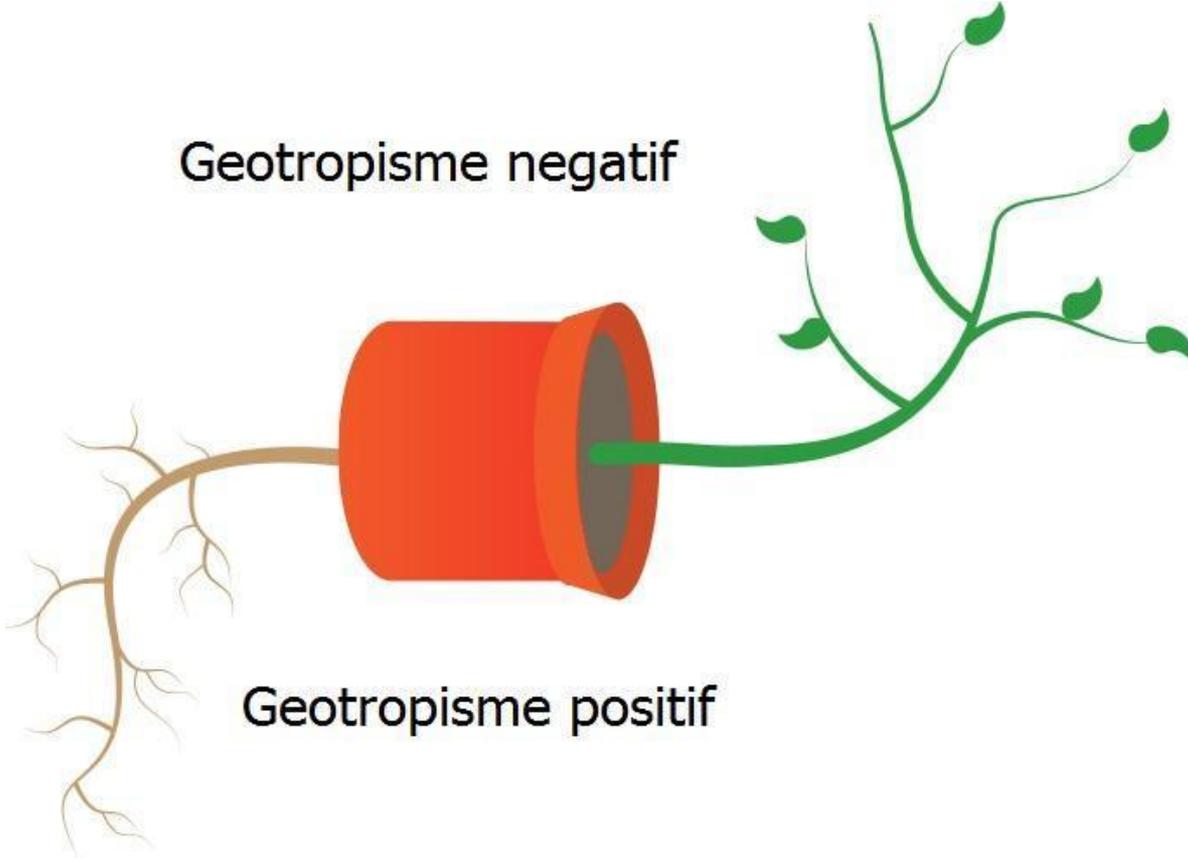
- Les mouvements peuvent être positifs ou négatifs;
- Dans le cas où la transformation se fait dans la même direction du stimulus on parle d'**orthotropisme** mais si cela se passe avec une certaine inclinaison, on parlera de **plagiotropisme**.

