

BIOLOGIE DES ORGANISMES

Partie II - La construction des organismes

Chapitre 2

Le contrôle du développement post-embryonnaire des Angiospermes

Flexibilité phénotypique: accomodats



Figure 2-11. Expérience de G. BONNIER (1895).

Des touffes de différentes espèces furent divisées en parties aussi identiques que possible et plantées les unes en plaine, les autres en montagne. Ici des pieds de Grande Marguerite (*Leucanthemum vulgare*) récoltés dans la région parisienne (à gauche) et dans les Alpes (à droite) à 2 030 m, dessinés à la même échelle.

Arabidopsis thaliana

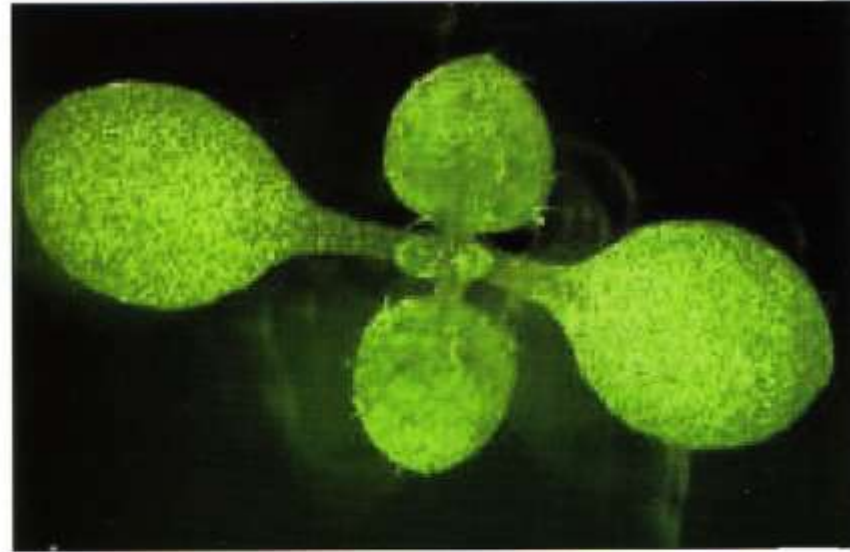


- *Arabidopsis*, ou arabette des dames, est une petite plante commune des prairies. La mise en place de la tige feuillée est réalisée à partir du bourgeon terminal du jeune plant (photographie ci-contre).

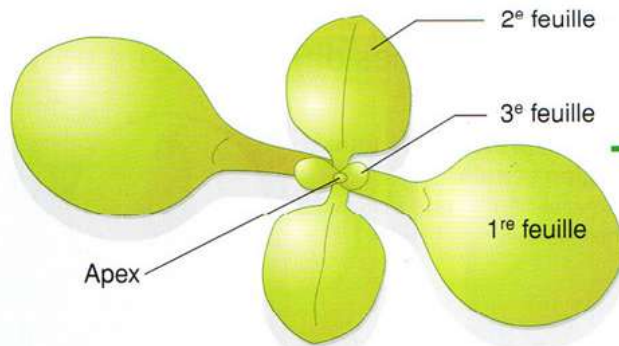
Plus une feuille est proche de l'**apex** de ce bourgeon, plus elle est jeune.

- La fonction de l'apex d'une tige est d'assurer, avant tout, la production de nouveaux organes (feuilles et bourgeons axillaires).

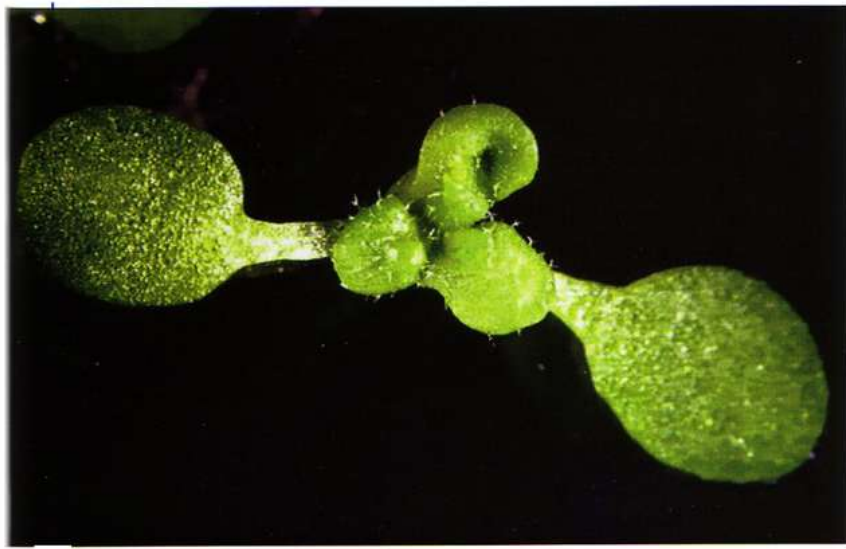
- On a mis en évidence des gènes intervenant dans le maintien de cet apex et d'autres impliqués dans la formation des feuilles. Des mutants pour ces différents gènes ont pu être observés.



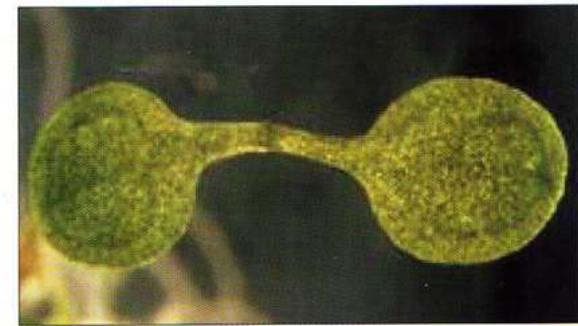
Jeune plant d'arabidopsis observé ici en vue de dessus. L'apex est situé au centre de la couronne des jeunes feuilles qu'il produit.



Mutant 3. « *Knotted 1* ». La mutation affecte un gène qui contrôle la formation de nouveaux apex et qui s'exprime dans la zone centrale de l'apex.

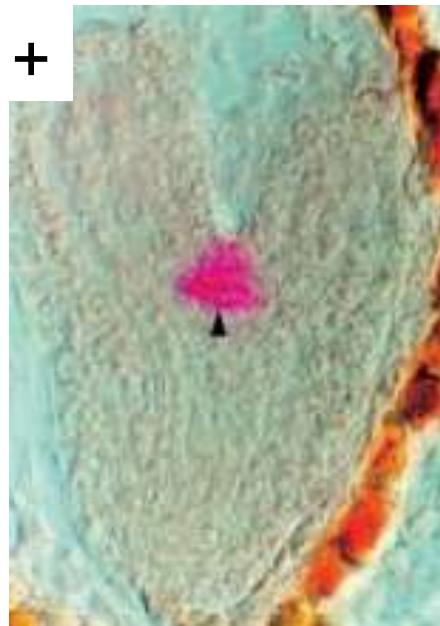
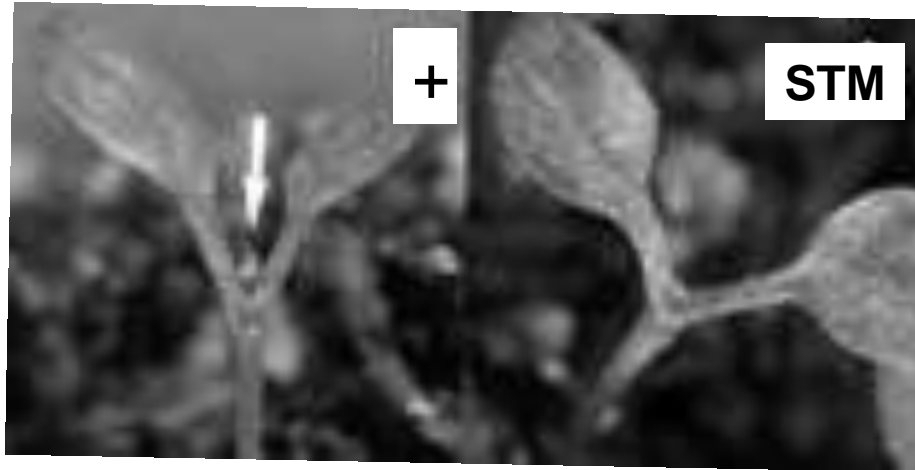


Mutant 1. Chez ce mutant *Stm* (pour *Shoot-meristemeless*), la mutation affecte un gène contrôlant le maintien de l'apex et qui s'exprime dans les cellules de la zone centrale de cet apex.

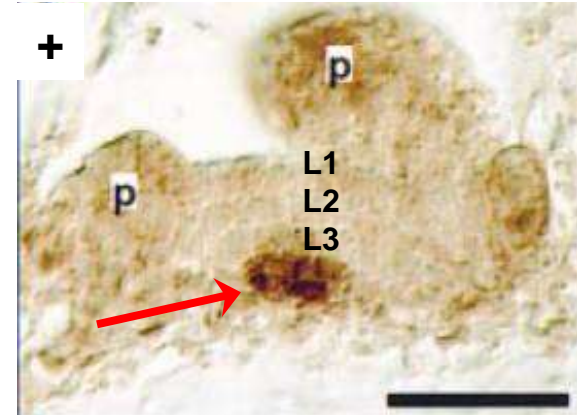


Mutant 2. Chez ce mutant *Wus* (pour *Wuschel*), la mutation affecte un gène qui contrôle la position des feuilles et qui s'exprime à la base de la zone centrale de l'apex.

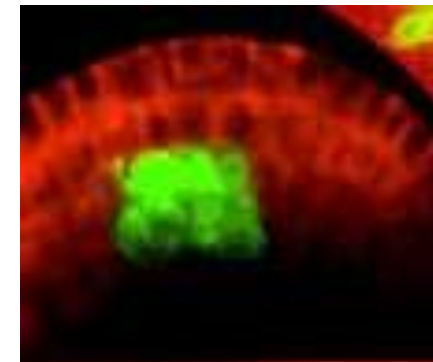
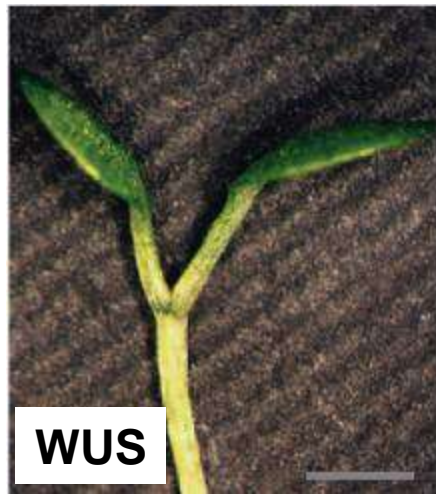
Approche génétique: mutants STM



Approche génétique: mutants WUS

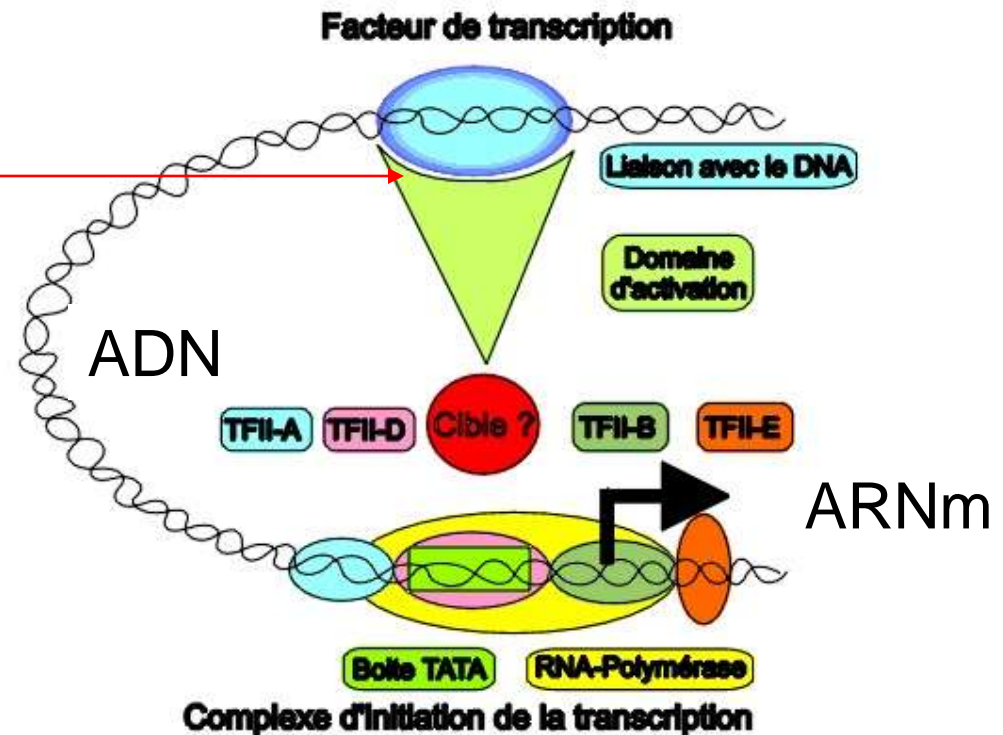
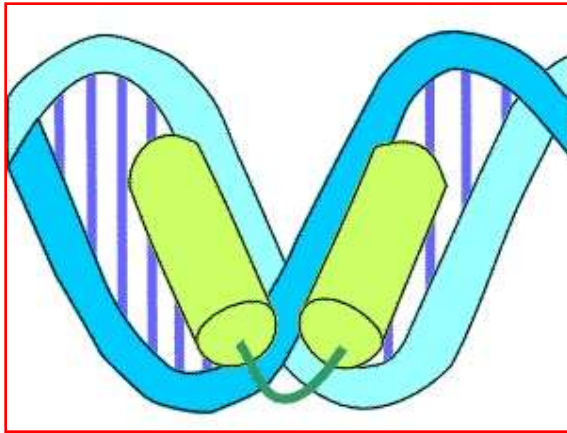


