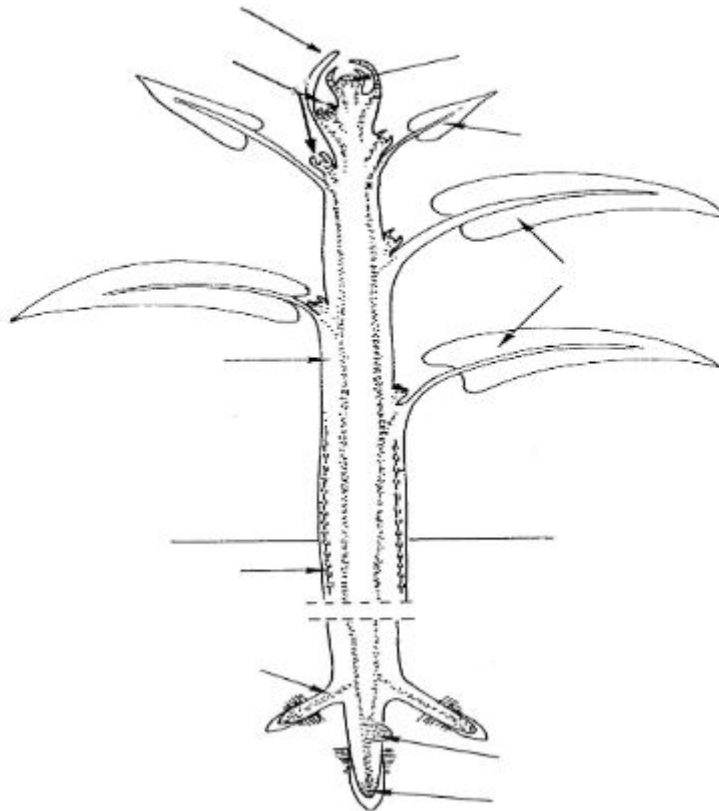


# Chapitre 6 : L'ORGANISATION FONCTIONNELLE DES PLANTES À FLEURS

## Organisation fonctionnelle des plantes (angiospermes)



Les Angiospermes sont des organismes vivants végétaux qui ont une vie fixée pour la plupart à l'interface du sol et de l'air. Les Angiospermes, qui sont les plantes à fleurs produisant des fruits. Elles ont besoin de ressources qu'elles trouvent dans leur habitat, le sol (eau et ions) et l'air (CO<sub>2</sub>). Elles utilisent aussi l'énergie lumineuse pour la convertir en énergie chimique lors de la photosynthèse. Elles ne peuvent pas se déplacer pour se procurer leur nourriture, se mettre à l'abri, ou se reproduire.

Elles ont privilégié, au cours de l'évolution, le développement d'un système racinaire et d'un système caulinaire (aérien) qui comprend tiges, feuilles et fleurs.

Ces 2 systèmes sont interdépendants grâce aux tissus conducteurs qui les relient (dans les troncs et les tiges).

Comment les plantes à fleurs ayant une vie fixée s'adaptent-elles à leur environnement ?

# I/ Des caractéristiques morphologiques liées au fonctionnement de la plante

## A/ Les feuilles et les racines sont des systèmes d'échanges performants avec l'environnement

Comment les surfaces d'échanges entre la plante et son environnement lui permettent-elles de se nourrir ?

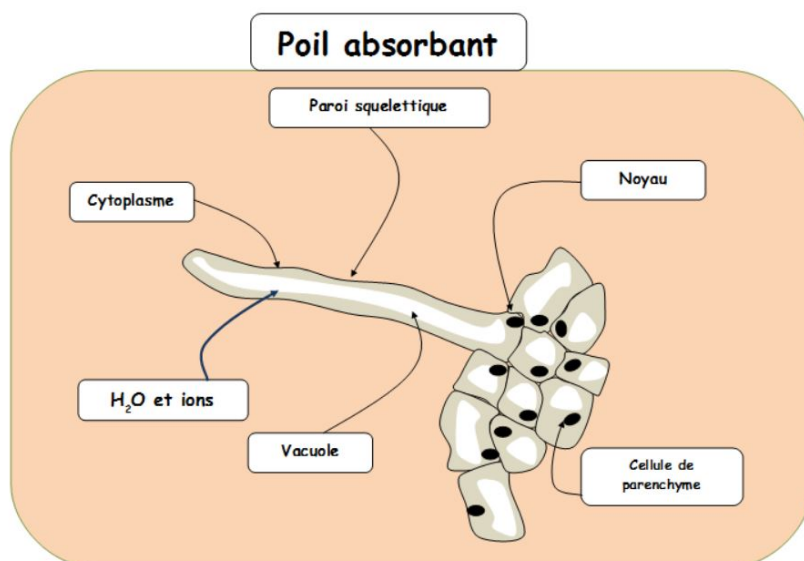
Les surfaces d'échanges des feuilles avec l'atmosphère et des racines avec le sol sont importantes. Plus la surface d'un organe est importante, plus les échanges qu'il réalise seront importants.

### 1/ Les racines, des organes adaptés à l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

- L'extrémité des racines est recouverte de poils absorbants qui augmentent la surface totale des racines. Il s'agit de cellules fines de 13,5  $\mu\text{m}$  de diamètre et à 7 mm de longueur moyenne.

Le rapport taille/diamètre important des racines est en rapport avec la fonction d'absorption de l'eau et des ions qui peuvent se trouver assez éloignés de la plante (horizontalement ou verticalement). La structure souvent ramifiée des racines leur permet aussi le maintien du port dressé.

- Au niveau racinaire, 90 % des plantes nouent des relations symbiotiques avec des champignons du sol, formant des organes associant racines et champignons : les mycorhizes. Cette association entre certains êtres vivants très étroites et durables constituent des symbioses (=vivre ensemble).



Les filaments du champignon augmentent considérablement la surface d'échange et contribuent à la nutrition des plantes dans le sol (prélèvement d'eau et de sels minéraux). Les symbioses peuvent entraîner des modifications phénotypiques de chaque être vivant pris séparément : production de nouvelles molécules, apparition de nouvelles structures, modification des comportements (croissance mutuelle).