Géotropisme

C'est une orientation de la croissance de certains organes des végétaux (racines, tiges, pièces florales) du à la pesanteur :

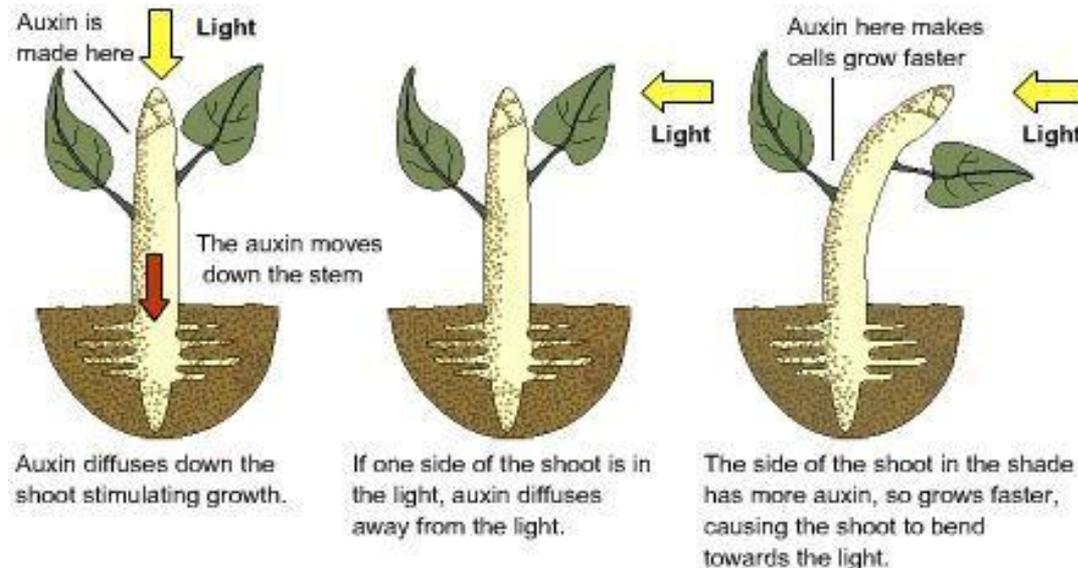
Donc, la croissance des racines se fait en direction du centre de la terre (**géotropisme positif**) et celle des tiges a lieu en direction inverse, vers le ciel (**géotropisme négatif**).