Localization of WUS gene product in organizing center (OC) of shoot

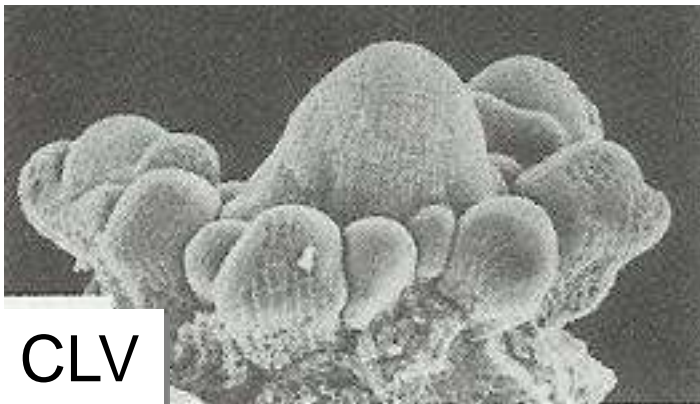
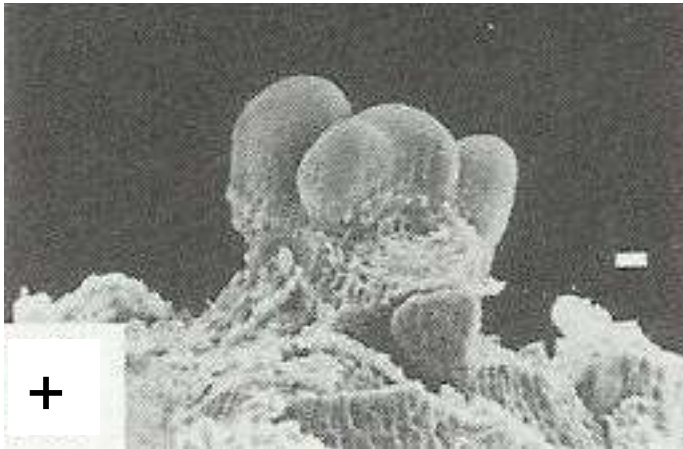


WUS-GFP

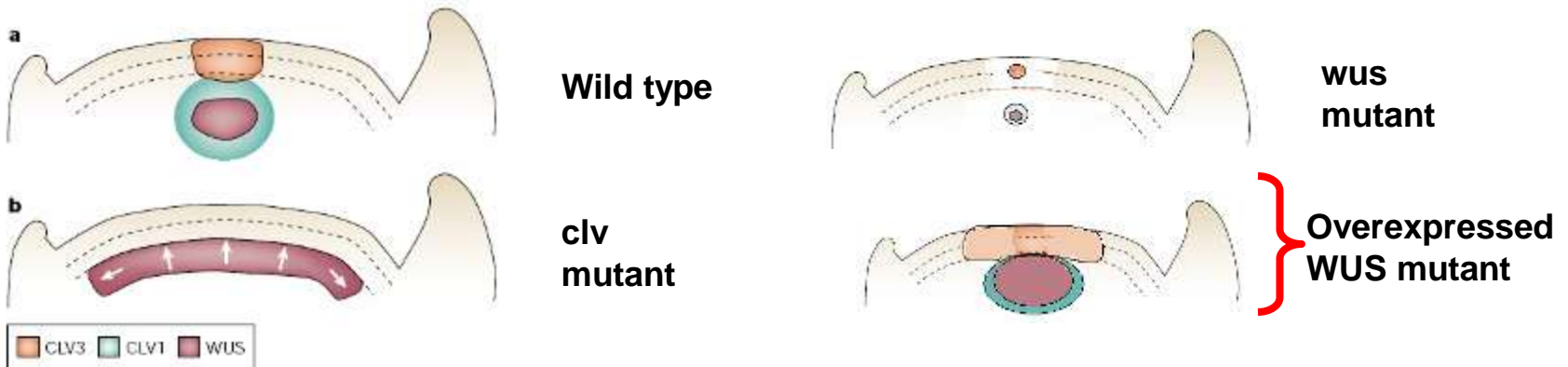
WUS code pour un facteur de transcription



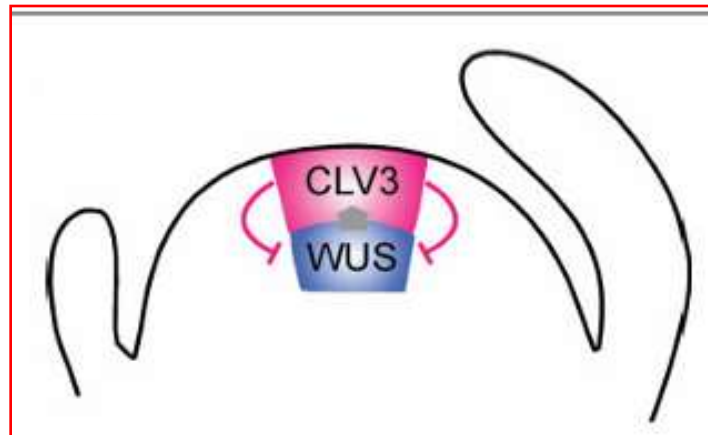
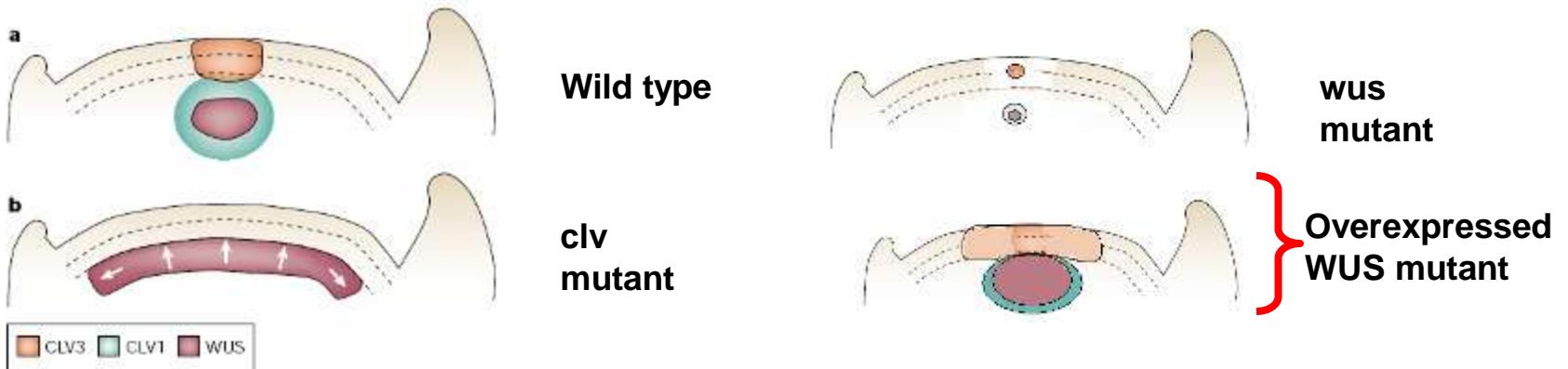
Approche génétique: mutants CLV



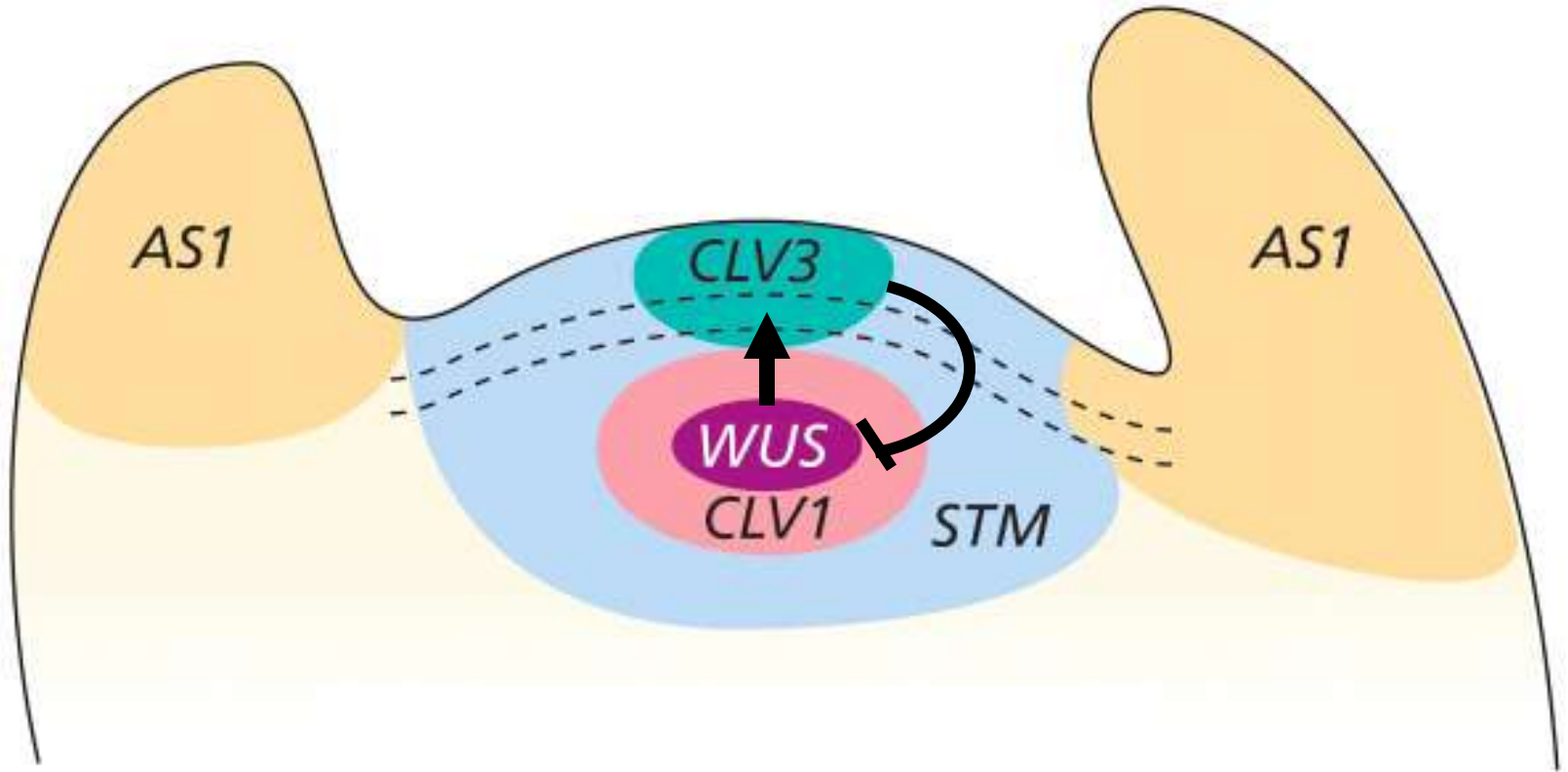
Voies de signalisation impliquées dans l'organisation du méristème caulinaire



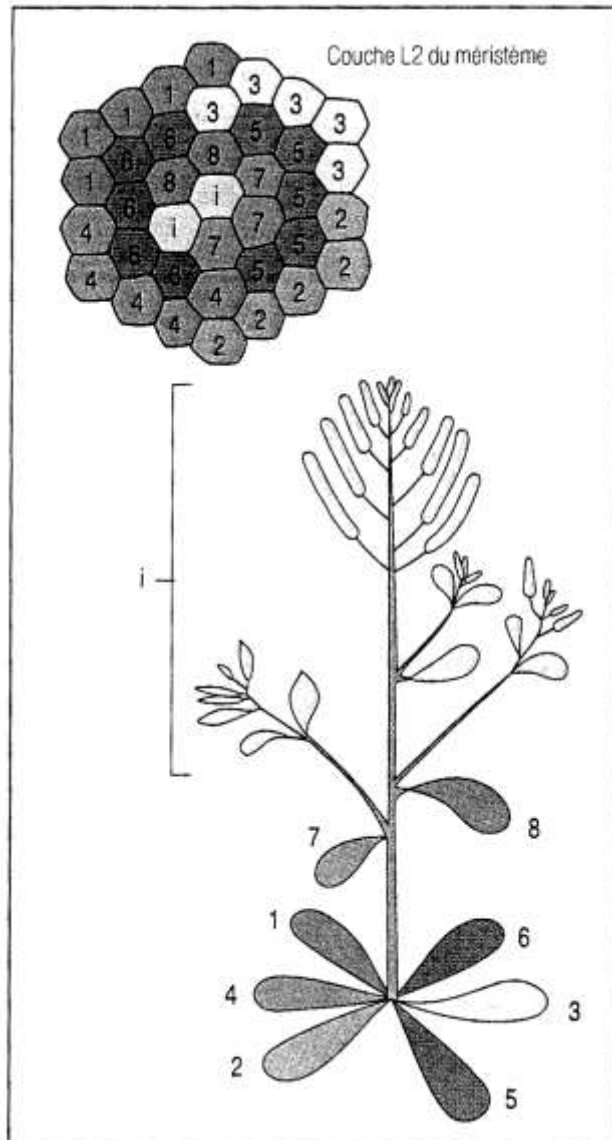
Mee d'interactions entre les voies WUS et CLV



Modèle de fonctionnement du méristème caulinaire: zones d'expression des gènes de développement



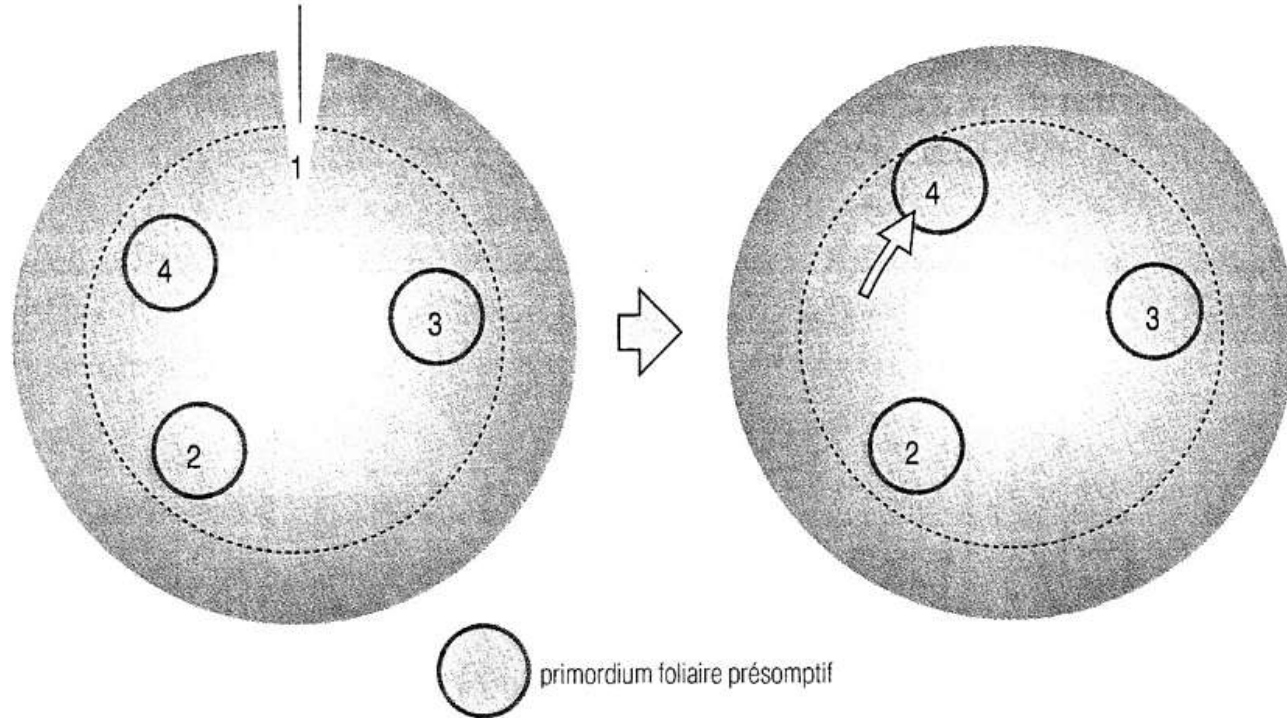
Carte des territoires présomptifs



2 Carte probabiliste des territoires présomptifs du méristème caulinaire de l'embryon d'*Arabidopsis*. La couche L2 du méristème est supposée aplatie et vue de dessus. Les nombres indiquent d'une part la feuille, représentée sur le schéma du bas, à laquelle participe chaque cellule, et d'autre part, l'ordre de formation des feuilles. L'ébauche de l'inflorescence (i) provient d'un petit nombre de cellules au centre de la couche. D'après Irish, V.E., 1991.