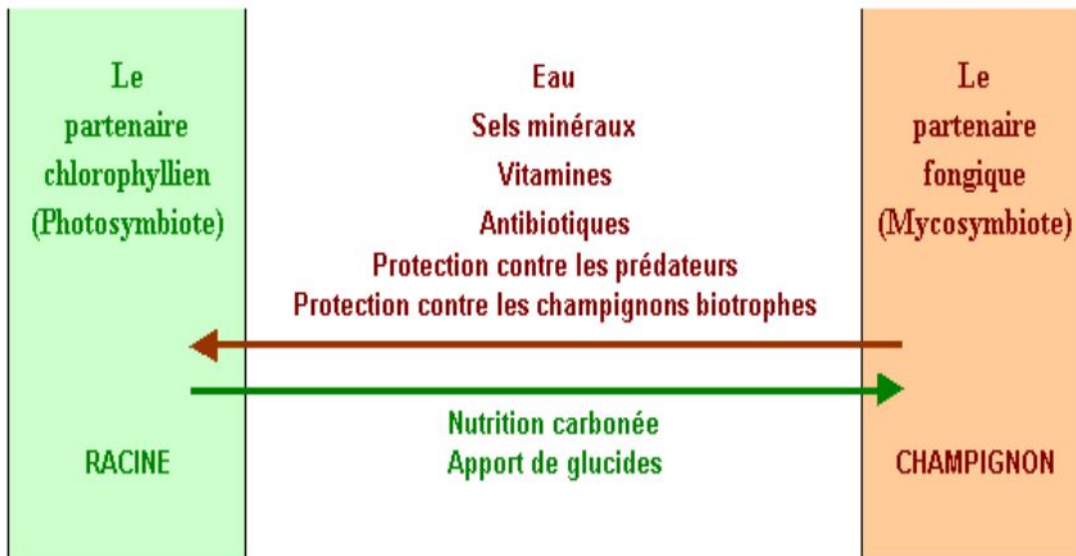


Schéma des échanges nutritionnels entre les cellules racinaires et les filaments mycéliens du champignon

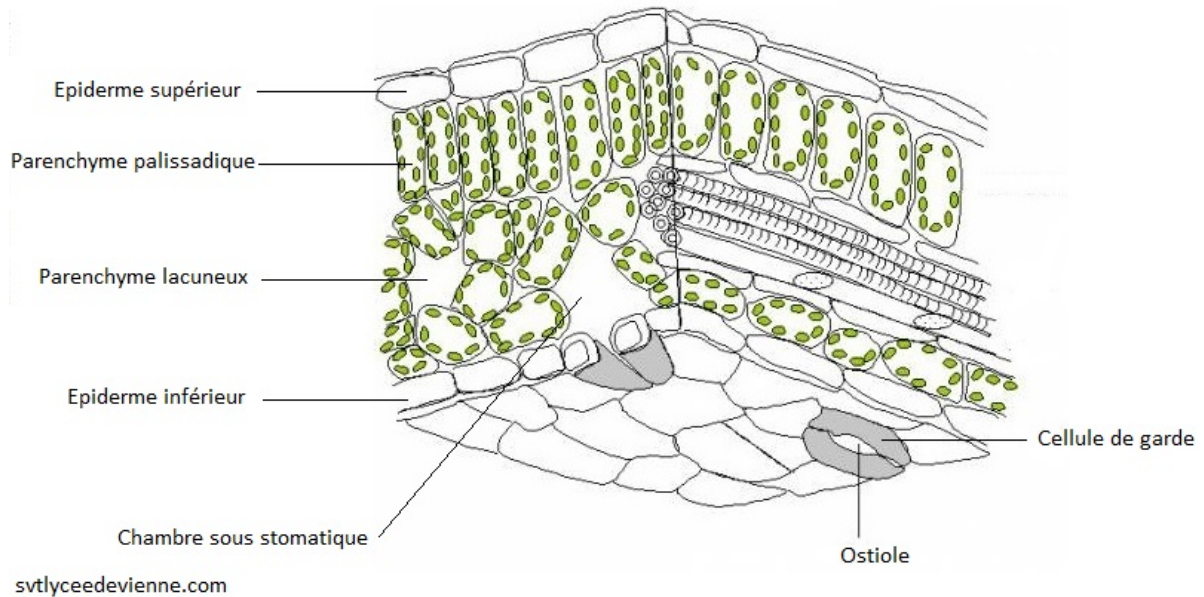
Symbiose mycorhizienne

2/ Les feuilles, des organes adaptées à la fonction de photosynthèse

Les feuilles captent l'énergie de la lumière et l'utilisent pour réaliser la photosynthèse. Pour se nourrir de façon efficace, la feuille possède des structures particulières. Entre deux épidermes, on trouve des cellules chlorophylliennes photosynthétiques organisées en parenchyme :

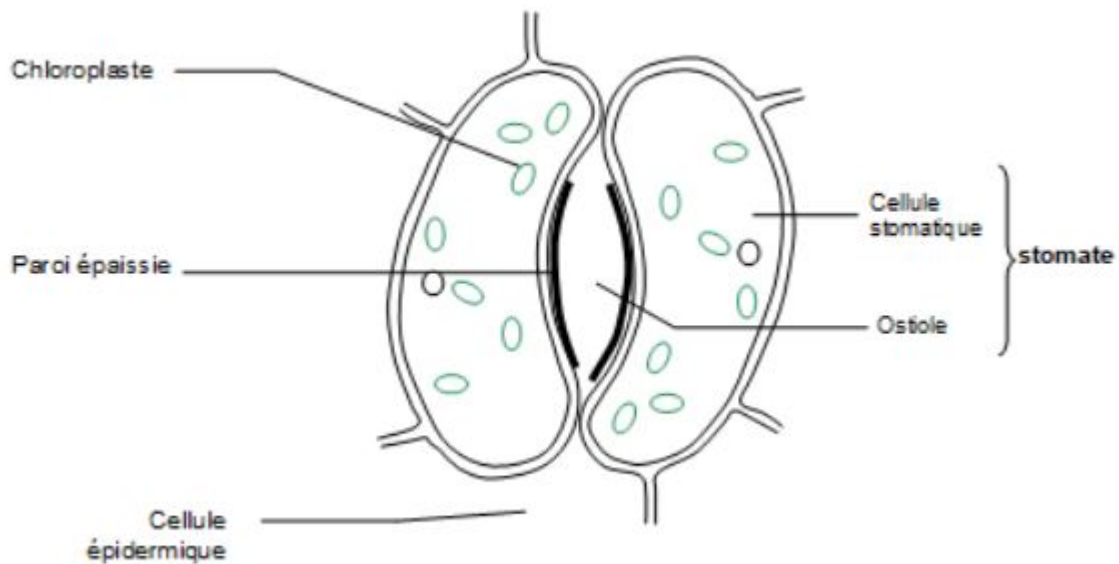
- le parenchyme palissadique organisé en couches serrées
- le parenchyme lacuneux séparées par des espaces remplis d'air