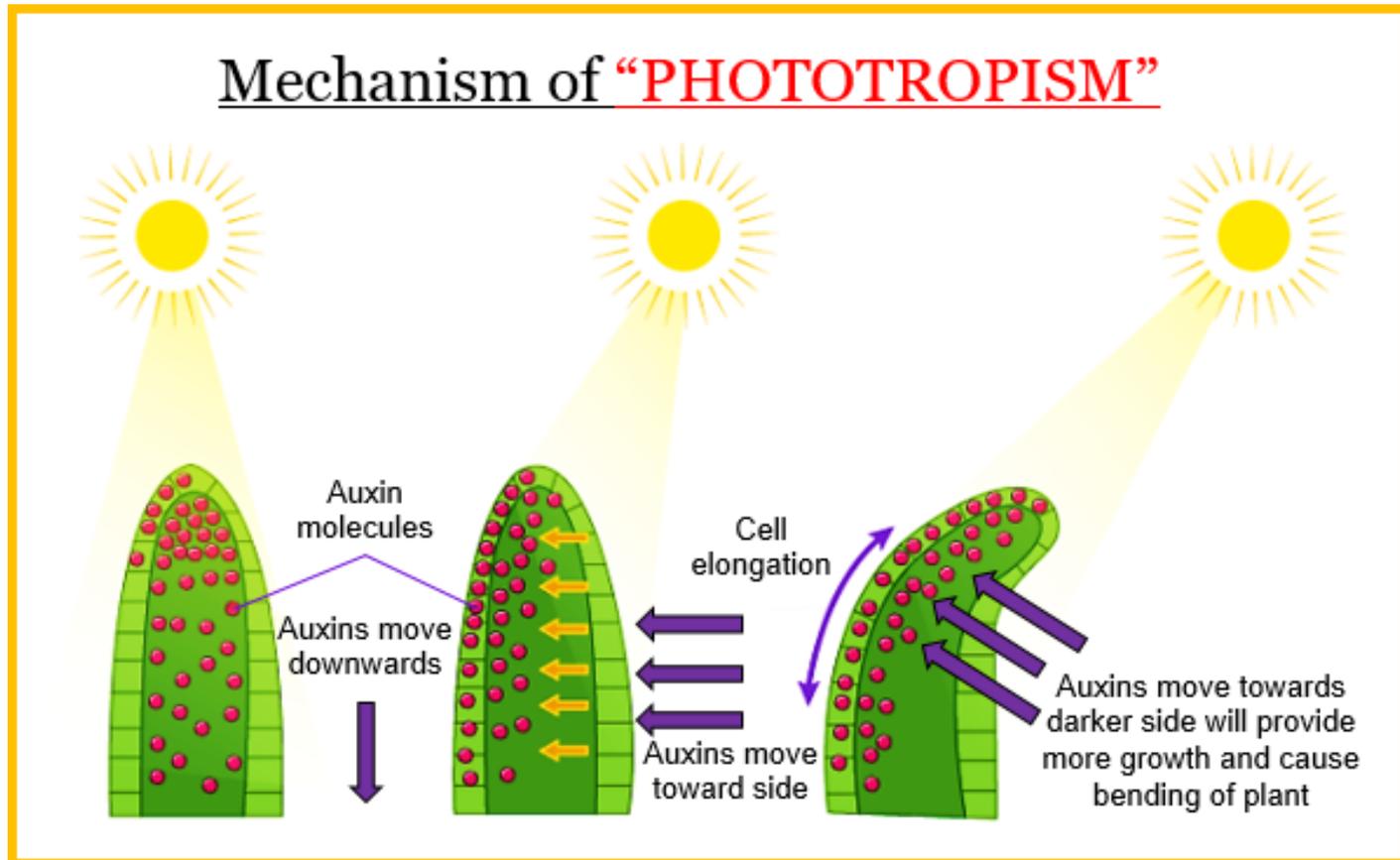
I.8. Mouvements des végétaux



Phototropisme

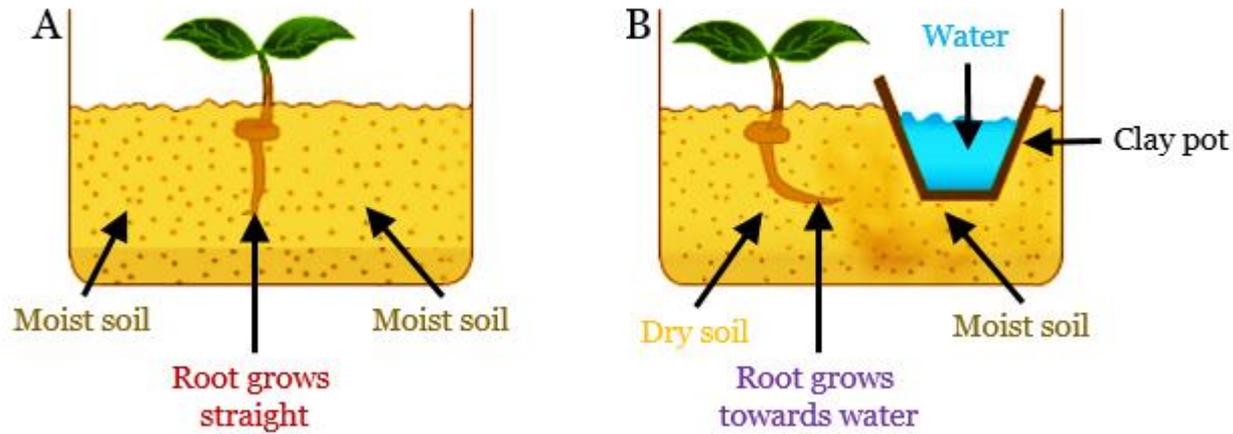
- Croissance des plantes influencée par un **stimulus lumineux**. Chaque partie d'elle répond de différentes formes à ce stimulus.
- Les tiges ont un phototropisme positif, et les feuilles et rameaux ont un **plagiotropisme**.
- Les racines ont un phototropisme négatif
- Contrôlé par les **auxines**.