Lien avec la phyllotaxie

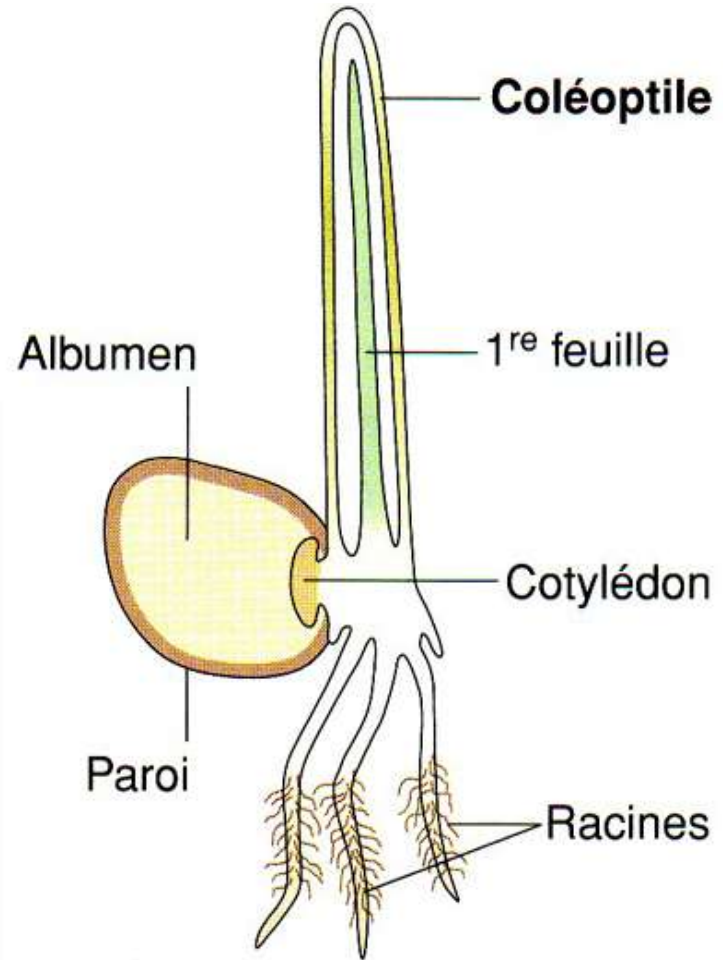
excision de la région du primordium 1



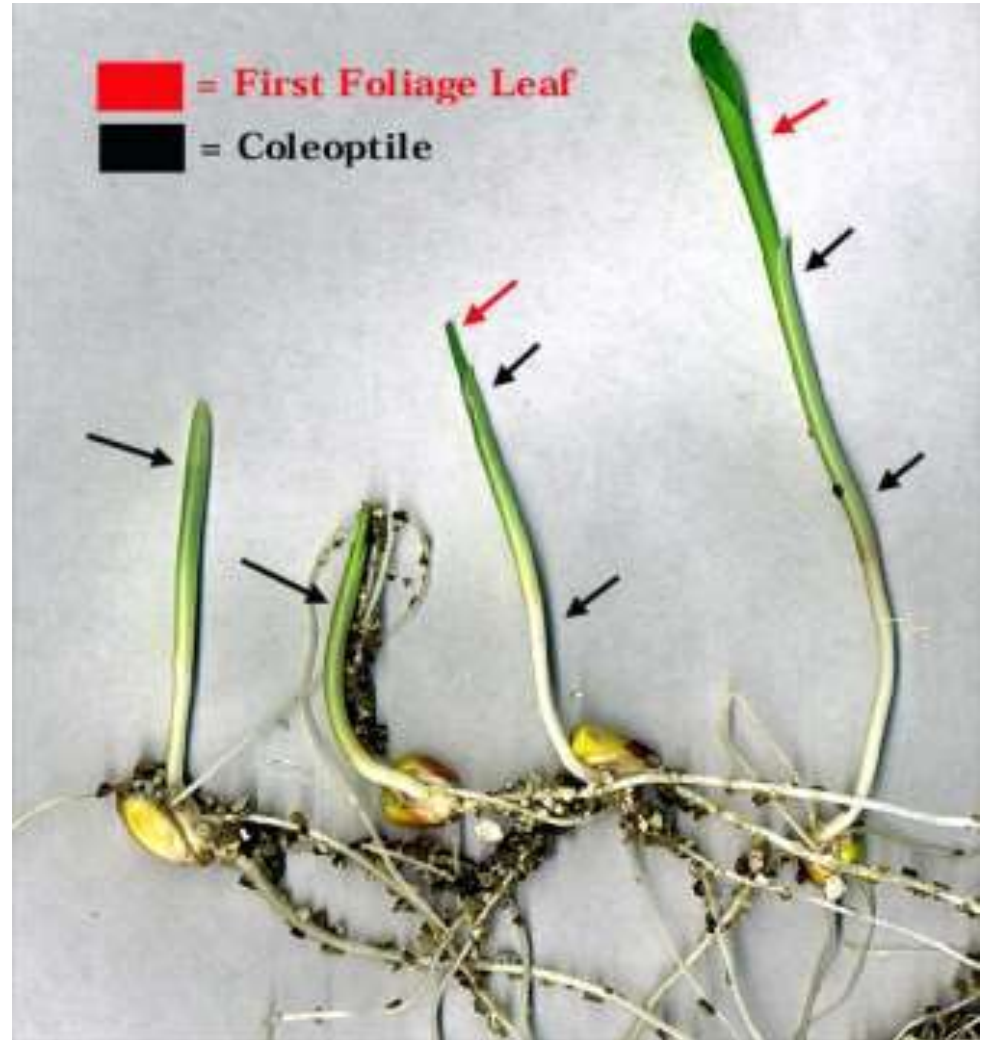
3 L'inhibition latérale peut déterminer la position des primordiums foliaires. Chez les fougères, une entaille dans le méristème au niveau d'un primordium foliaire présumptif provoque le déplacement du site du primordium suivant vers la partie sectionnée.

Coléoptiles d'Avoine

Le coléoptile de Graminée est un matériel intéressant pour étudier la croissance en longueur des cellules végétales. Cette gaine foliaire est dépourvue de zone de prolifération cellulaire sur toute sa longueur, et plus particulièrement à son extrémité (apex). Ses cellules sont sujettes au seul mécanisme d'élongation.

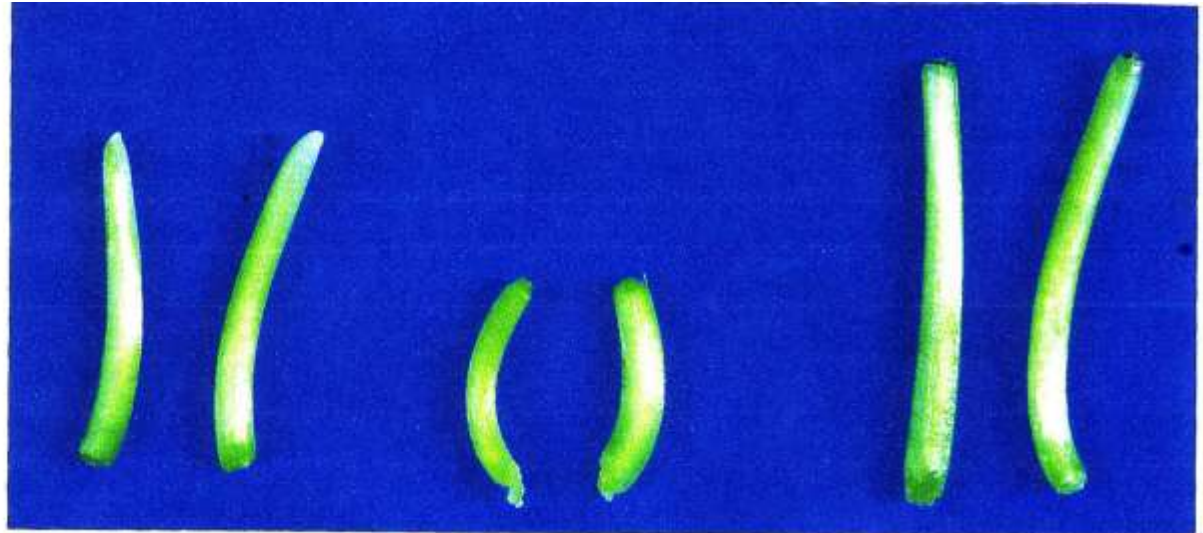


Matériel d'étude de l'auxèse: coléoptile

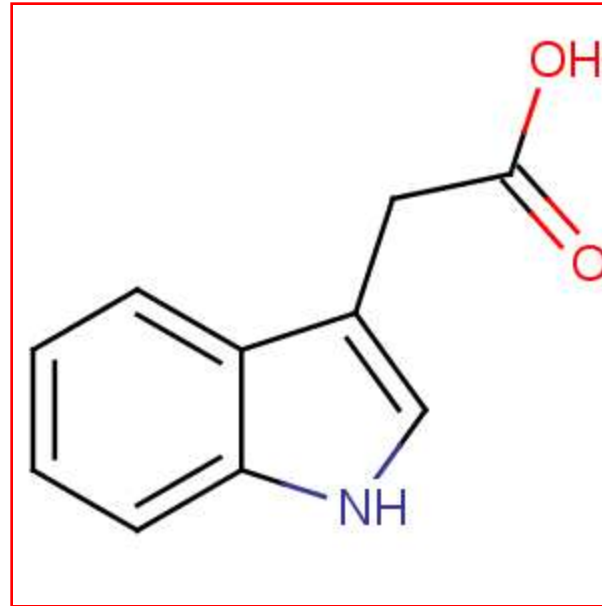


Mee de l'auxine

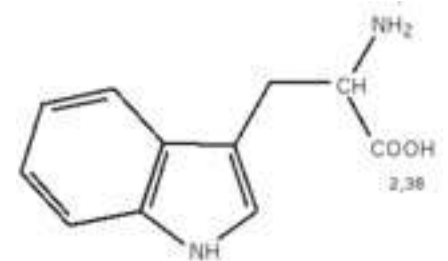
⑤ **Coléoptiles avec ou sans apex placés en présence ou non d'auxine.** De gauche à droite, coléoptiles avec apex et sans auxine, sans apex et sans auxine, sans apex et avec auxine.



Auxine: acide 3-indole acétique (AIA)