### Vue en coupe schématique d'une feuille : coupe transversale et longitudinale

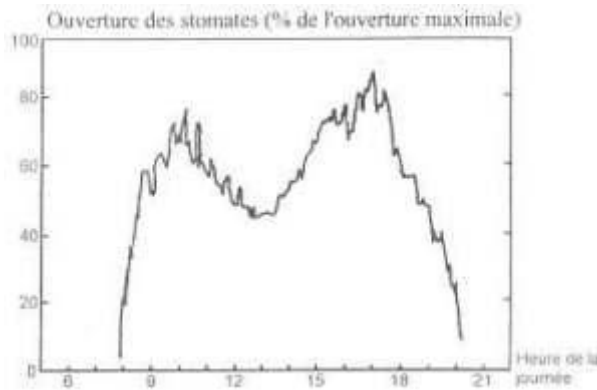


Au niveau de l'épiderme inférieur, la feuille possède de nombreux stomates. Ils sont constitués par deux cellules de garde délimitant une ouverture nommée ostiole. C'est par cet orifice que sort ou entre les gaz. Les stomates s'ouvrent ou se ferment selon les conditions externes (hygrométrie, température).

### Schéma d'un stomate



Degré d'ouverture des stomates chez *Arbutus unedo* (arbousier) pendant une journée ensoleillée.



## B/ La circulation de matière dans la plante peut se faire par des vaisseaux conducteurs

Les tissus conducteurs canalisent les circulations de matière dans la plante, notamment entre les lieux d'approvisionnement en matière minérale (sol pour l'eau et les ions minéraux), les lieux de synthèse organique (feuille, lieu de la photosynthèse) et les lieux de stockage (organe de réserve ex : tubercule de pomme de terre).

Les plantes vasculaires appelées aussi trachéophytes contiennent deux types de vaisseaux conducteurs :

- Le xylème permettant le transport dans l'ensemble de la plante de la sève brute qui contient de l'eau et des ions minéraux provenant du sol.
- Le phloème permettant le transport dans l'ensemble de la plante de la sève élaborée contenant des photo-assimilats sous forme de sucre (saccharose...) provenant de la photosynthèse.

Le xylème et le phloème sont issus de la différenciation du cambium.

L'eau ayant circulé dans les vaisseaux conducteurs de sève est éliminée par transpiration.

Celle-ci s'effectue notamment au niveau de la face inférieure des feuilles par les stomates et est activée par la ventilation.

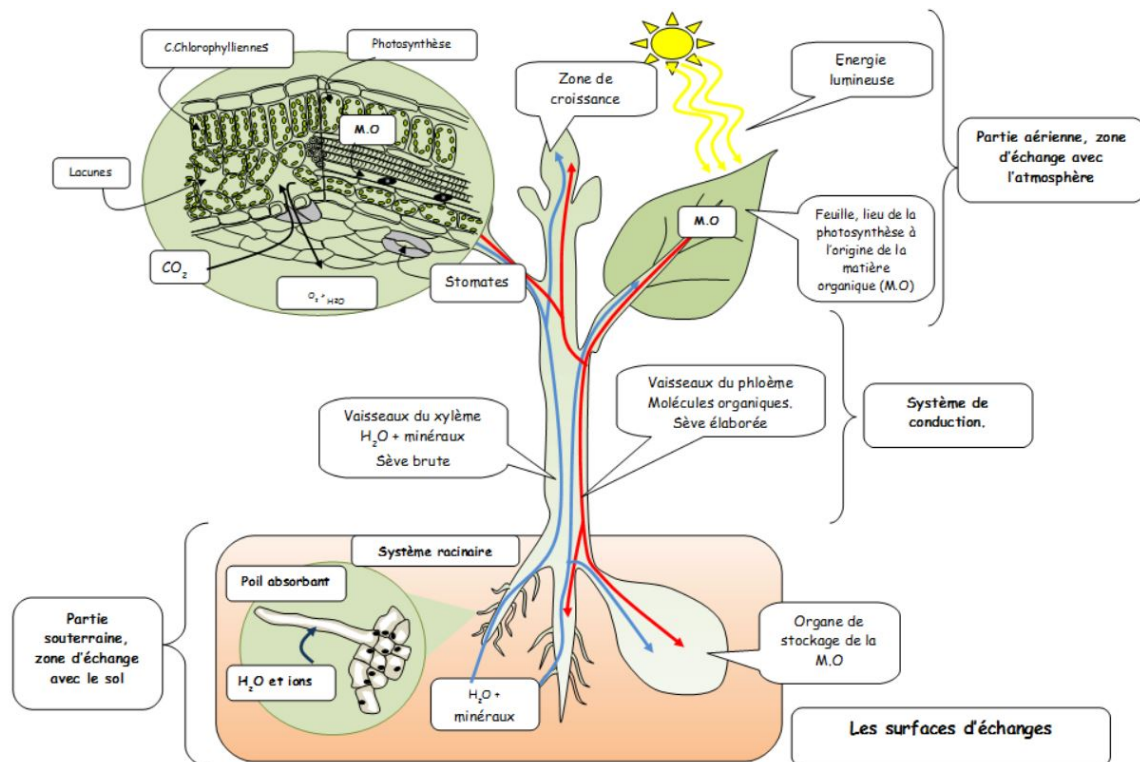
De plus, la structure des feuilles permet l'entrée par les stomates, de l'air contenant du CO<sub>2</sub>, tout en limitant la perte d'eau par évapotranspiration : la position des stomates est majoritairement au niveau de l'épiderme inférieur des feuilles.

### Stomates et transpiration foliaire

Repris de <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/daac/meteo/cycledelo/a-etats/savplus/pgal1n2.htm>

stomates et transpiration foliaire		nombre de stomates	transpiration (mg/jour)
dahlia	face supérieure	22	500
	face inférieure	30	600
tilleul	face supérieure	0	200
	face inférieure	60	490
lierre	face supérieure	0	0
	face inférieure	80	180

Bilan sur les échanges



## II/ Les modalités du développement d'une plante

### A/ Des zones spécialisées dans la croissance de la plante

Chez les végétaux, l'embryon contenu dans la graine n'est qu'une ébauche dont la forme ne permet guère d'avoir une idée de ce que sera la plante adulte. Le développement de cette plantule va progressivement mettre en place les caractéristiques de l'espèce.