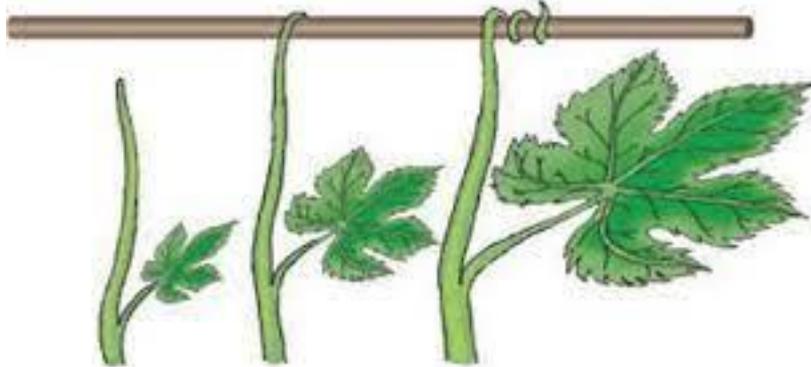


Autres types de tropismes

Hydrotropisme

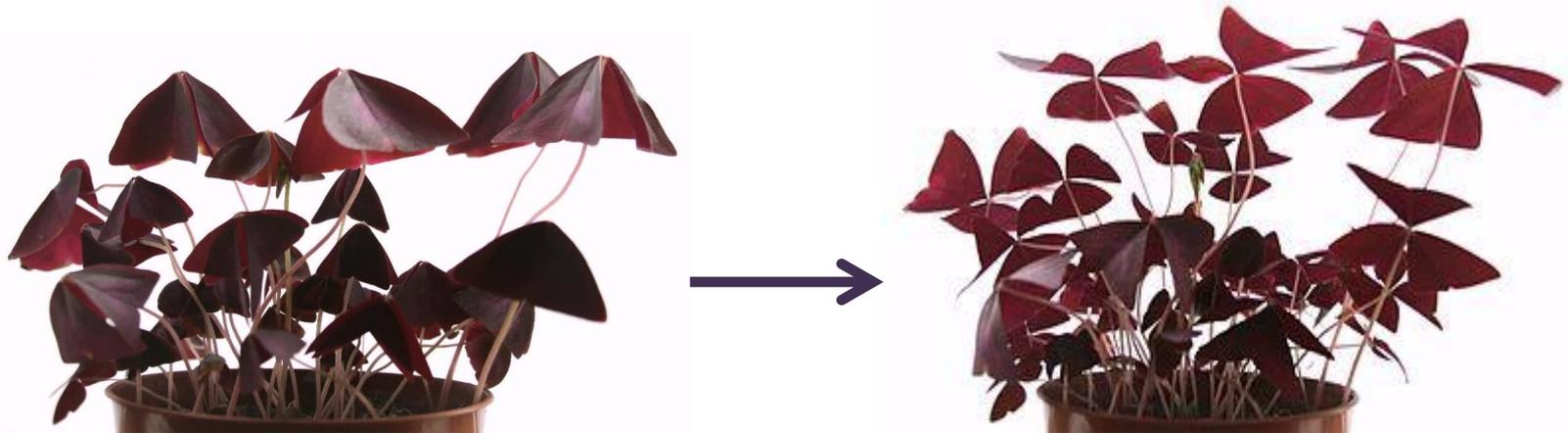


Tigmotropisme



Exemple de Nastie

La nastie est un mouvement des organes végétaux suite à un stimulus externe, ce mouvement est indépendant de développement des plantes.