- Noyau indol
- Acide faible

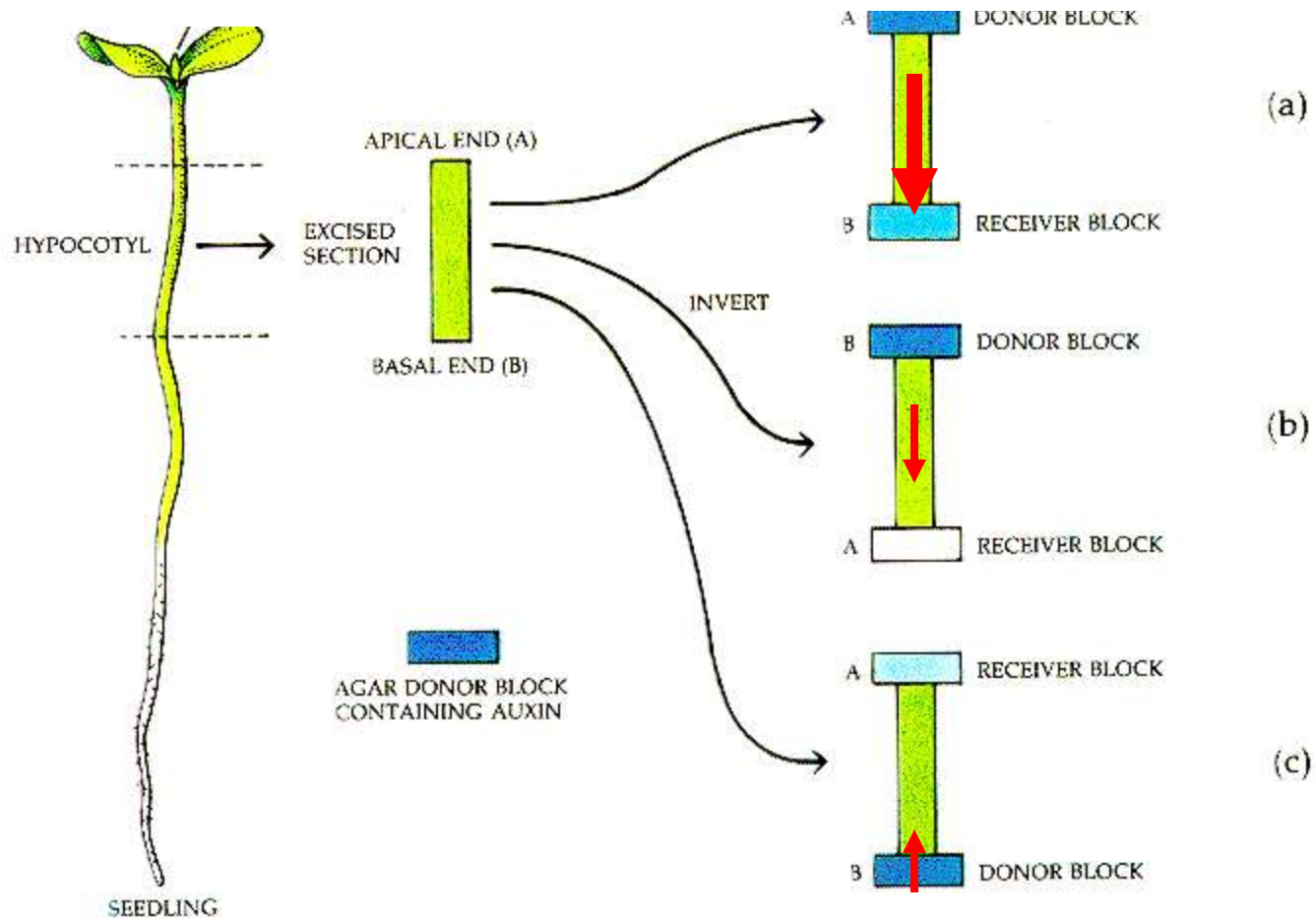


Tryptophane (Trp) W

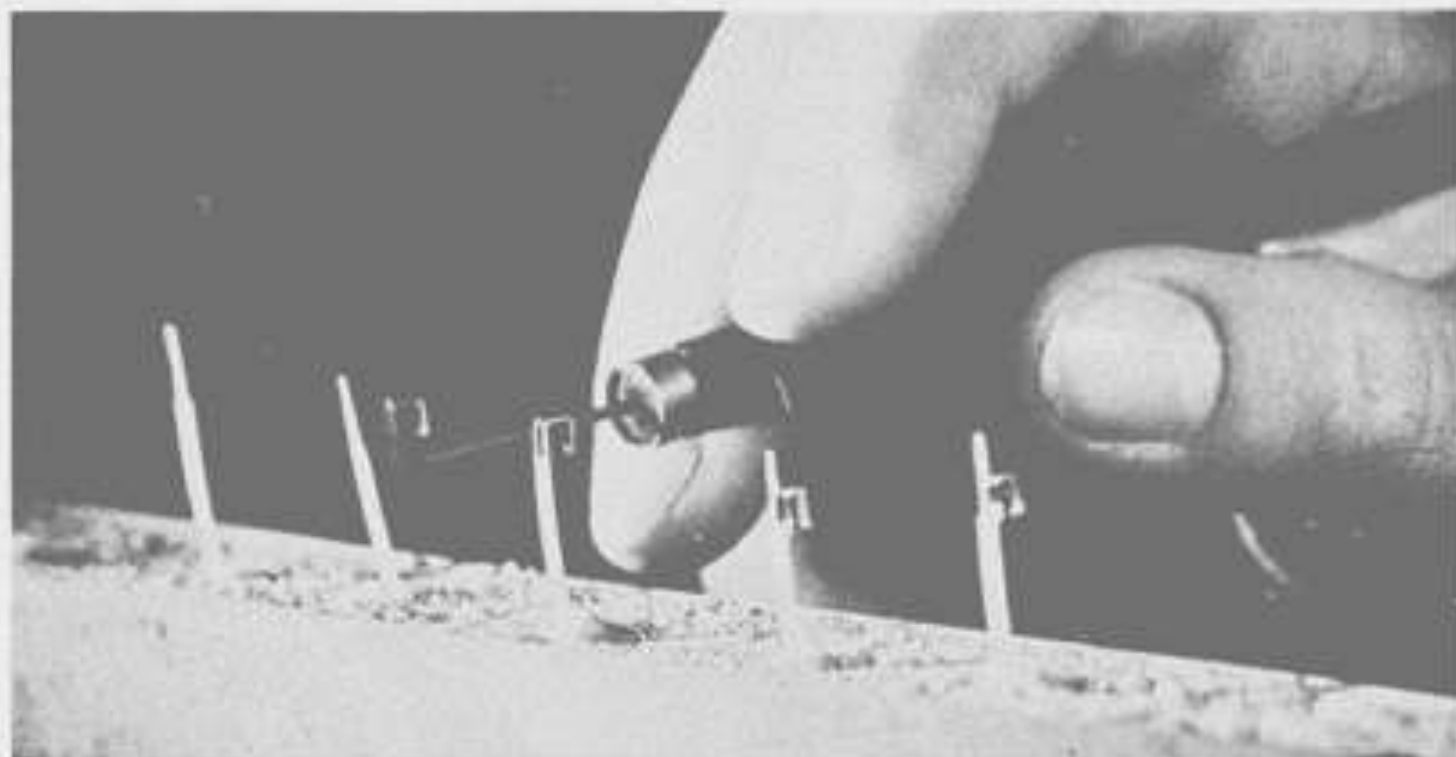
pH_i = 5,88

M = 204 g/mol

Distribution polarisée de l'auxine



Mise en place d'un morceau d'agar sur un coléoptile décapité

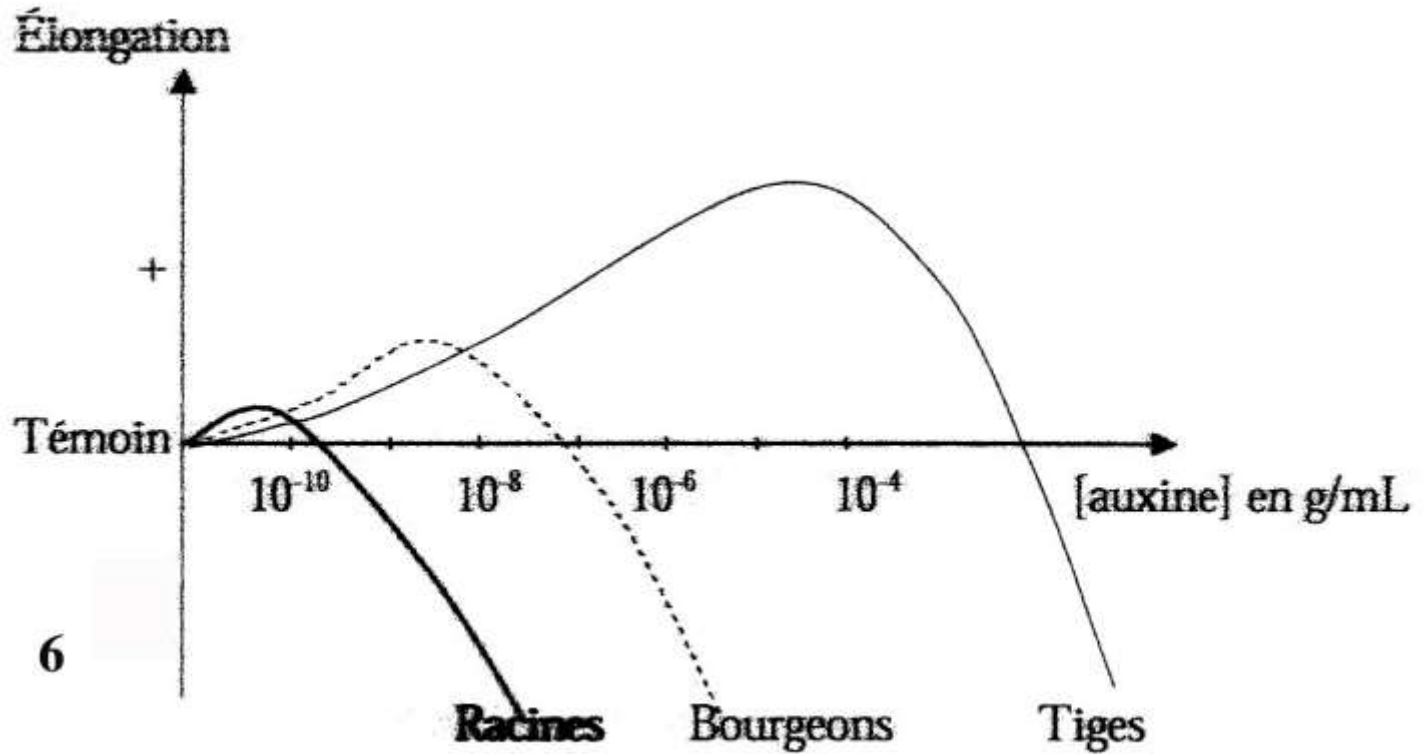


Photograph by permission of Dr. E. S. J. Hatcher and East Malling Research Station

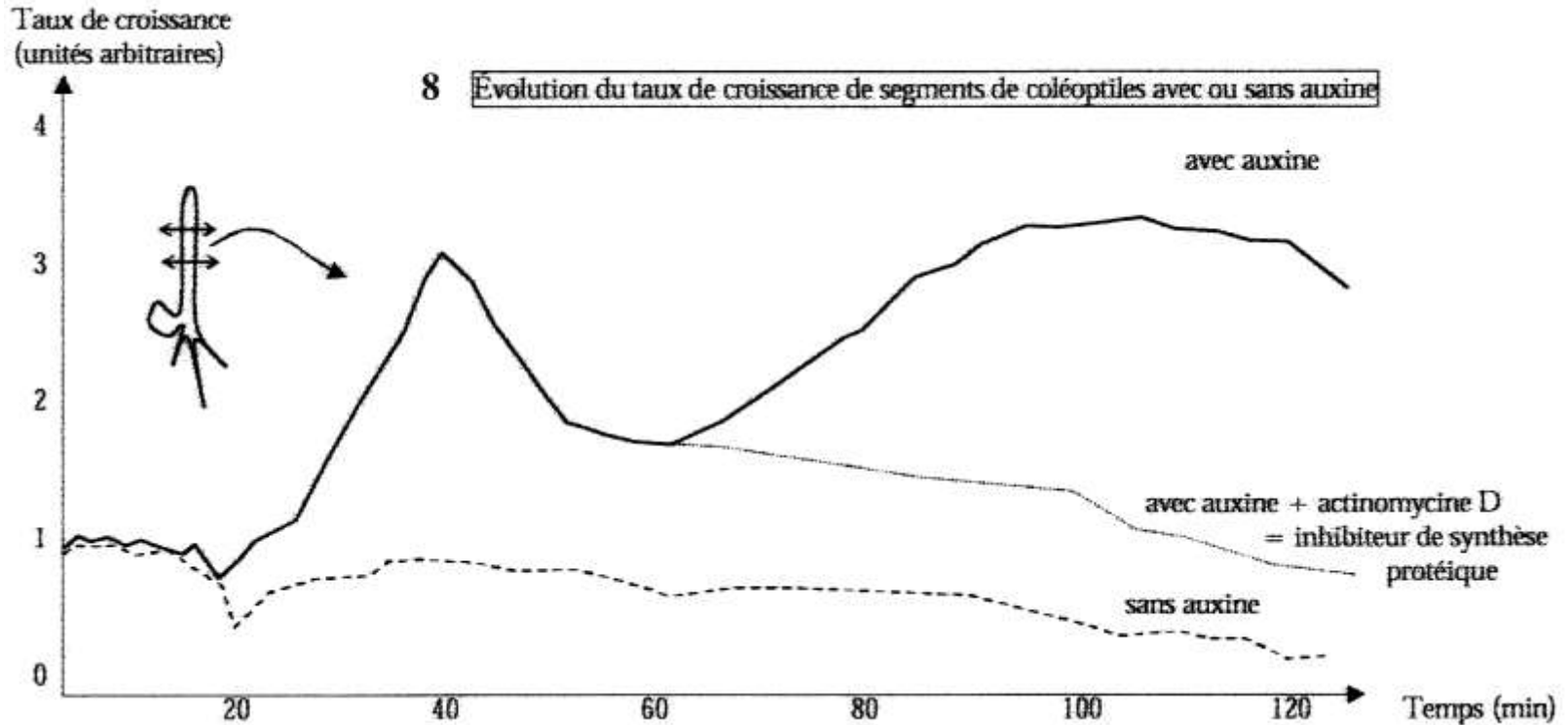
(a)

(a) Application of the agar blocks containing auxin to the prepared coleoptile stumps.

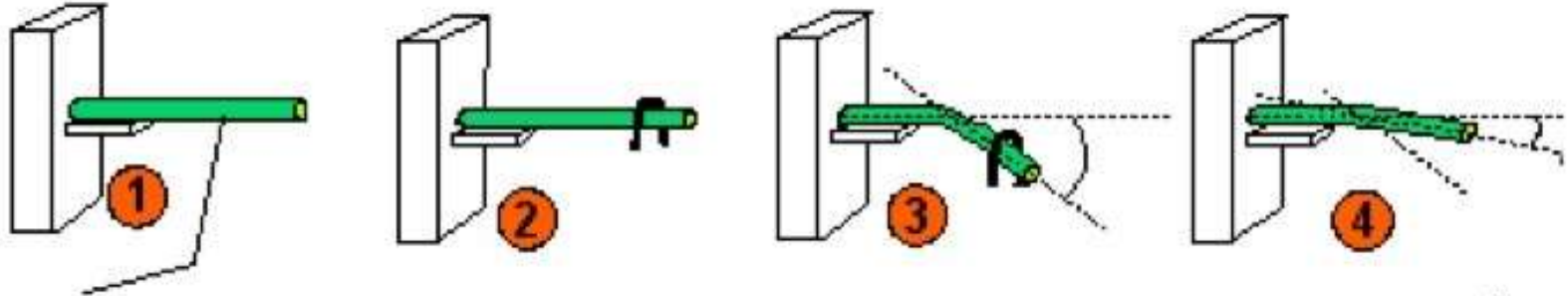
Notion de seuil



Deux actions de l'auxine



Propriétés mécaniques des parois I (1)