Où est localisée à l'échelle du végétal, la production de nouveaux organes ?

Quels sont les mécanismes cellulaires de cette production ?

#### 1/ Les apex, croissance et mise en place des organes

Chez les végétaux, des zones nommées apex, situées à l'extrémité des racines ou des bourgeons des tiges, assurent la formation des nouveaux organes et la croissance du végétal.

Ces apex sont formés de 2 zones :

- L'une terminale et nommée méristème, est constituée de cellules indifférenciées, à gros noyau, sans vacuoles qui assurent la production de nouvelles cellules, suite à leur forte activité de division (=mitose).
- L'autre située en arrière du méristème, est la zone d'élongation

On trouve d'autres zones méristématiques le long des tiges (bourgeons axillaires).

L'élongation des cellules nées des divisions assure la croissance des différents tissus (feuilles, tiges, racines) du végétal.

La zone de croissance s'achève à la zone de différenciation. La différenciation des cellules (=acquisition par une cellule non spécialisée d'un caractère spécifique), marquée par l'acquisition d'une nouvelle forme et de structures cellulaires spécifiques, permet aux cellules différenciées de remplir des fonctions spécifiques du végétal (photosynthèse, stockage d'amidon).

On met à germer des graines. Lorsque la plante est âgée de 2 semaines, on mesure la distance entre chaque nœud.

N° entre nœud	Plantes âgées de 32 jours	Plante âgée de 45 jours
1	19,5	21,5
2	10,3	15,2
3	5,2	15,6
4	2	18
5	0,3	16
6	–	8
7	–	4

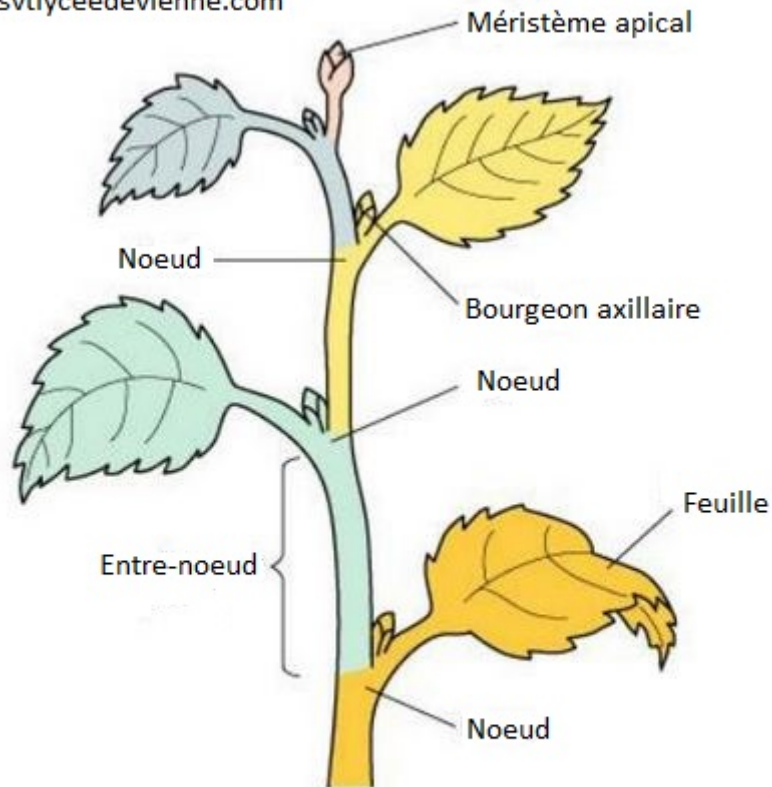
Tracer l'histogramme de l'allongement pour chaque entre-nœud, en plaçant en abscisse les allongements et en ordonnées les numéros d'entre-nœuds.

La croissance est-elle identique sur toute la tige ? Localiser la zone à forte croissance.

Indiquer le lieu exact de l'apparition de nouveaux organes.

## 2/ Une organisation modulaire des tiges feuillées.

Le méristème apical de la tige met en place des structures répétitives, les phytomères. Les tiges feuillées sont construites et fonctionnent de façon modulaire : chaque module, appelé phytomère, est constitué d'un segment de tige et comprenant un entre nœud et un nœud. Cette organisation modulaire est contrôlée par des hormones végétales et permet entre autre d'assurer à toutes les feuilles la réception d'un maximum de lumière, les rameaux d'une plante se disposent sur la tige selon une disposition particulière pour que les rameaux du dessus fassent le moins d'ombre possible aux rameaux du dessous.

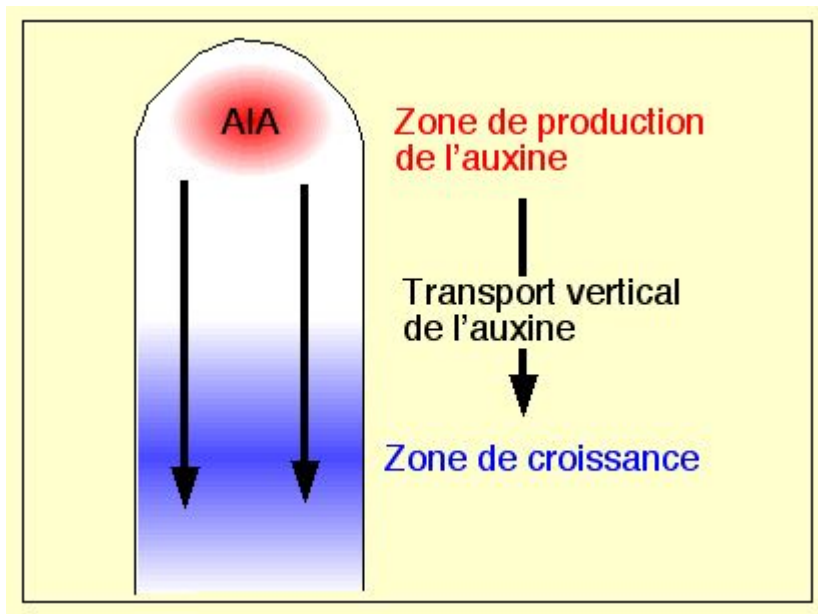


Structures répétives de la tige : les phytomères

## B/ Une organogenèse sous influence

Le développement d'un végétal se caractérise par l'augmentation de sa taille, la croissance et la formation d'organes : l'organogenèse. Quels sont les types de contrôles qui s'exercent sur la morphogenèse et l'organogenèse ?