I.8. Phytohormones

a. Définition d'une hormone

Une hormone est un composé organique synthétisé dans *une partie* de la plante et *transloqué* dans une *autre partie*. Cette hormone cause une réponse physiologique suite à de *très faibles concentrations* ($\leq 1 \mu\text{M}$).

b. Nature et fonctions des hormones naturelles

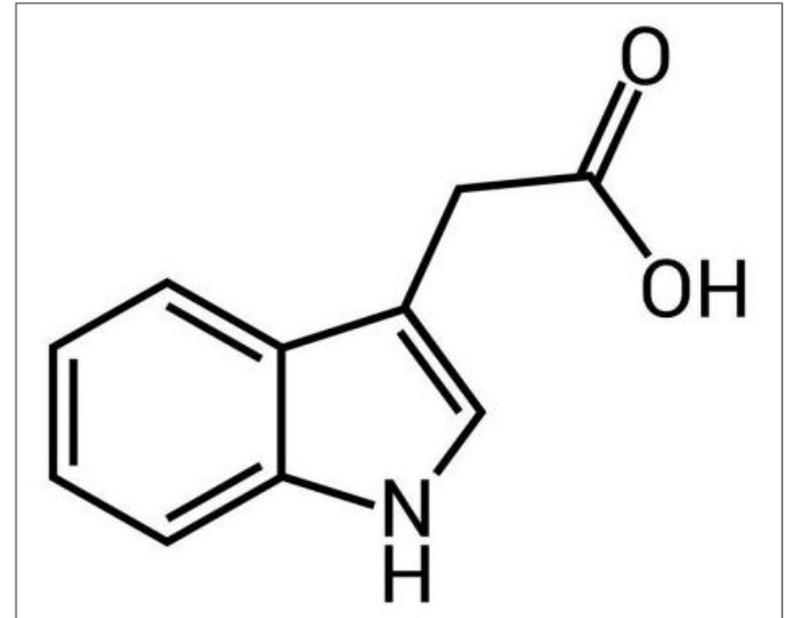
Il existe cinq groupes d'hormones naturelles :

- Au moins une auxine, ou acide indol-3-acétique (IAA);
- Plusieurs gibbérélines (GA₁, GA₂,..., GA);
- Plusieurs cytokinines (CK);
- Acide abscissique (ABA) et composés inhibiteurs;
- Ethylène.

c. Mise en évidence de l'action d'une hormone : l'auxine

L'**auxine**, acide indole acétique (AIA) (ou en anglais **indol acetic acid (IAA)**).

L'agrandissement d'une cellule est contrôlé par une **phytohormone qui est l'auxine**.