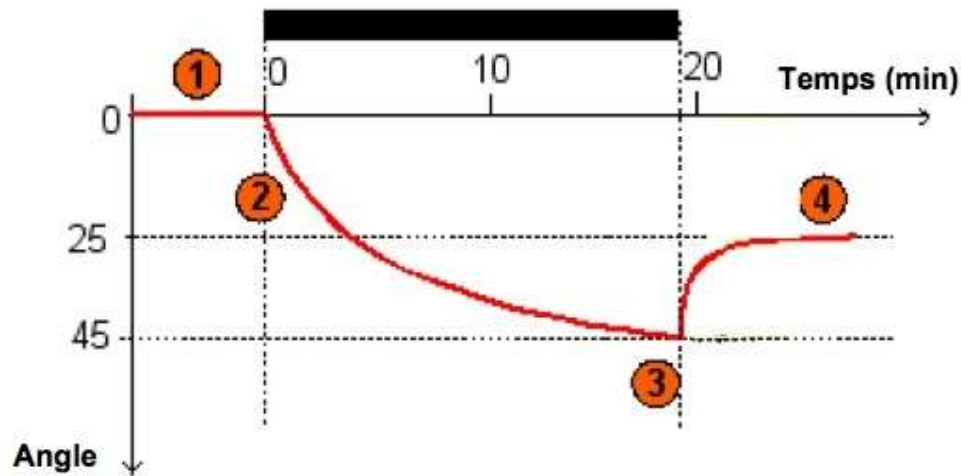


Coléoptile décapité
Incubé dans l'eau

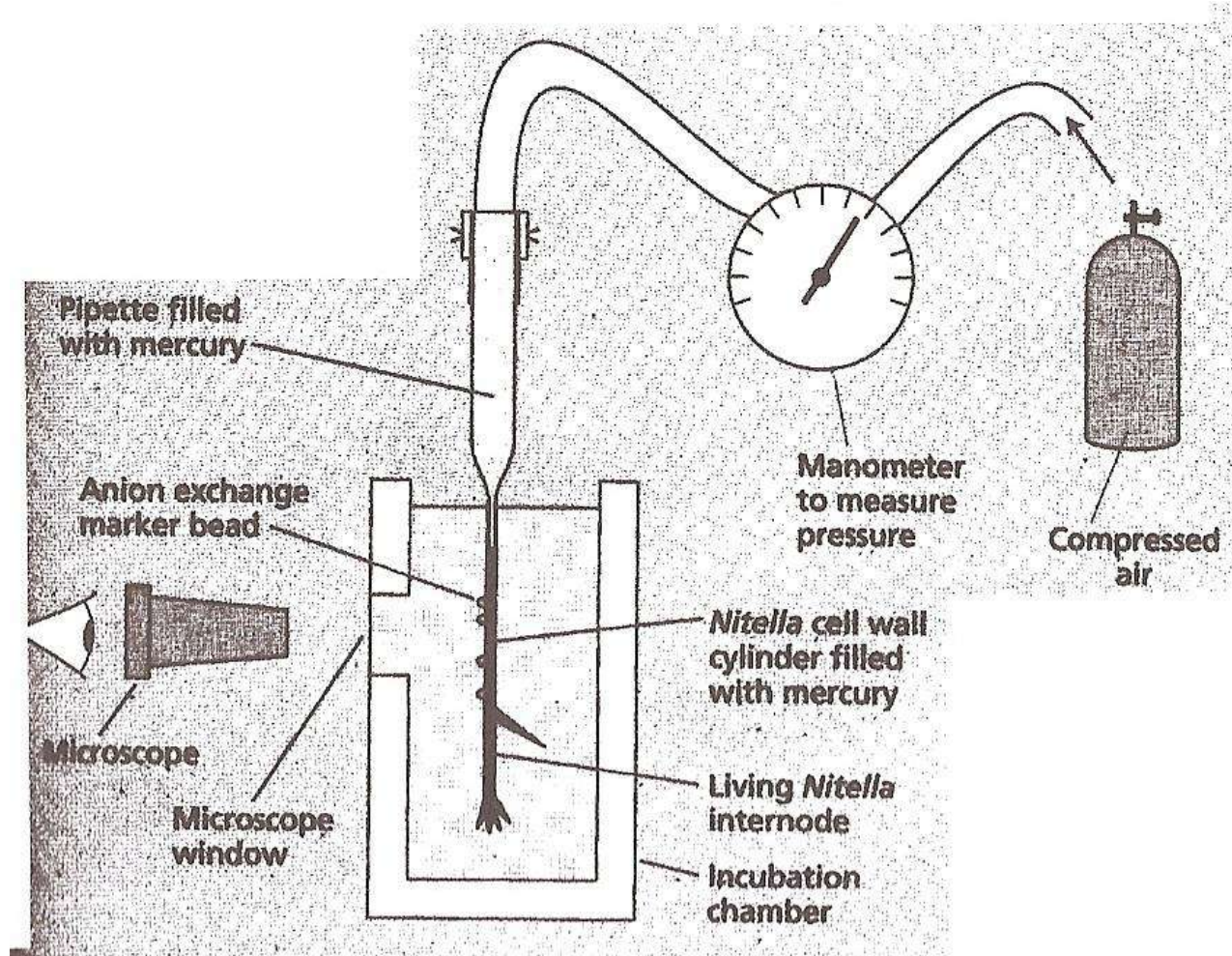
Application d'un poids
(cavalier 220 mg)

Retrait du poids

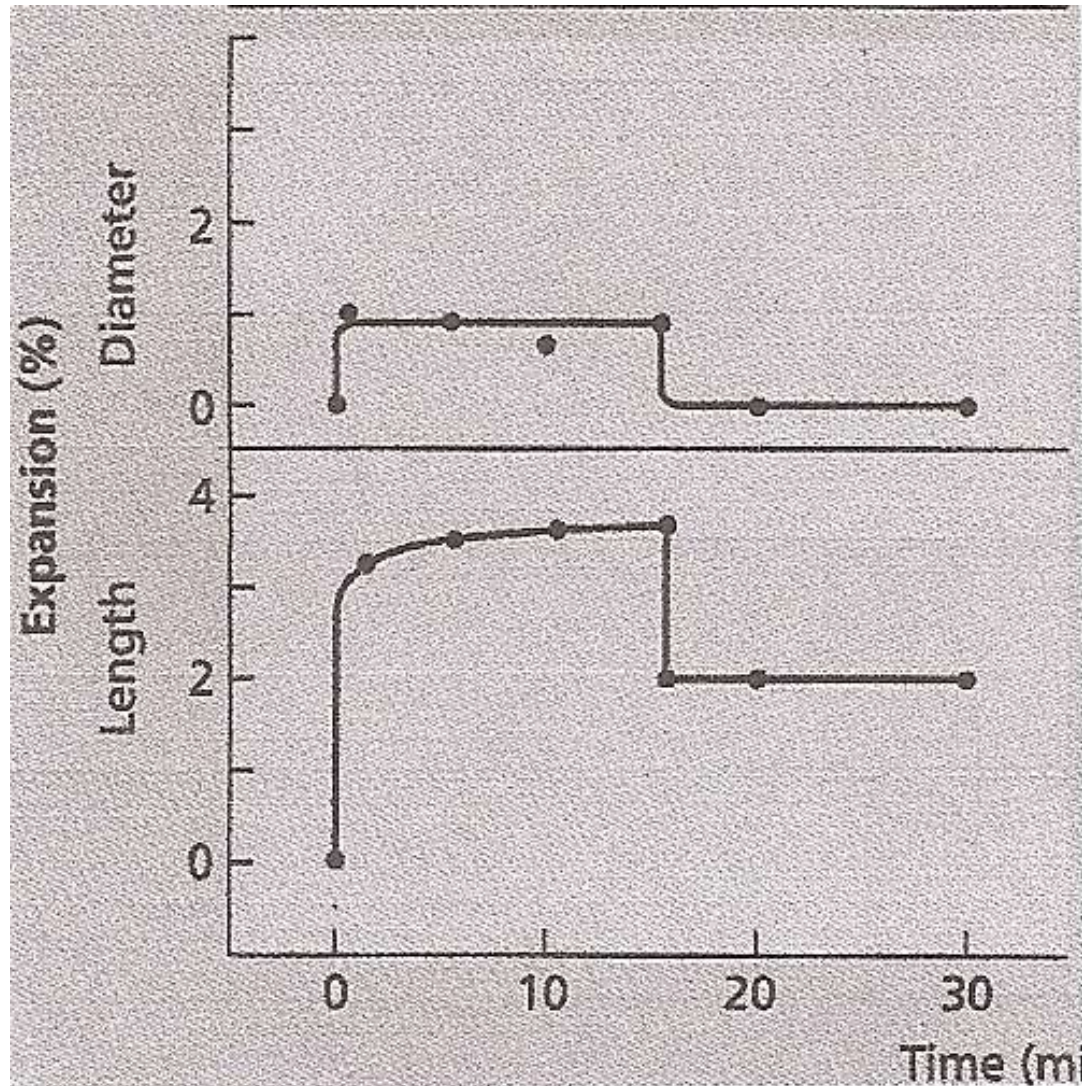
Heyn, 1931



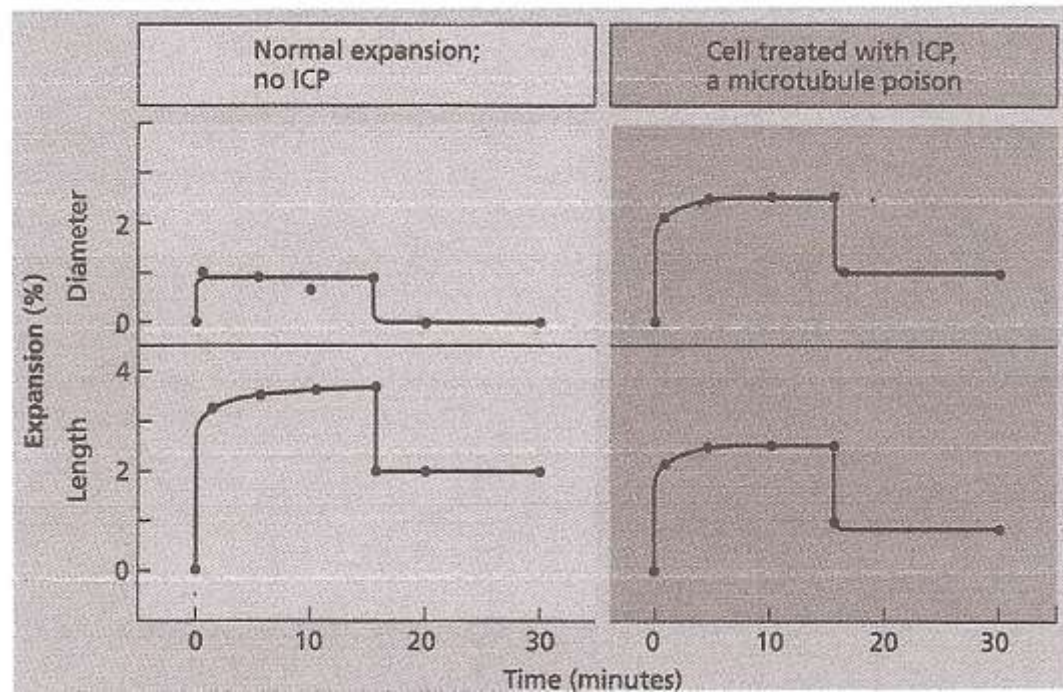
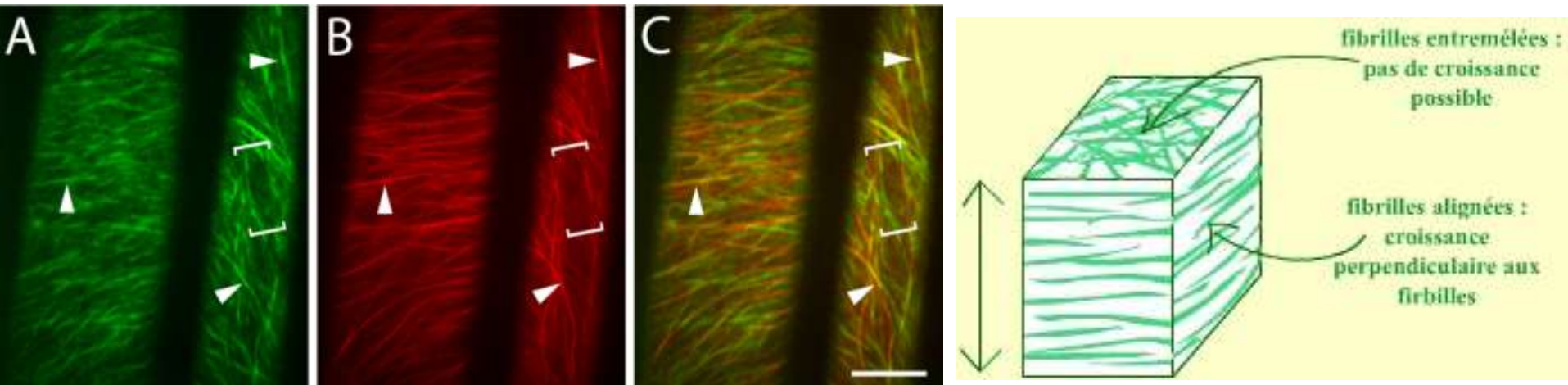
Propriétés mécaniques des parois I (2): dispositif « multiaxial »



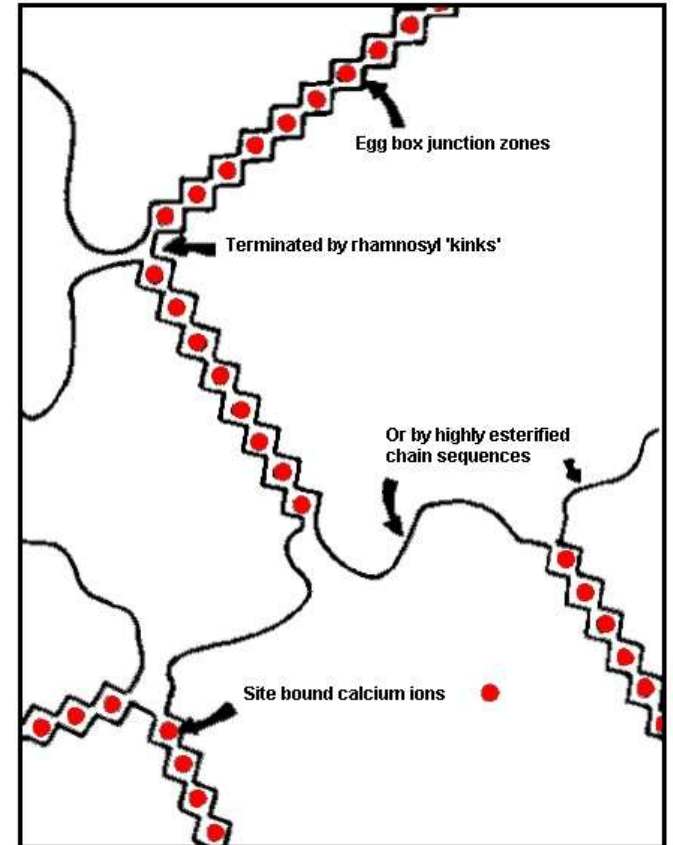
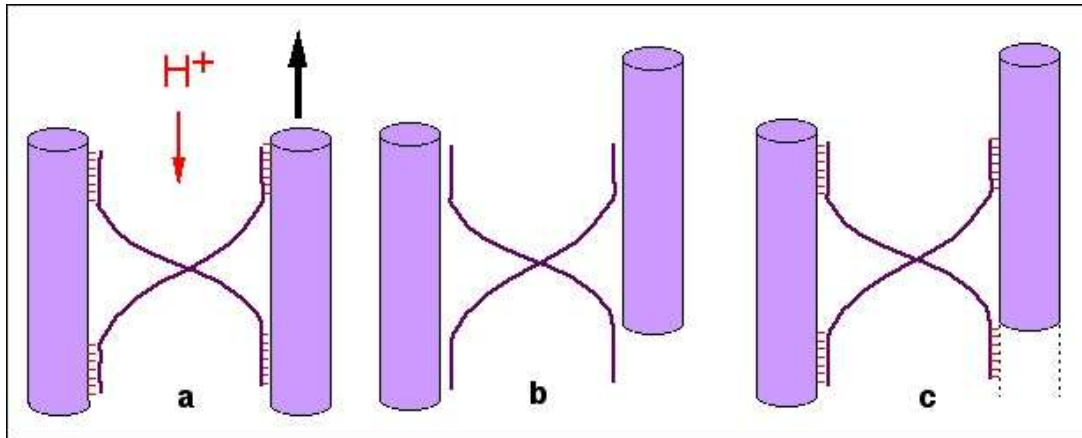
Propriétés mécaniques des parois I (2)