La croissance cellulaire est un phénomène biologique qui implique une déformation irréversible des dimensions de la cellule. Si la cellule grandit, la paroi doit être modifiée. Cette modification est sous le contrôle d'une hormone : l'auxine.

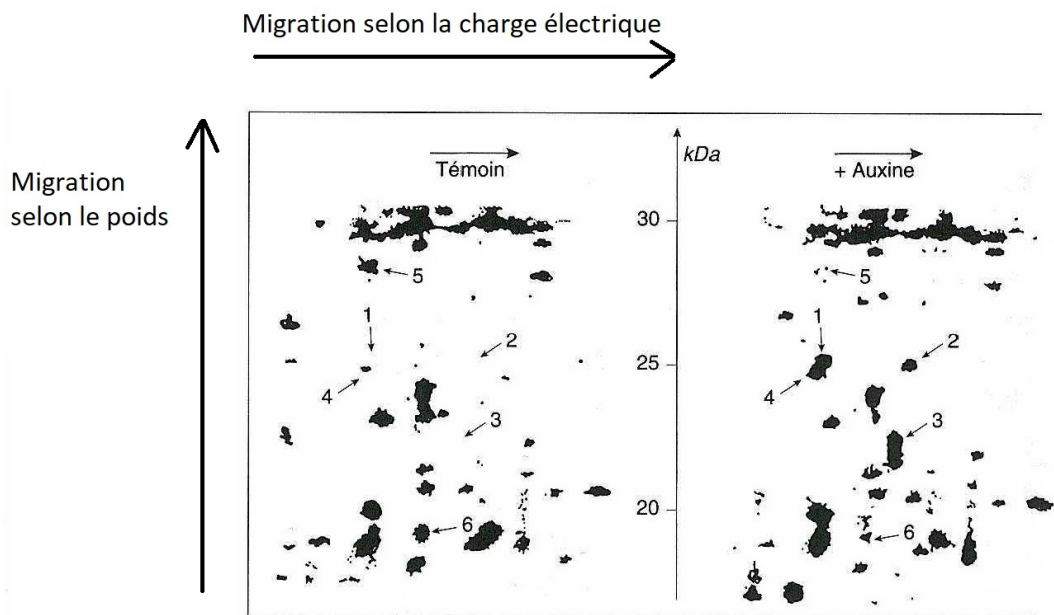
L'auxine, facteur de croissance ou hormone végétale, contrôle la croissance cellulaire. Elle est synthétisée par l'apex des tiges. Elle possède une double action :

- une action à court terme sur la plasticité pariétale.
- Une action à long terme sur l'expression de gènes qui participent aux divers évènements du métabolisme nécessaires à la croissance.

On peut comparer les protéines présentes dans les cellules situées sous l'apex d'un pois non traité par l'auxine (témoin) et d'un pois traité par l'auxine. Ces protéines sont des enzymes qui interviennent dans la synthèse et la mise en place des composés de la paroi.

On peut les mettre en évidence grâce à une électrophorèse bi-dimensionnelle qui permet de séparer les protéines en fonction de leur masse moléculaire et de leur capacité à migrer dans un champ électrique. La technique de l'électrophorèse est fondée sur le déplacement d'ions (espèces chargées positivement ou négativement) sous l'effet d'un champ électrique. Les cations (+) migrent vers la cathode (-) et les anions (-) se déplacent vers l'anode (+).

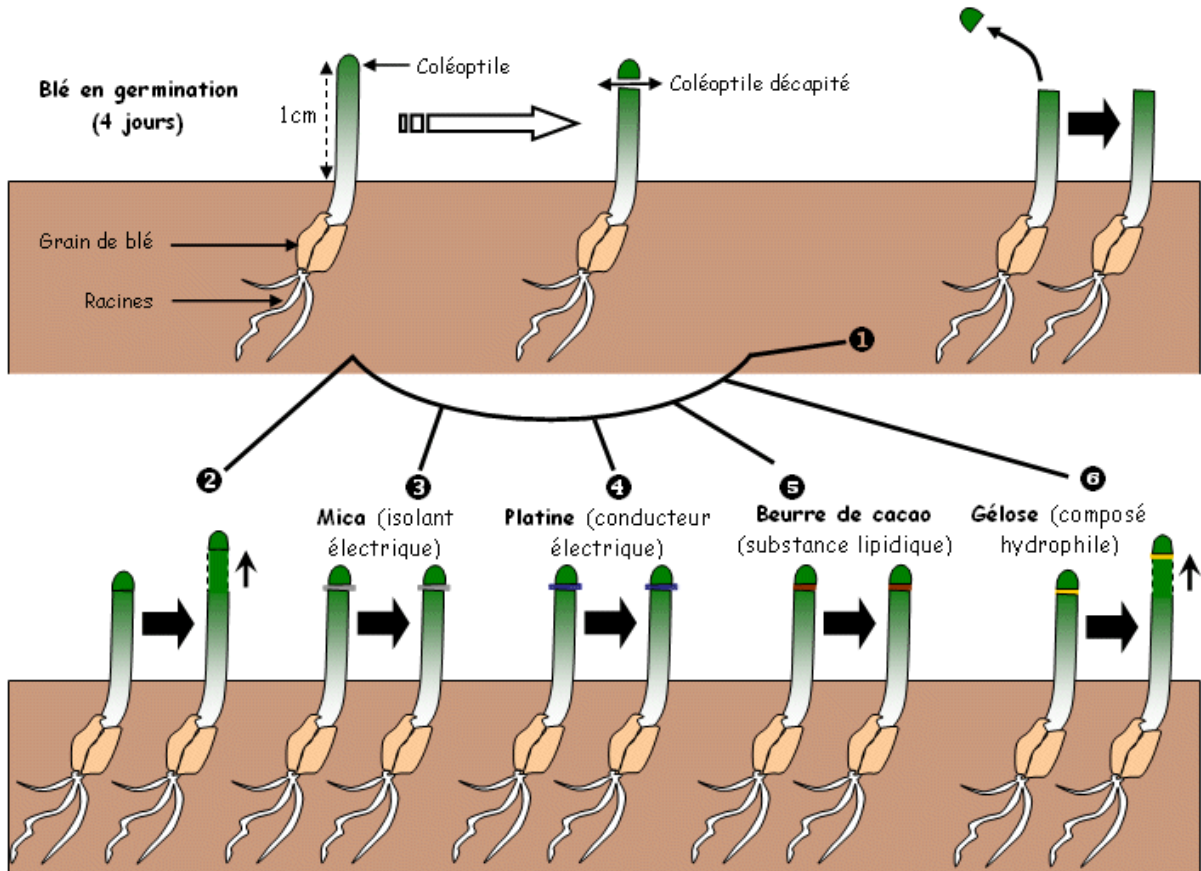
On obtient les résultats suivants :