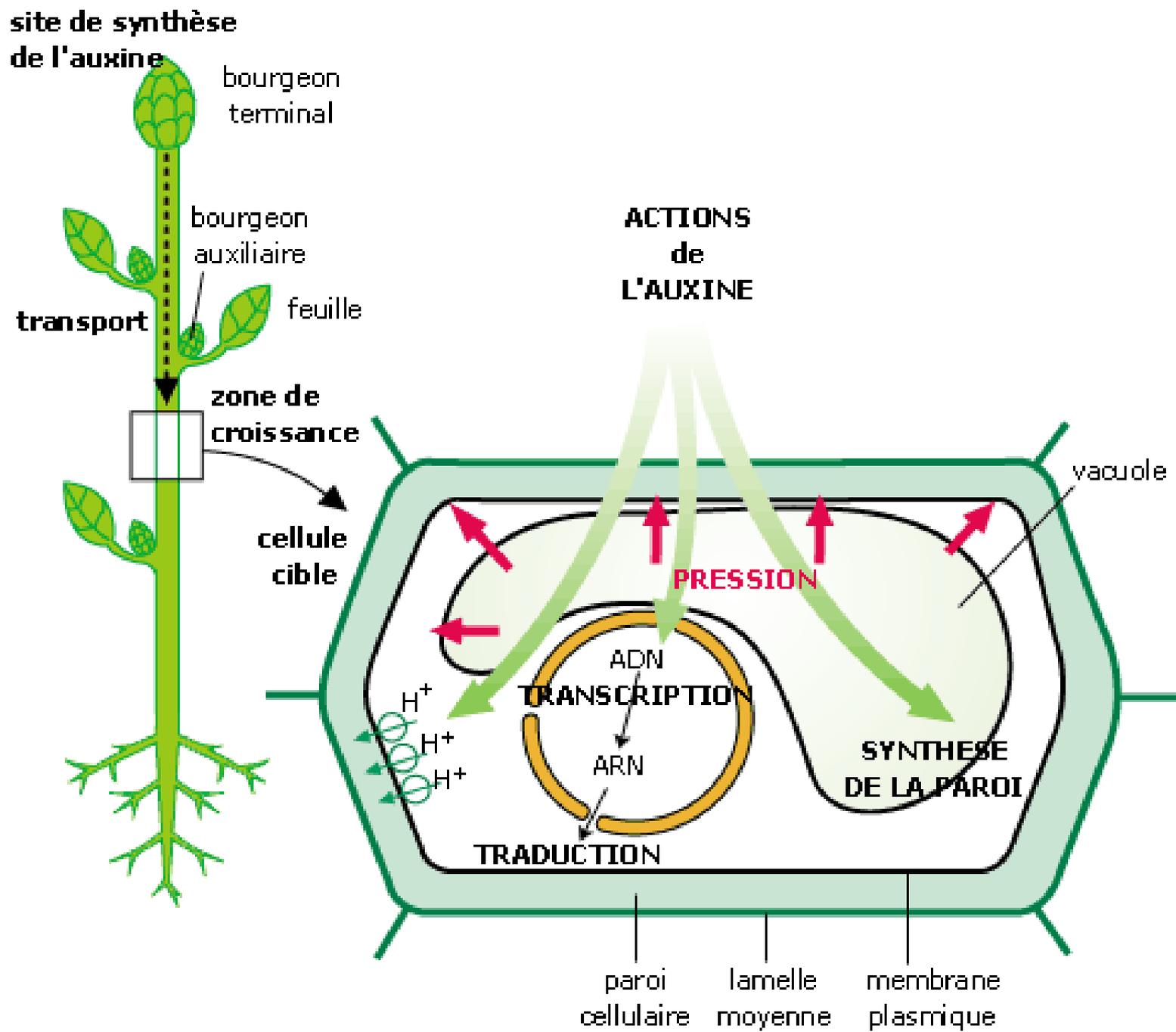


Auxine

- Les **auxines** sont produites dans les méristèmes et régions de croissance active au niveau des parties aériennes. Elles se trouvent dans la plupart des tissus de la plante y compris dans les feuilles en sénescence.
- Le transport des **auxines** se fait dans le phloème, des parties aériennes vers les parties racinaires, mais également de cellule à cellule (transport orienté).
- Les **auxines** activent l'élongation des coléoptiles et des tiges et favorisent le phototropisme et le géotropisme.

- L'**auxine** joue un rôle important dans l'initiation et la formation des racines adventives et dans la différenciation du xylème. Par contre, elles inhibent l'élongation racinaire.
- La croissance des bourgeons axillaires est également inhibée par le maintien de la **dominance apicale**, qui est sous le contrôle des auxines. Enfin elles retardent la sénescence des feuilles et la chute des fruits.