Liens entre Mts et croissance pariétale

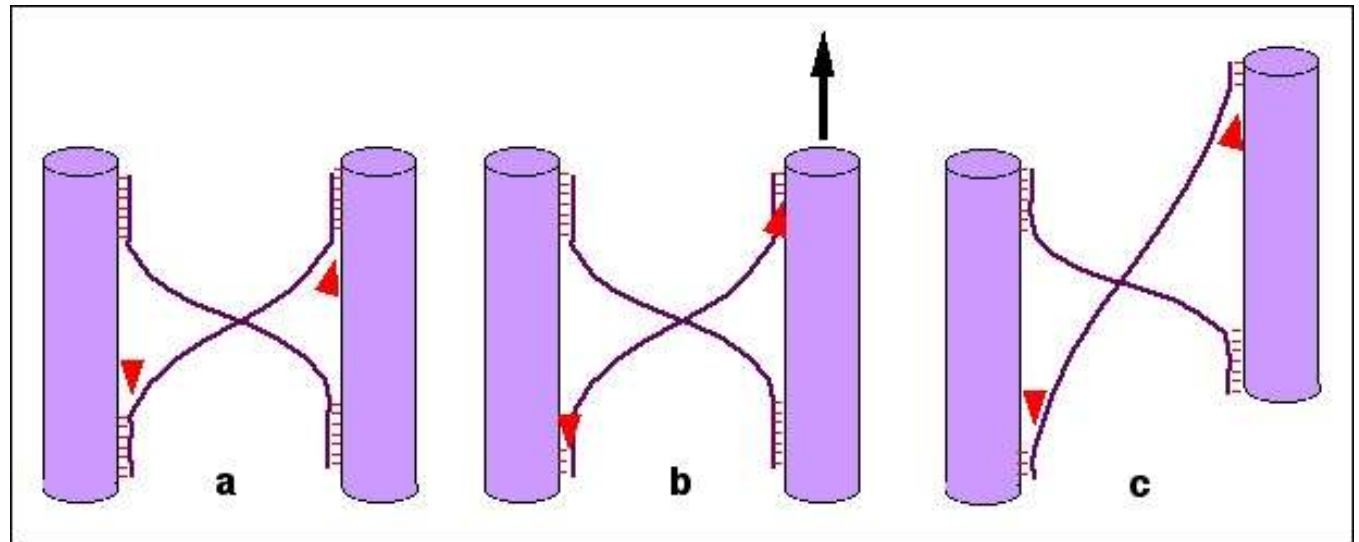


Effet pH

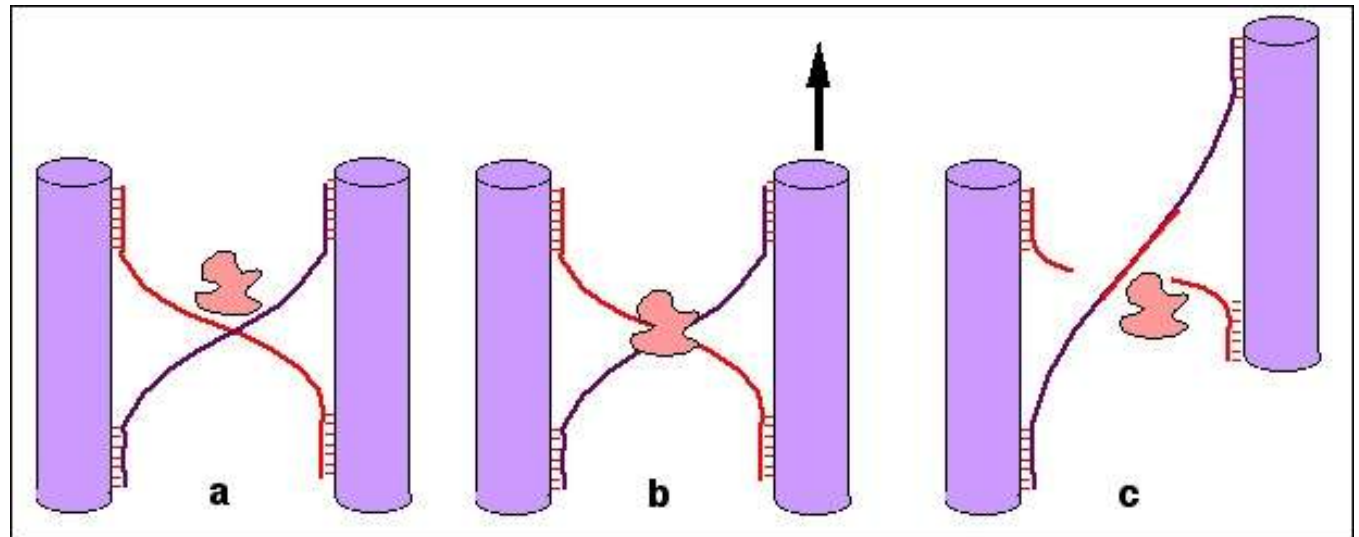


Implication de protéines contrôlant le maillage du réseau cellulosique

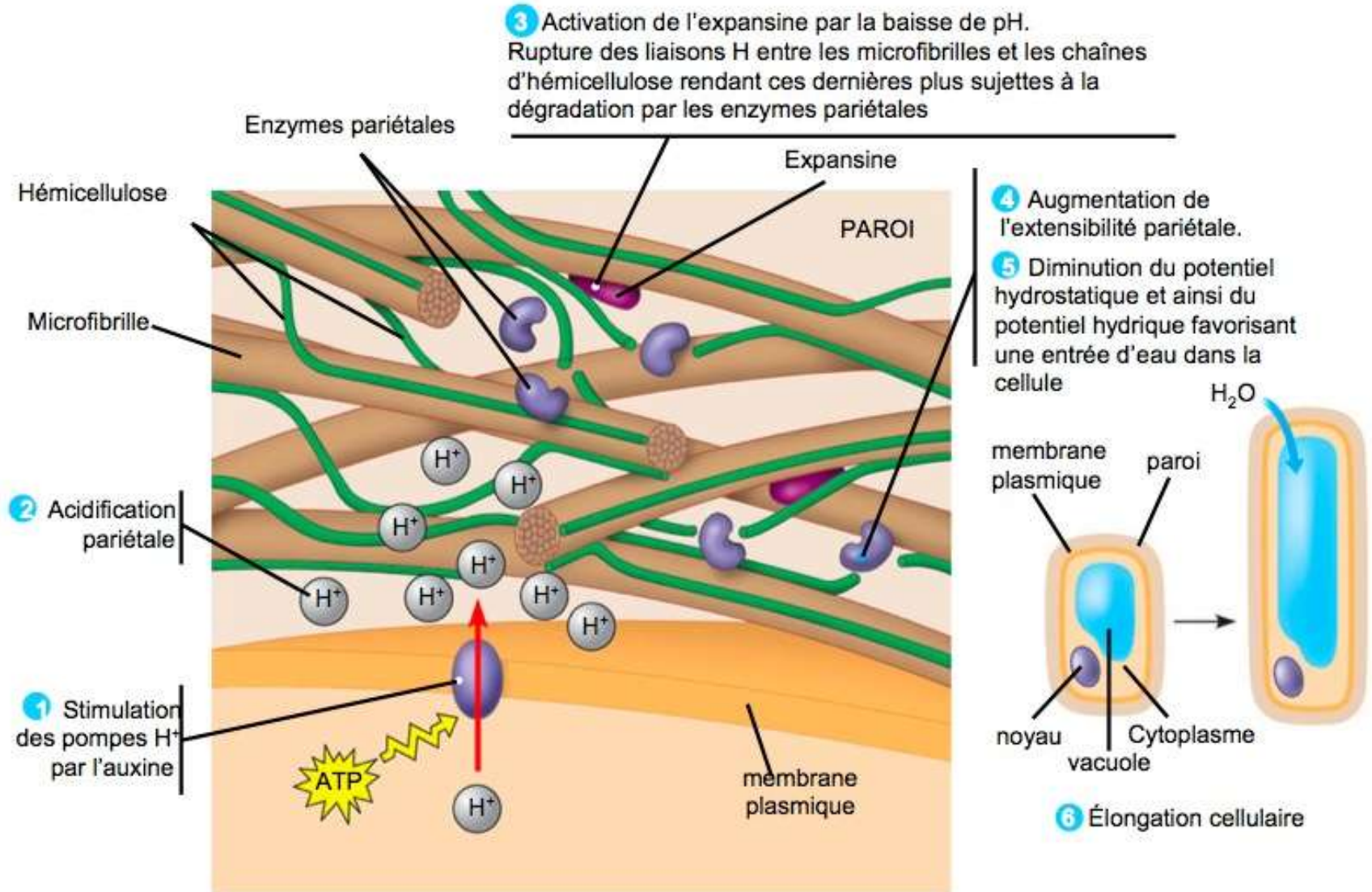
expansine



EXT=
Endoglucanes
transférases



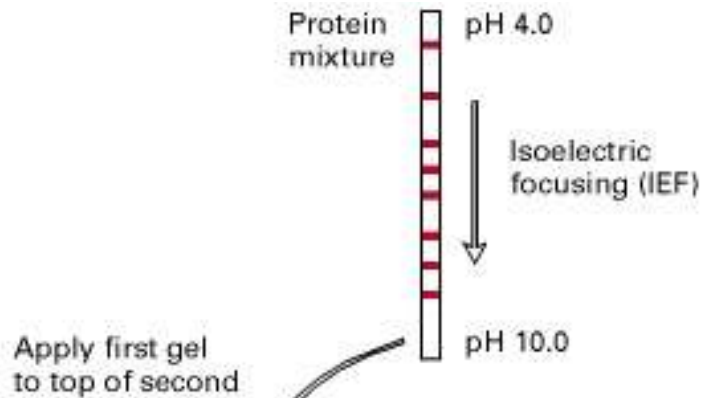
Bilan sur l'auxèse



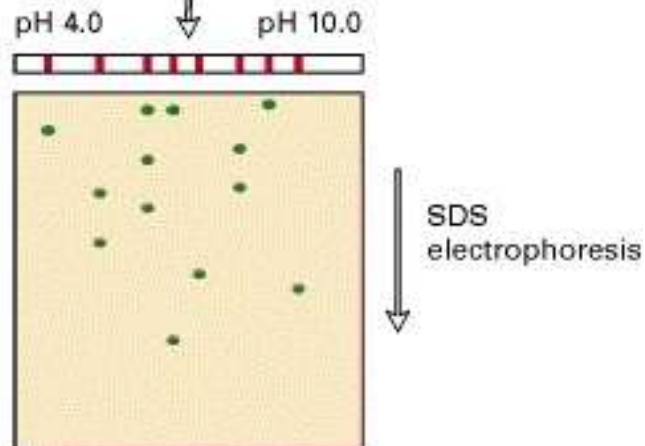
Mee d'effets transcriptionnels: électrophorèse bi-dimensionnelle

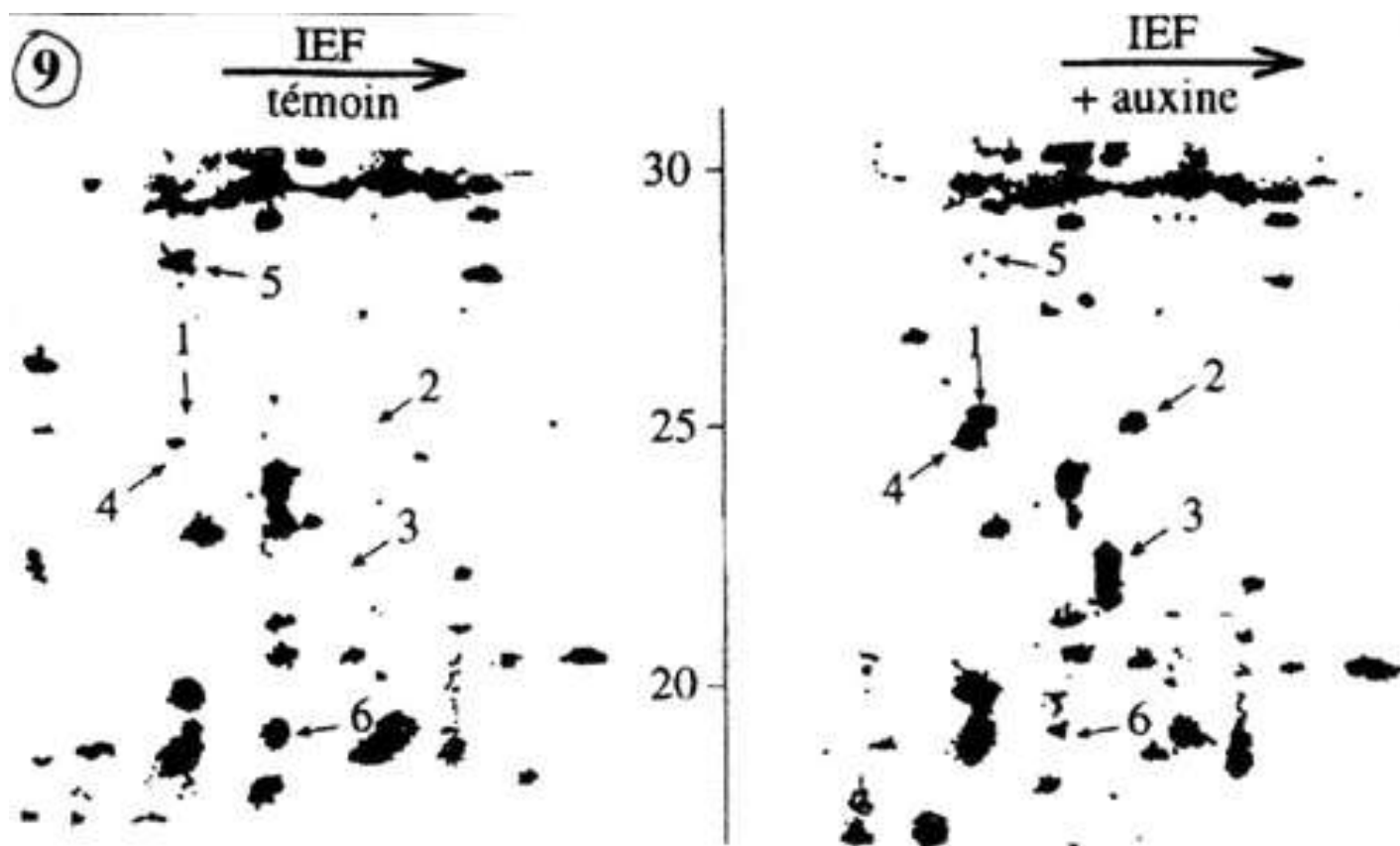
(a)