Résultats obtenus par électrophorèse bi-dimensionnelle. V. Marquet

- 1- Comparer les résultats des deux électrophorèses
- 2- Expliquez en quoi ses résultats suggèrent une action de l'auxine sur l'expression génétique des cellules apicales du pois.
- 3- Déduisez de ces résultats, une action de l'auxine sur l'expression des gènes impliqués dans la croissance.

**Expériences de H. Söding sur des coléoptiles de plantule de blé (1923).**  
(Le coléoptile est la gaine protectrice chlorophyllienne qui se développe autour des jeunes feuilles en croissance)



Conclusion : les méristèmes permettent la mise en place de nouvelles cellules par divisions cellulaires. Les nouvelles cellules s'allongent, ce qui permet l'élongation des organes. Division cellulaire et élongation définissent la croissance cellulaire. Enfin, les cellules se différencient au cours de l'organogenèse. Celle-ci est sous la dépendance d'hormones végétales comme l'auxine.

### III/ Influence des conditions du milieu sur le développement de la plante

Le développement de la plante conduit à une organisation modulaire en phytomères comme nous venons de le voir. Mais cette architecture peut varier selon les conditions environnementales sous l'influence des hormones végétales : forme, taille, ramification. Comment les plantes réagissent-elles aux variations de leur environnement ?

## A/Environnements et morphologie végétale

La lumière, l'eau, la température et le vent sont des facteurs du milieu de vie qui conditionnent fortement le développement des végétaux. Il existe également des mécanismes d'adaptations aux variations saisonnières du milieu (bourgeons, chute de feuilles et vie ralentie en hiver, etc...).

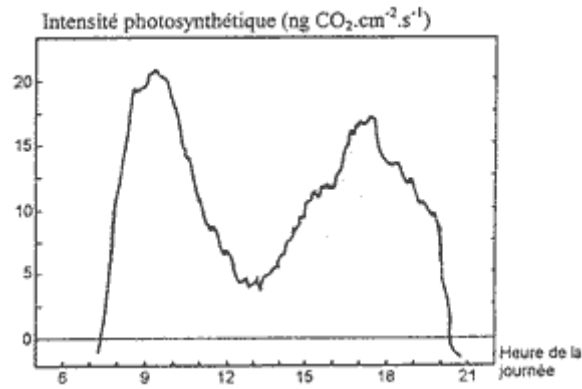


Ci-contre : port en drapeau dans une zone soumise à l'action renforcée du vent dans une direction prédominante.

Certains mécanismes assurent la protection des plantes à vie fixée pour lutter contre la sécheresse, la déshydratation.

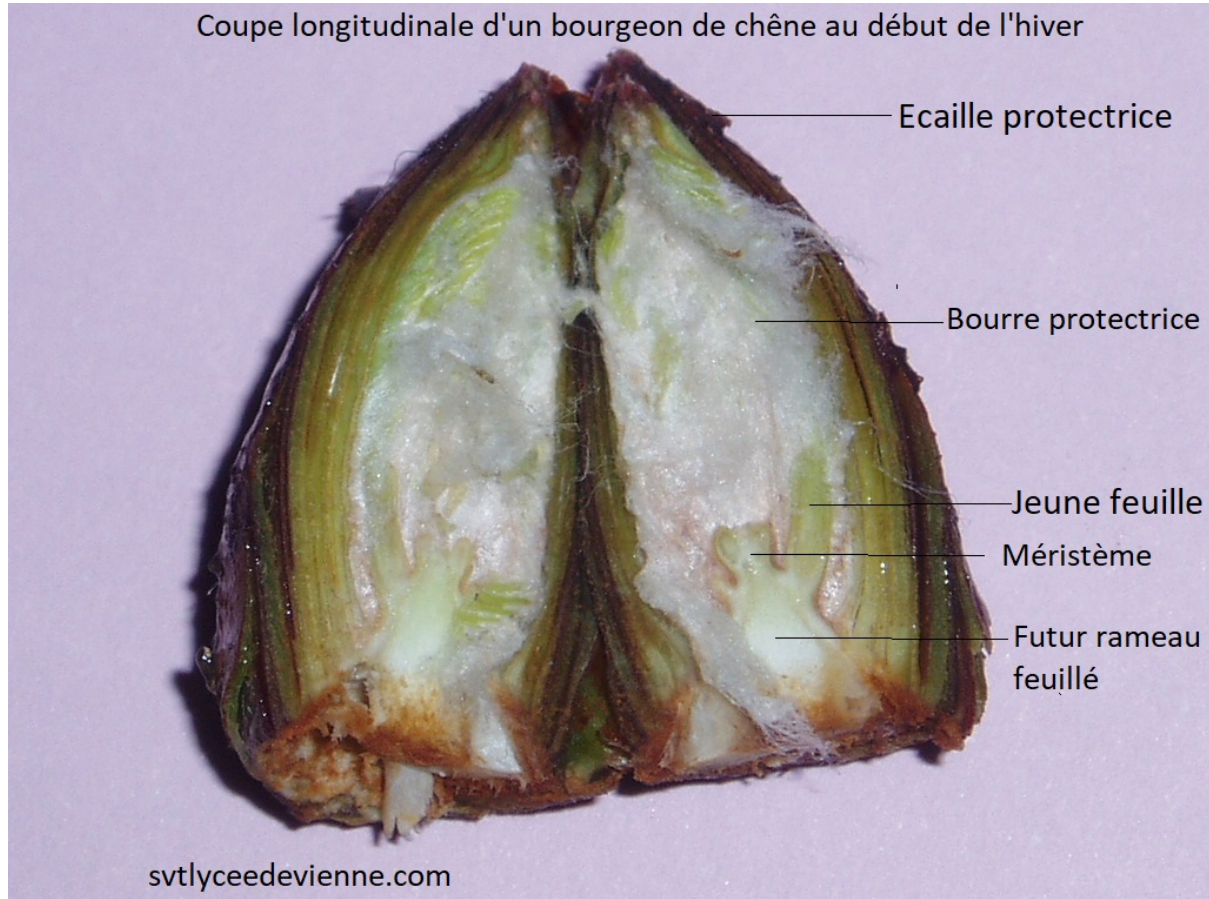
L'oyat est une plante fréquente sur les dunes d'Europe. Le sable sur lequel elle pousse ne retient pas l'eau et le vent peut-être très fort. Elle peut-être soumise à une forte sécheresse. Les feuilles de l'Oyat peuvent alors se replier sur elles-mêmes en cas de sécheresse.





