

Activité 2: Le développement des plantes à fleurs

Le développement des angiospermes (plantes à fleurs) est un phénomène infini qui dure tout au long de la vie de la plante. Le développement fait intervenir deux mécanismes: la croissance et la différenciation.

Croissance et différenciation.

La **croissance** est l'augmentation des dimensions des tissus, des organes et donc de la plante qu'ils constituent. La croissance fait intervenir deux mécanismes:

La **mérèse** ou multiplication des cellules au niveau des méristèmes par division (mitose) des cellules méristématiques (cellules indifférenciées, de forme carrée et possédant un rapport nucléocytoplasmique élevé).

L'**auxèse** ou augmentation de la taille des cellules dans les zones d'élongations racinaires et caulinaires.

La **différenciation** est l'acquisition de nouveaux caractères en relation avec l'acquisition d'une fonction donnée. La différenciation conduit à la mise en place:

De nouveaux types cellulaires: cellules spécialisées caractérisées par leur forme et leur contenu moléculaire et cytoplasmique en relation avec leur fonction, et par leur rapport nucléocytoplasmique faible.

De nouveaux tissus (ensemble de cellules spécialisées)

De nouveaux organes (ensemble de tissus)

Le développement racinaire.

L'expérience de [Sachs](#) montre que la croissance de la racine est maximale au niveau des segments 6-7-8, c'est à dire vers l'apex (extrémité) de la racine.

La coupe longitudinale de [l'apex racinaire](#) met en évidence 3 zones:

Le méristème, constitué de cellules méristématiques (indifférenciées) carrées et au rapport nucléocytoplasmique élevé, subissant des divisions par mitoses à l'origine d'une croissance par mérése. (*Le méristème est protégé par une coiffe*)

La zone d'élongation, constituée de cellules plus allongées (rectangulaires) au rapport nucléocytoplasmique plus faible, ayant subi une croissance par auxèse.

La zone de différenciation dans laquelle les cellules acquièrent leurs spécialisations (parenchyme, poil absorbant, rhizoderme, phloème, xylème) en relation avec les fonctions racinaires.

Le méristème apical racinaire a un rôle uniquement histogène (formation de tissus). Les racines secondaires sont mises en place par dédifférenciation des cellules du péricycle qui reviennent à un état méristématique.

Le développement caulinaire.

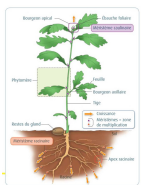
L'appareil végétatif aérien des plantes est organisé en unités répétitives : les [phytomères](#) chacun constitué d'un nœud, d'un entre-nœud, d'un bourgeon axillaire, et d'une feuille.

La mise en place des nouveaux phytomères a lieu au niveau des méristèmes caulinaires apicaux et axillaires. La [coupe longitudinale d'un bourgeon apical](#) révèle la présence de cellules en division (mitose) ainsi que leur différenciation en cellules spécialisées constitutives des tissus et organes (feuilles) mis en place.

Les méristèmes caulinaires ont un rôle histogène et organogène. Ils peuvent par ailleurs avoir un fonctionnement végétatif (mise en place de phytomères) ou reproductif (mise en place de fleurs et fruits)

La coupe longitudinale d'un [bourgeon de marronnier](#) montre que les organes du futur rameau sont déjà mis en place dans le bourgeon. Il y a donc une séparation temporelle entre la différenciation des tissus et organes lors de la formation des bourgeons à l'automne, et la croissance qui débute à partir du débourrage des bourgeons au printemps.

Localisation des méristèmes caulinaires et racinaires



Le contrôle du développement.

En milieu naturel, les facteurs de l'environnement fluctuent. Ainsi, la répartition de la lumière dans l'espace n'est jamais homogène: la lumière est un facteur anisotrope. Les facteurs anisotropes du milieu modèlent la forme et donc le phénotype des végétaux en agissant sur leur développement. Les organes aériens des végétaux verts présentent une croissance orientée vers la lumière: c'est le phototropisme positif.

Les expériences de [Darwin](#) montrent que:

L'éclairement anisotrope induit la courbure du coléoptile uniquement lorsque l'apex du coléoptile est exposé à la lumière et ce peu importe que la base du coléoptile soit ou ne soit pas exposée.

On en déduit que c'est l'apex du coléoptile qui est sensible à l'orientation du flux lumineux.

Les expériences de [Boysen](#) montrent que:

Le coléoptile se courbe (présente une croissance orientée) vers la lumière lorsqu'une lamelle de gélose hydrophile est intercalée entre l'apex et la base.

Le coléoptile ne se courbe pas vers la lumière lorsqu'une lamelle de mica imperméable est intercalée entre l'apex et la base.

On en déduit que en réponse à la perception de l'orientation de la lumière, l'apex sécrète une ou des molécules hydrophiles qui doivent migrer vers la base du coléoptile pour induire sa courbure (croissance orientée).