**Separation
in first
dimension
(by charge)**



**Separation
in second
dimension
(by size)**

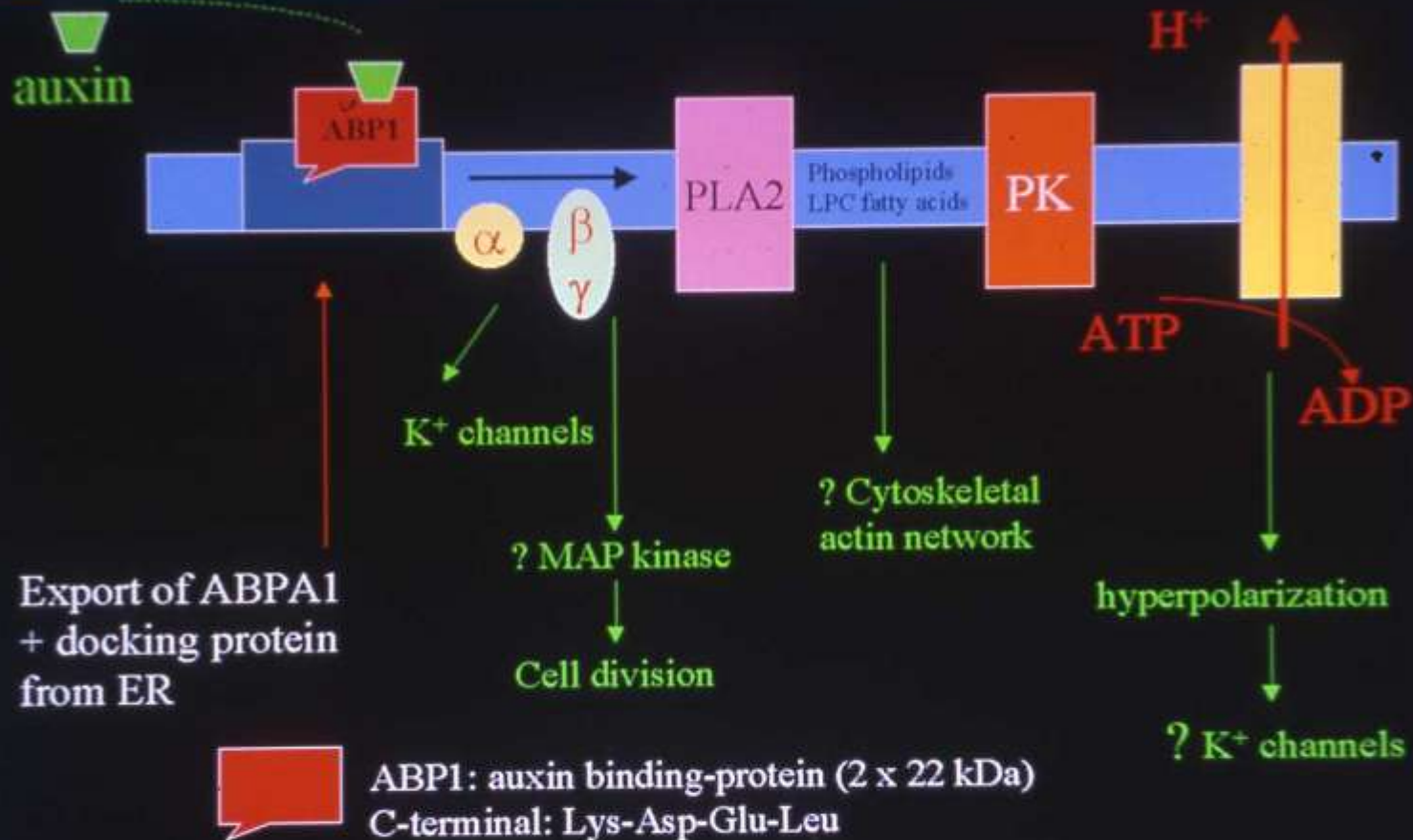




Résultats obtenus par électrophorèse bidimensionnelle montrant les ARNm extraits d'épicotyles de Pois. Les spots remarquables sont numérotés.

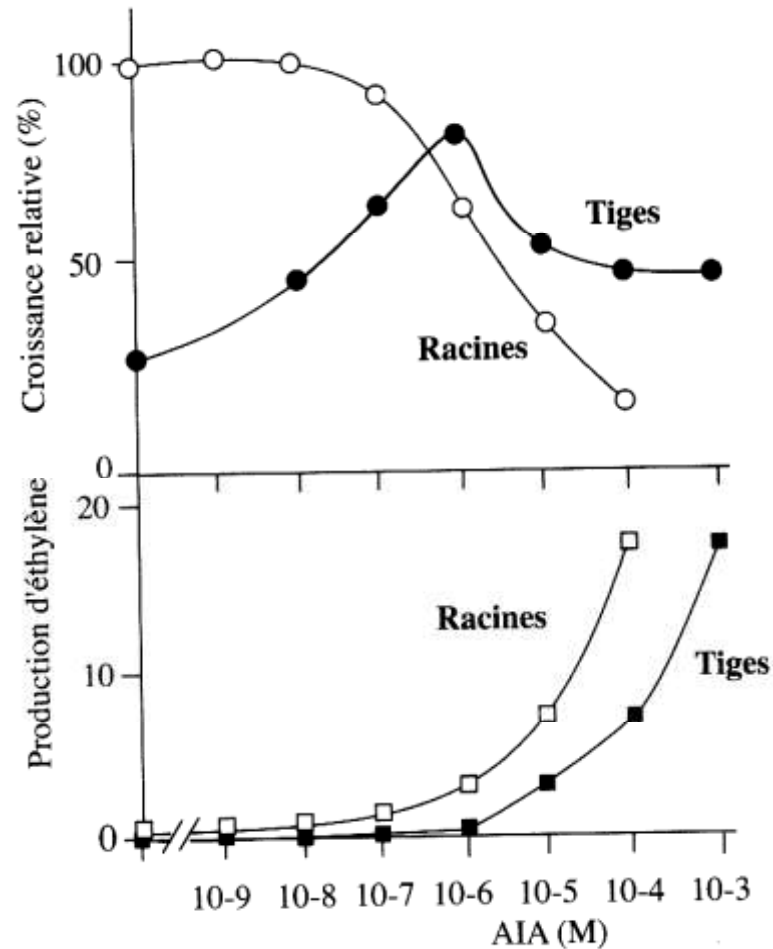
Transduction du signal par l'ABP1

L'auxine ne pénètre pas dans les cellules mais agit *via* une protéine G qui par l'activation de l' *adénylate cyclase* fait augmenter la concentration intracellulaire en ions Ca^{2+} et en AMPc ce qui active une cascade de réactions (notamment celle des MAP, *Mitogen Activating Protein*) stimulant la division cellulaire mais aussi l'activation et la production de pompes à protons. Cette pompe expulse des protons dans le milieu extracellulaire.



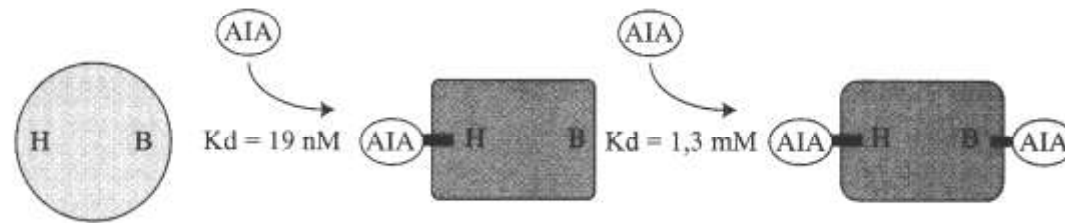
Auxin perception and signal transduction

Effets de l'auxine sur la croissance relative des tiges et racines de Pois et sur la production d'éthylène.

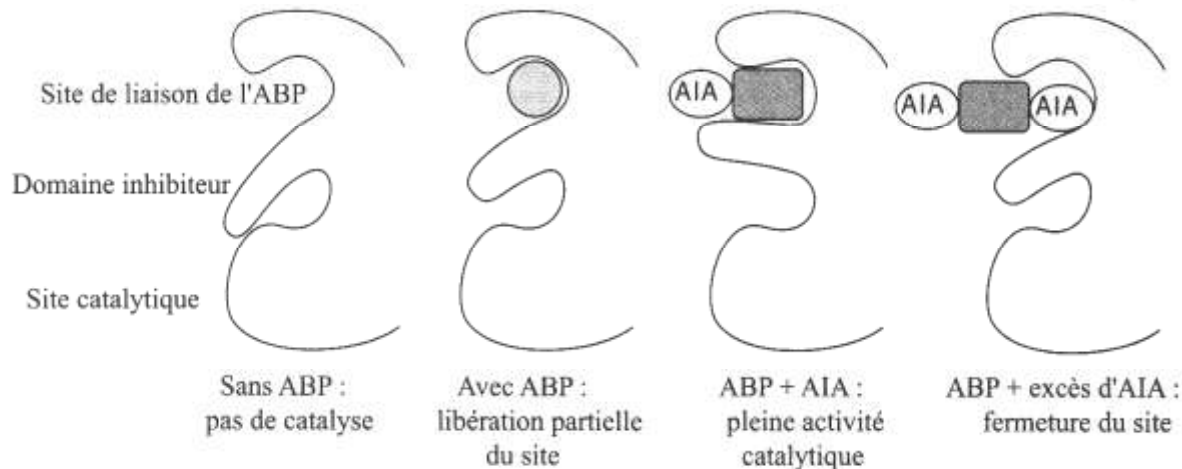


Le récepteur majeur de l'AIA est l'ABP-1 (Auxin Binding Protein 1), qui est membranaire. Un autre récepteur a été mis en évidence. Il s'agit de l'ABP₅₇, qui possède deux sites de liaison à l'auxine. Quand il fixe l'auxine, il peut interagir directement avec la pompe H⁺-ATPase, sans passer par un second messager.

(A) Changements de conformation de ABP57 en présence d'AIA



(B) Modulation par l'ABP de l'activité de l'ATPase-H⁺ plasmalemmique



Cal et organogenèse



[AIA]= 0 mg/l
[cytoK]=2 mg/l

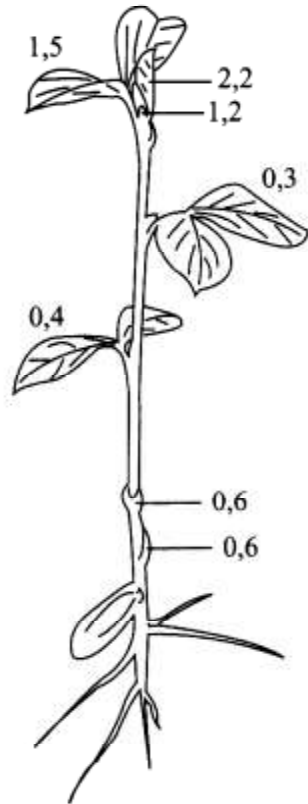


[AIA]= 2 mg/l
[cytoK]= 0 mg/l

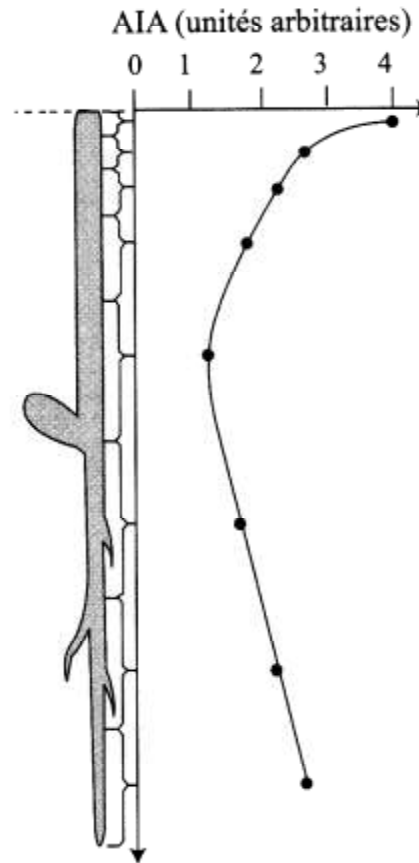
Répartition de l'auxine dans la plante

(A) **Plantule de *Vicia faba***

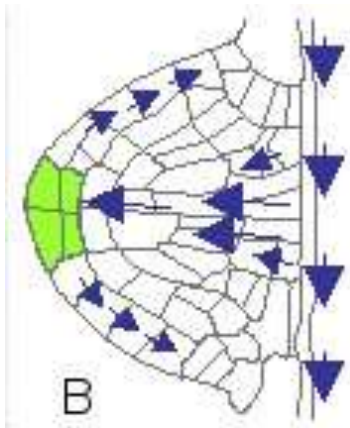
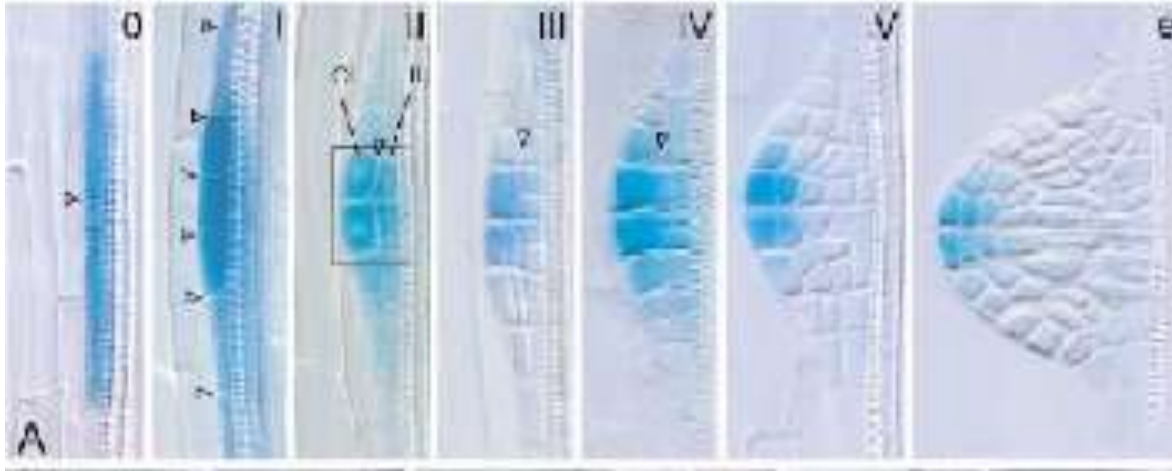
(valeurs relatives de AIA)