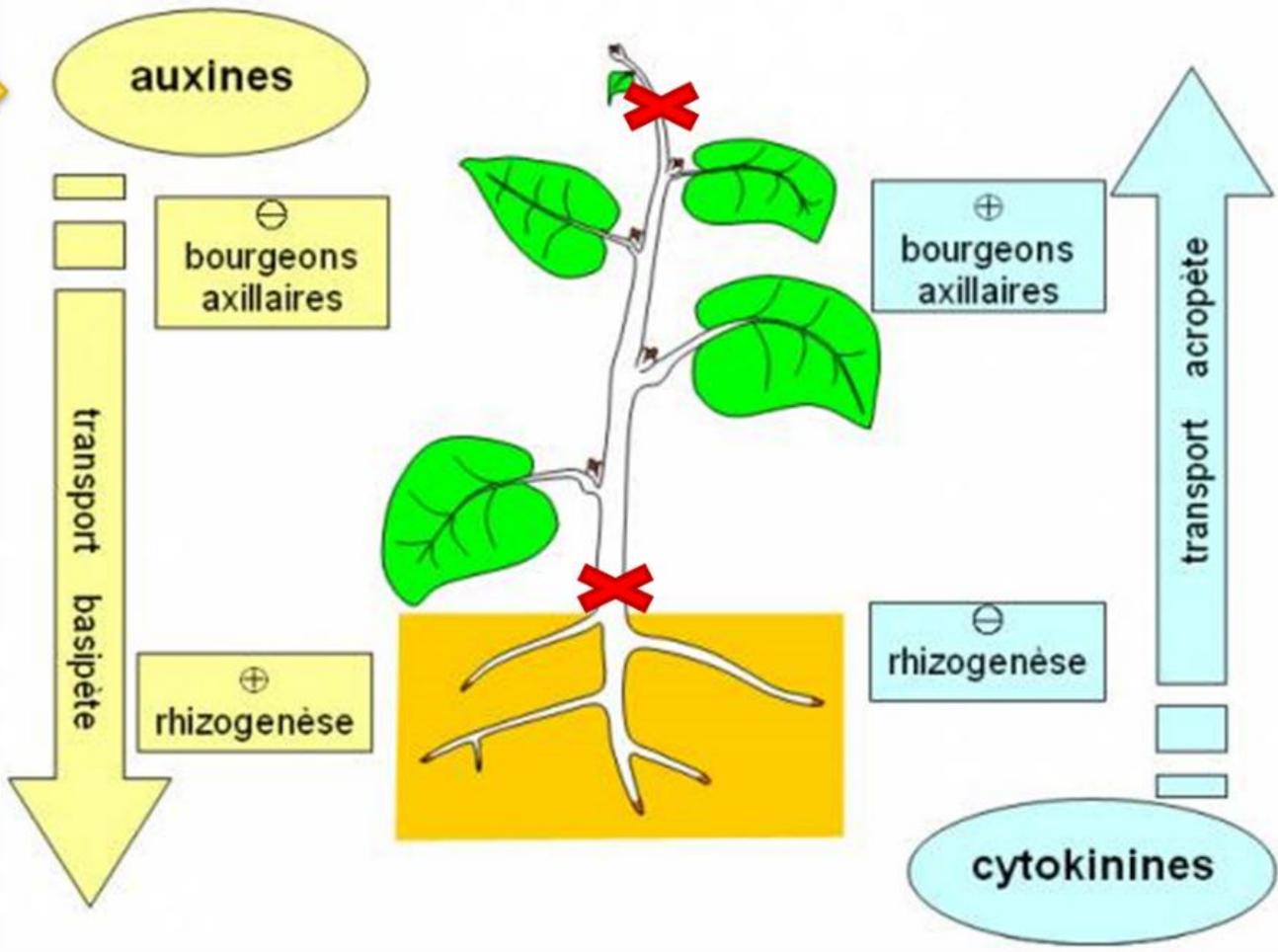
I.8. Phytohormones



d. Les cytokinines

- Les **cytoquinines** sont synthétisées dans les apex des racines, et se trouvent aussi dans les parties aériennes, les semences et les fruits n'ayant pas atteint la maturité physiologique.
- Les **cytoquinines** sont transloquées dans le xylème depuis les racines jusqu'aux parties aériennes. Au niveau de celles-ci, les cytokinines circulent lentement de cellule à cellule.
- Les **cytokinines** jouent un rôle important dans la germination et favorisent la division cellulaire.