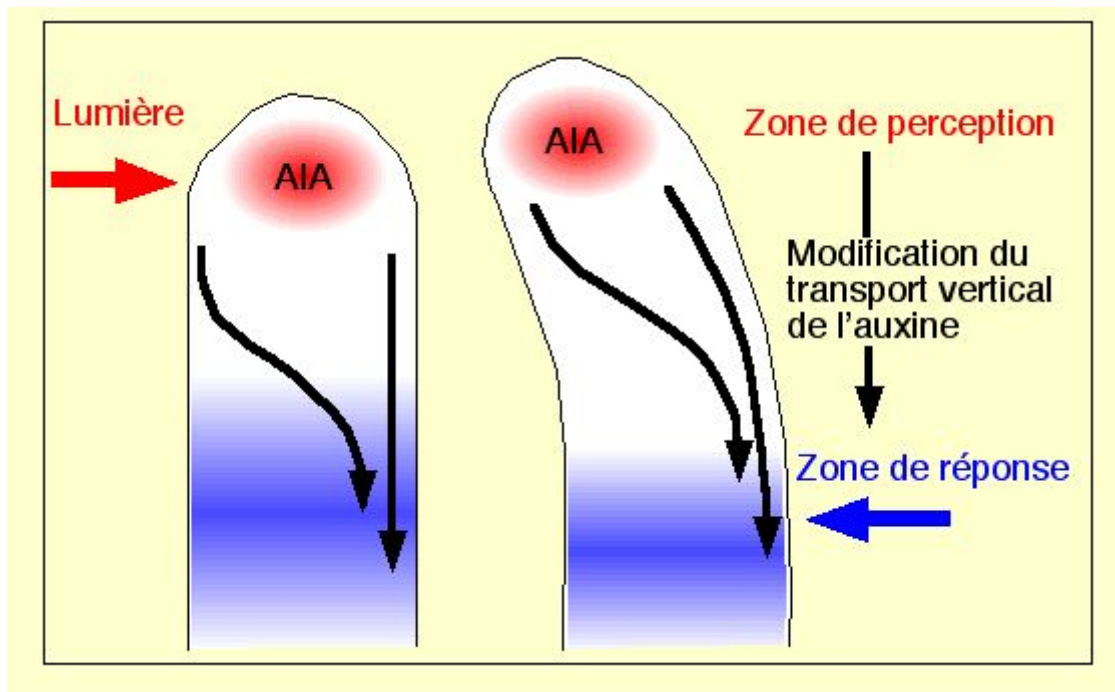
L'ouverture des stomates varie au cours de la journée : elle est maximale à 10h et 17h, période où l'ensoleillement est encore important pour permettre la photosynthèse avec consommation de CO<sub>2</sub>. L'ouverture des stomates diminue pendant les heures les plus chaudes (de 10h à 17h) pour éviter une transpiration trop importante. En climat tempéré, les arbres perdent leur feuilles lors de la saison défavorable à la photosynthèse (généralement l'hiver). Les feuilles sont sensibles au gel et sont le siège d'une importante évaporation. Les arbres vont les perdre en automne (diminution de la luminosité) et vont rentrer en vie ralentie pendant la période froide (bourgeons en dormance pendant l'hiver).

Ex : bourgeon de chêne



## B/ La répartition de l'auxine modifie le développement

### 1/ L'influence de la lumière



La croissance des cellules végétales est influencée par l'environnement. Un éclairage unidirectionnel provoque une courbure des tiges feuillées du côté de la source lumineuse : il s'agit d'un phototropisme positif, mouvement de croissance orienté du végétal vers la lumière.

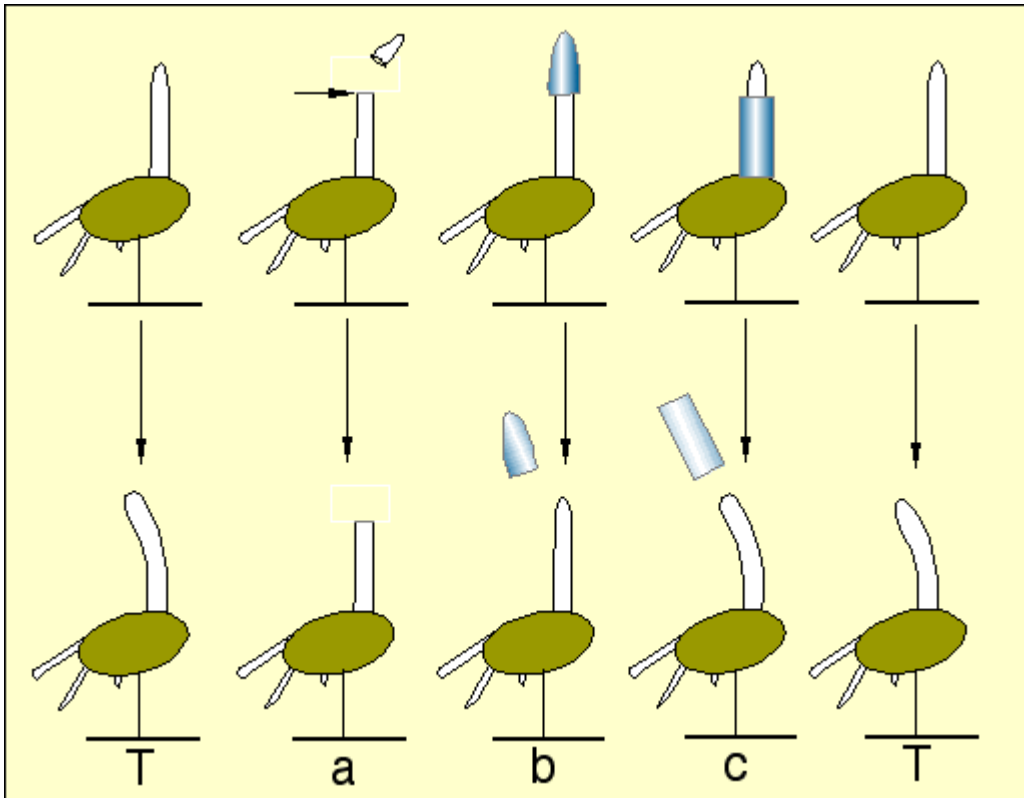
L'apex est impliqué dans la réponse à la lumière, mais la courbure a lieu sous ce dernier, à quelques millimètres. La courbure correspond à une inégalité de croissance entre les deux faces du coléoptile. Cette courbure peut être interprétée comme la conséquence :