Le coléoptile se courbe (présente une croissance orientée) lorsqu'on intercale une demie lamelle de mica entre l'apex et la base du coléoptile du côté éclairé.

Le coléoptile ne se courbe pas lorsqu'on intercale une demie lamelle de mica entre l'apex et la base du coléoptile du côté non éclairé.

On en déduit que la perception de l'orientation de la lumière par l'apex induit la production par l'apex d'une molécule hydrophile répartie de façon non uniforme (plus abondante sur la face non éclairée) et dont la diffusion vers la base induit la courbure (croissance orientée) du coléoptile.

Les expériences de [Soding](#) montrent que:

La croissance du coléoptile est possible quand l'apex est en place ou en contact direct avec la base, mais n'est pas possible en l'absence d'apex. **L'apex stimule la croissance du coléoptile.**

La croissance du coléoptile n'est pas possible lorsqu'une lamelle de mica (isolant électrique) ou de platine (conducteur électrique) est intercalée entre l'apex et la base. **L'apex stimule la croissance du coléoptile en agissant à distance sur la base du coléoptile via un messenger qui n'est pas de nature électrique, donc qui est probablement de nature chimique.**

La croissance du coléoptile n'est pas possible lorsque une lamelle de beurre de cacao (substance lipidique hydrophobe) est intercalée entre l'apex et la base.

La croissance du coléoptile est possible lorsque l'apex est séparé de la base par une lamelle de gélose hydrophile.

On en déduit que l'apex stimule la croissance du coléoptile en agissant à distance sur la base du coléoptile via un messenger chimique hydrophile.

Les [mesures](#) de croissance des faces d'un coléoptile en éclairage anisotrope montrent que:

Le témoin en éclairage isotrope a une croissance uniforme des deux faces.

Le coléoptile en éclairage anisotrope a une croissance beaucoup plus forte de la face non éclairée par rapport à la face éclairée (et par rapport au témoin).

La diffusion non uniforme du messenger chimique hydrophile (plus abondant sur la face non éclairée) induit une croissance non uniforme des 2 faces (plus forte sur la face non éclairée) ce qui provoquerait la courbure (croissance orientée) du coléoptile.

L'auxine: une phytohormone.

L'auxine est une petite molécule hydrosoluble synthétisée au niveau de l'apex des tiges et en particulier dans les méristèmes des bourgeons terminaux et les jeunes organes.

Sa concentration est donc forte à l'apex des tiges et diminue vers le bas de la plante selon un gradient de concentration basipète. Chez les poacées (blé, avoine, maïs...) elle est également produite par l'extrémité du coléoptile.

L'auxine migre dans la plante et agit à distance de son lieu de synthèse. Son action est supprimée par ablation des structures qui la synthétisent, mais elle est rétablie par leur greffe. L'auxine est donc une hormone végétale ou phytohormone.

A faible concentration, l'auxine stimule la croissance des tiges et des coléoptiles. Son action est optimale pour des concentrations précises, en dehors desquelles elle peut avoir au contraire un effet inhibiteur sur la croissance.

La courbure d'une tige ou d'un coléoptile en direction de la lumière résulte d'une croissance inégale des deux faces: par expériences, on montre que la lumière est perçue par l'extrémité du coléoptile ou apex; l'éclairement anisotrope induit un déplacement de l'auxine vers la face non éclairée; l'auxine migre ensuite vers la base de la tige, préférentiellement le long de la face non éclairée, stimulant davantage la croissance des cellules dans cette zone et provoquant la courbure de la tige.

La double action de l'auxine

Effet à court terme (10 min): l'auxine provoque la sortie des protons de la cellule végétale et entraîne une acidification de la paroi. La baisse du pH conduit à la rupture des liaisons faibles entre les molécules de cellulose et d'hémicelluloses constituant la paroi. Elle active également les enzymes présentes dans la paroi qui catalysent la rupture des liaisons covalentes entre les constituants de la paroi. La rigidité de la paroi diminue et la plasticité pariétale augmente. L'élongation cellulaire est alors possible sous l'effet de la pression de turgescence permanente, moteur de la croissance.

Effet à long terme (plusieurs heures): par des mécanismes mal connus, l'auxine induit la synthèse de nouvelles protéines dans la cellule. Elle active probablement l'expression de certains gènes qui participent aux réactions chimiques (synthèses de matériaux pariétaux) nécessaires à la croissance de la cellule végétale.

L'auxine est la molécule hydrosoluble produite dans l'apex du coléoptile des céréales. Elle diffuse dans le coléoptile et est responsable de sa croissance. Lorsque l'apex du coléoptile reçoit une lumière anisotrope, il semble que l'auxine ne soit plus répartie uniformément dans la partie supérieure du coléoptile. Cette répartition inégale est liée à une croissance inégale des deux faces (éclairées et non éclairées) des coléoptiles permettant sa croissance orientée vers la lumière.