Produites au niveau de l'apex



auxines

\ominus
bourgeons axillaires

transport basipète

\oplus
rhizogenèse

\oplus
bourgeons axillaires

transport acropète

\ominus
rhizogenèse

cytokinines

Produites au niveau des racines

c. Les gibbérellines

- Les **gibbérellines** sont synthétisées dans les apex racinaires. Elles se trouvent aussi dans les semences, les jeunes feuilles et les tiges.
- Le transport des **gibbérellines** à partir des racines vers les parties aériennes se fait dans le xylème. Dans les parties aériennes, le transport des **gibbérellines** se fait de cellule à cellule (dans les feuilles, ce transport se fait dans le phloème).

- Les **gibbérellines** activent les processus physiologiques comme : La germination des semences, l'élongation des tiges, l'expansion des feuilles, la floraison des plantes de jours longs et la croissance des fruits.
- Les **gibbérellines** lèvent la dormance des semences et la dominance apicale. Elles inhibent la sénescence des feuilles et la maturation des fruits.
- L'excès d'eau et l'effet des jours courts inhibent la synthèse des **gibbérellines** dans les racines et leur transport vers les parties aériennes.

d. Ethylène

- Toutes les parties de la plante synthétisent l'**éthylène** et surtout les **régions apicales en croissance active** et au cours de la **maturation des fruits**.
- L'**éthylène** a un effet sur la maturation des fruits, la sénescence des feuilles et la chute des organes ainsi que la levée de la dominance apicale des bourgeons axillaires.
- **Cette hormone** inhibe la division cellulaire ainsi que le géotropisme des tiges et des racines.

- La production de l'**éthylène** est stimulée par la maturation des fruits, la sénescence des feuilles et des fleurs, le stress hydrique et l'effet des autres hormones.
- La **production de cette hormone** est inhibée par la lumière et par des conditions d'anaérobie.
- **Remarque : Le métabolisme de l'éthylène et son transport au sein de la plante sont peu connus.**

e. Acide abscissique

- La synthèse de **l'acide abscissique** se fait essentiellement dans la partie terminale des racines. Il se trouve aussi dans les feuilles, les bourgeons, les semences, les fruits et tubercules.
- **Cette hormone** circule facilement au niveau des cotylédons, des feuilles et des racines. Le transport se fait de cellule à cellule dans les parties aériennes.
- **L'acide abscissique** a des effets sur la fermeture des stomates, la sénescence des feuilles, l'abscission, la dormance des bourgeons, et la formation des tubercules et des racines adventives.

- L'**acide abscissique** a un rôle important dans la régulation stomatique en relation avec les réponses adaptatives des plantes au stress hydrique.
- L'**acide abscissique** inhibe la germination des semences, la croissance des bourgeons axillaires, l'élongation des tiges et des racines, et l'initiation florale.

f. Régulation hormonale

Il est bien établi que les phénomènes de croissance et de développement dépendent de l'équilibre hormonal au sein de la plante.

Cet équilibre est régi par des **rappports** et **gradients** de concentrations.

La **régulation hormonale** de la croissance et du développement s'exerce aux niveaux de :

- Division cellulaire, expansion des cellules et leur différenciation,
- Germination et dormance des graines et des bourgeons,
- Initiation des feuilles, tiges et racines,
- Production de grains, fruits et leur maturation,
- Sénescence et mortalité des organes.

- Pour les hormones de croissance (IAA, GA, CK), à une concentration normale dans la plante, elles entraînent la *promotion* de la croissance, **par contre**, les hormones de stress (ABA, éthylène), à concentration élevée, elles inhibent la croissance.
- *A même concentration* dans la plante, les hormones peuvent avoir des effets très contrastés sur les différents organes, en particulier sur la partie aérienne et racinaire.