- de la réception de l'éclairement anisotrope par l'apex de coléoptile
- d'une production d'auxine différente selon le côté éclairé ou non de l'apex.
- d'une croissance différentielle des cellules situées sous l'apex.

Conclusion : Une différence de répartition de l'auxine, sous l'influence de facteurs du milieu, peut-être responsable d'une croissance orientée des organes.

Les coléoptiles de jeunes germinations d'avoine subissent plusieurs types de traitements :

- a : la pointe du coléoptile est sectionnée
- b : la pointe du coléoptile est recouverte d'un petit capuchon de métal
- c : le corps du coléoptile est entouré d'un petit tuyau de métal mais la pointe n'est pas cachée puis sont soumis à un éclairage orienté venant de gauche



## 2/ L'influence du bourgeon terminal

Photo : champs de lavande au pied du Mont Ventoux- Repérer les différents ports de végétaux.



Le port des arbres est extrêmement varié :

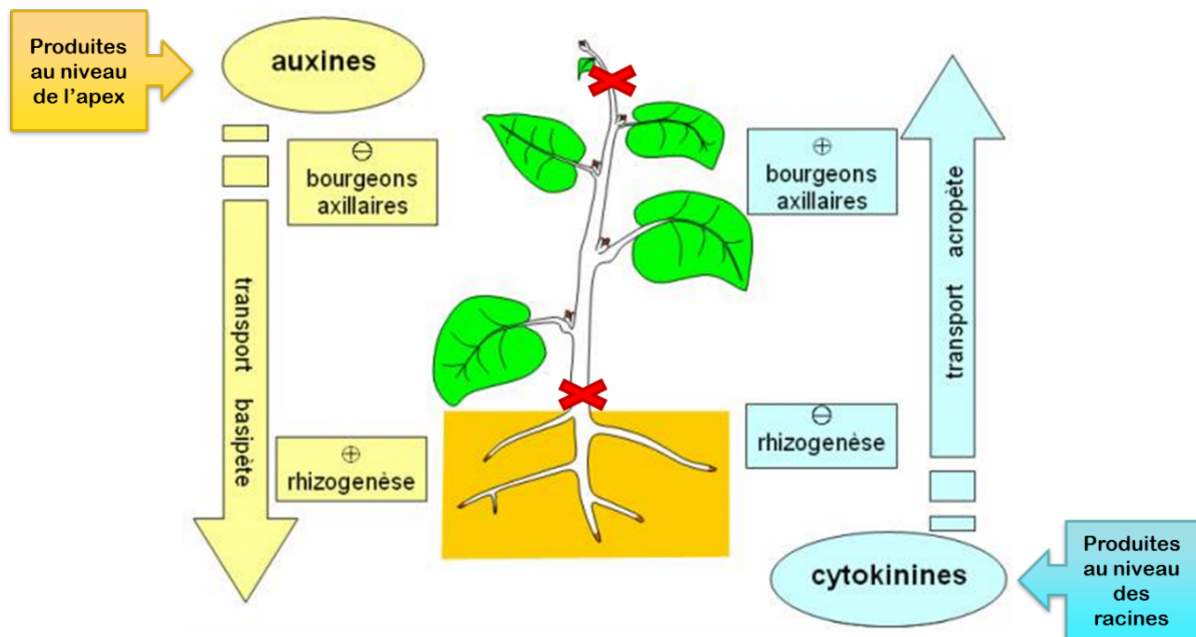
- toutes les branches peuvent se développer de manière équivalente, on parle de port buissonnant.
- ou, à l'opposé, la branche principale se développe plus que les autres : on parle de port dit « en flèche »

Ces ports sont dûs à l'influence exercée par le bourgeon terminal sur les bourgeons sous-jacents. Le bourgeon terminal empêche ces derniers de se développer : on dit qu'il exerce une dominance apicale. Cette dominance s'explique par le fait que le bourgeon terminal fabrique de l'auxine qui inhibe indirectement le développement des autres bourgeons.

## C/ L'organogenèse, une affaire d'équilibres hormonaux

D'autres substances interviennent pour la croissance et le développement de la plante : les cytokinines, les gibbérellines, l'éthylène...

Les auxines sont produites au niveau des bourgeons et favorisent l'enracinement tout en s'opposant au développement des bourgeons axillaires.



Les cytokinines, quant à elles, sont produites principalement au niveau des racines et favorisent le développement des bourgeons axillaires.

La culture *in vitro* de cellules végétales illustre bien l'intervention conjuguée de ces hormones :

- Lorsque l'explant (= fragment de plant mis en culture) est en présence d'autant d'auxine que de cytokinine, la division cellulaire est stimulée mais il n'y a pas d'apparition d'organes. On obtient des cals, massifs de cellules indifférenciées.
- Quand le milieu de culture contient plus d'auxine que de cytokinine, des racines prennent naissance : c'est la rhizogenèse qui est stimulée.
- Quand le milieu contient plus de cytokinine que d'auxine, ce sont des bourgeons qui apparaissent.



La mise en place des organes végétaux est donc contrôlée par les proportions des hormones végétales, auxine et cytokinine essentiellement. L'organogenèse est bien une affaire d'équilibre hormonal.

Conclusion : Le développement de la plante dépend de plusieurs hormones végétales et est influencé par les conditions de milieu.