(B) **Plantule d'Avoine**



Le développement de racines latérales

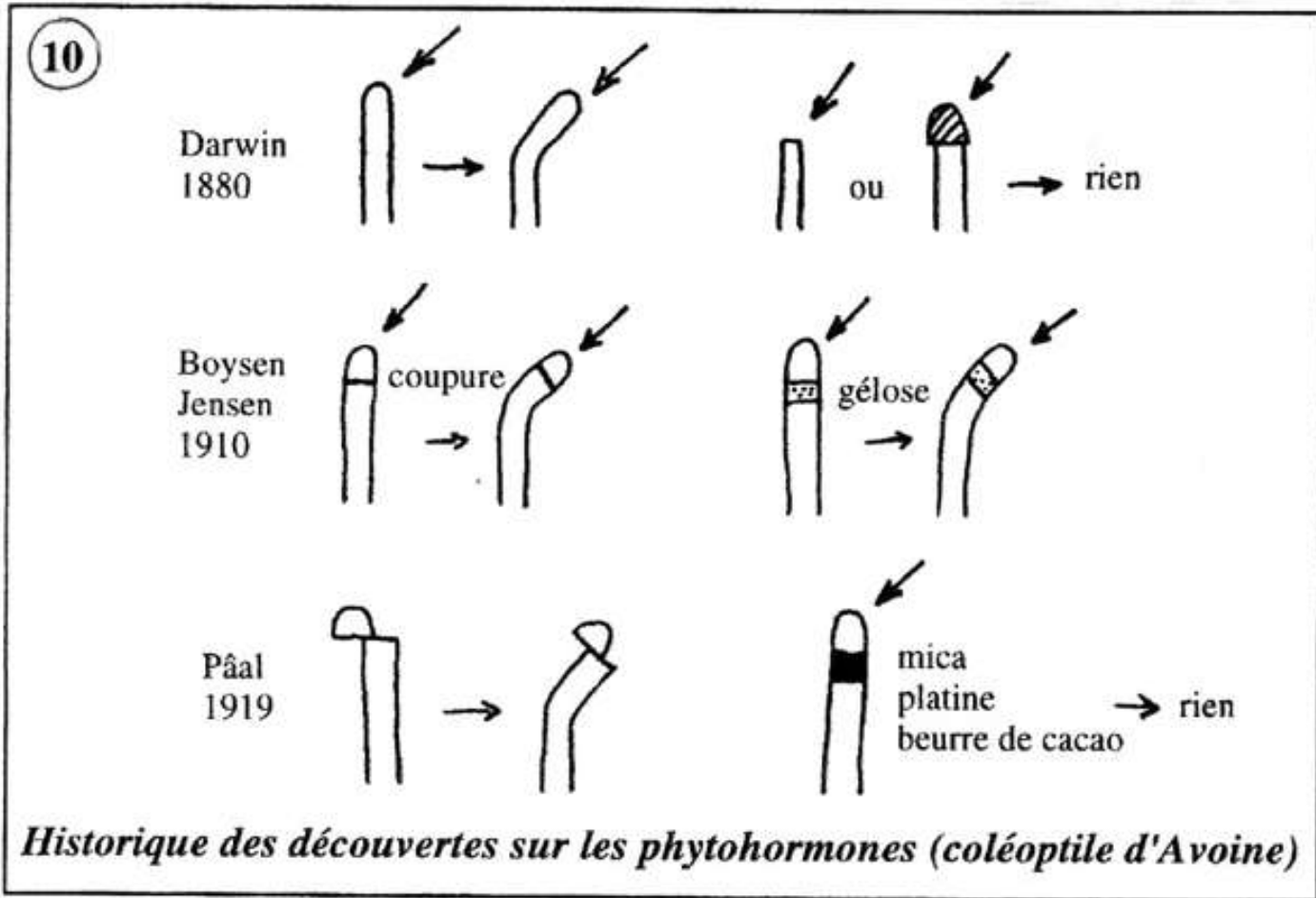


Une augmentation de la concentration en auxine dans le péricycle induit l'apparition de racines secondaires
Les flux induisent un déplacement latéral de l'auxine et sont conditionnés par la présence d'ions calcium (action négative de chélateurs)
Le gradient est au départ distribué de façon linéaire: il se concentre et induit une dé-différenciation des cellules du péricycle qui redeviennent méristématiques

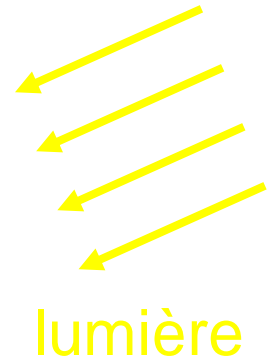
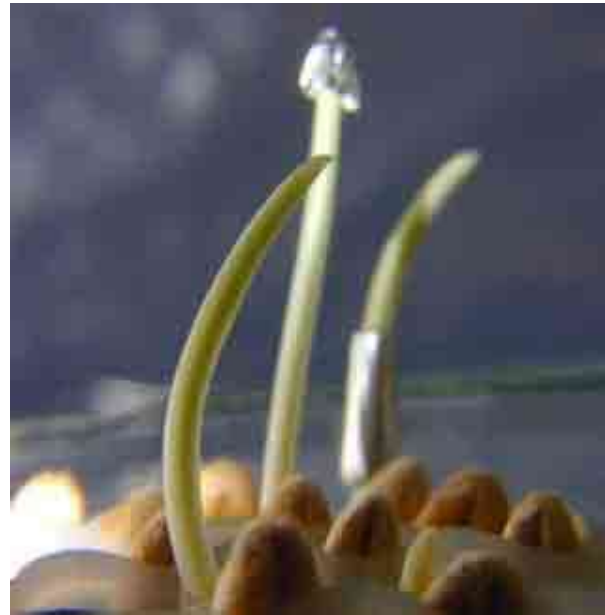
Un processus équivalent peut apparaître lors de la formation de racines adventives qui se développent à partir du phloème à la base de la tige

Les tropismes

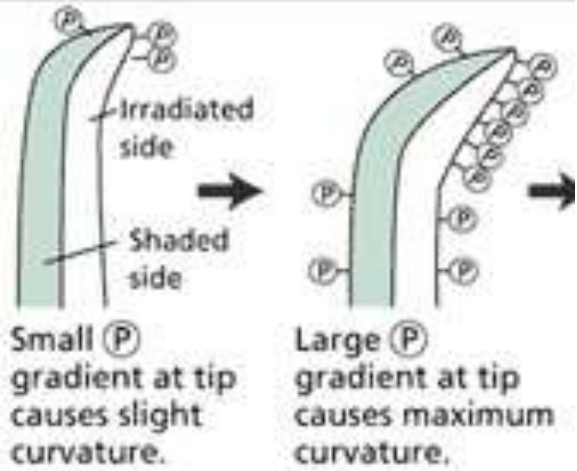
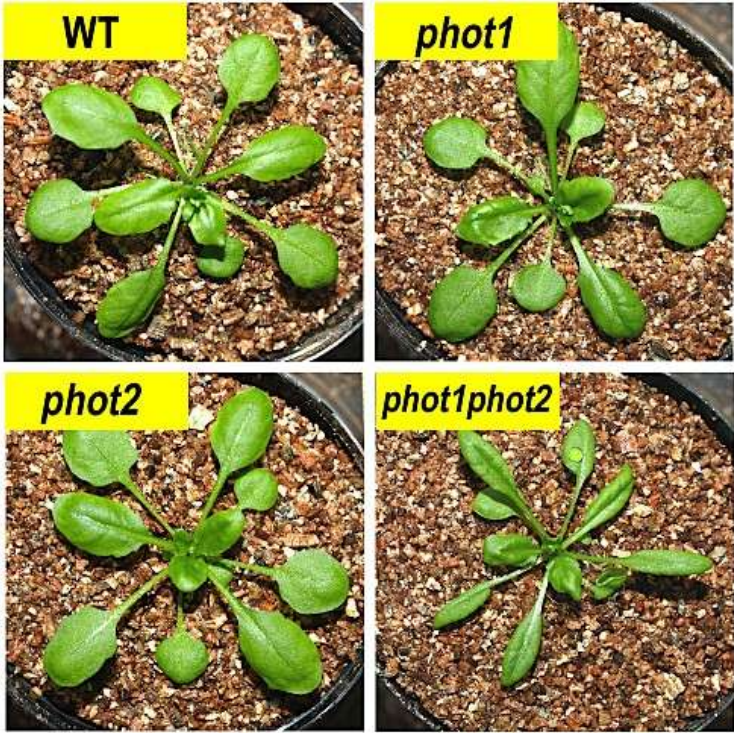
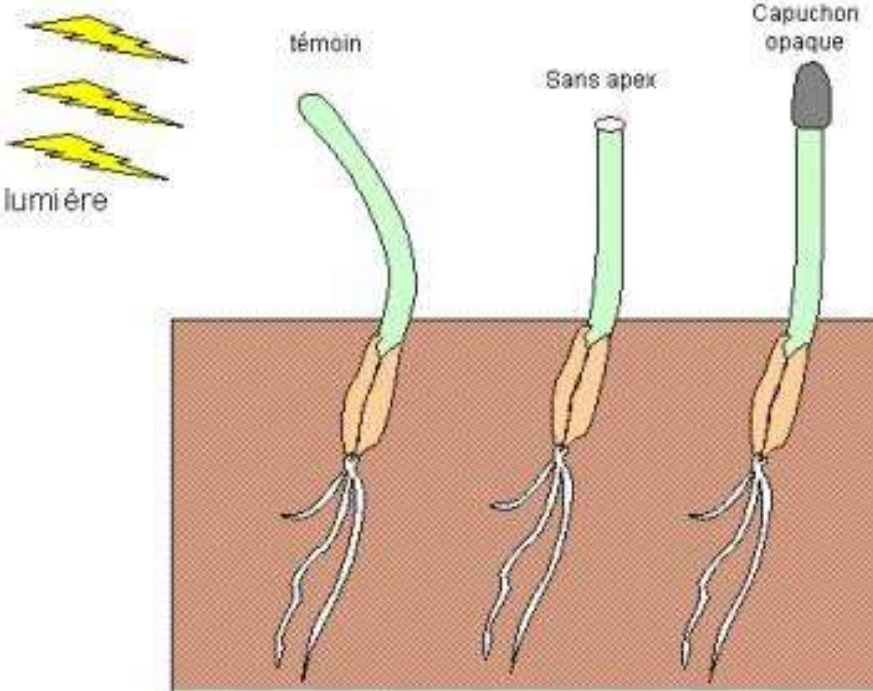
Découverte de l'auxine



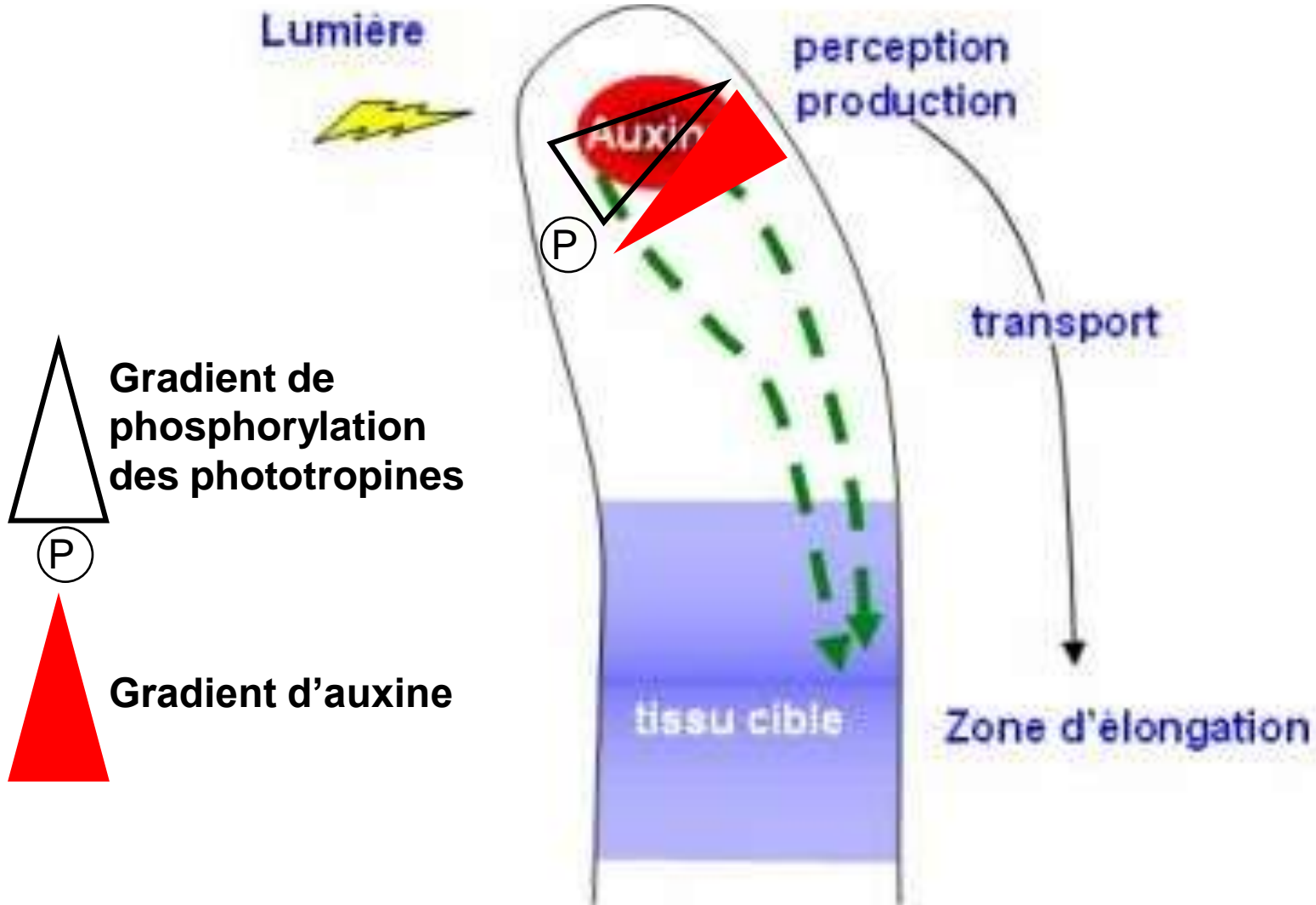
Phototropisme



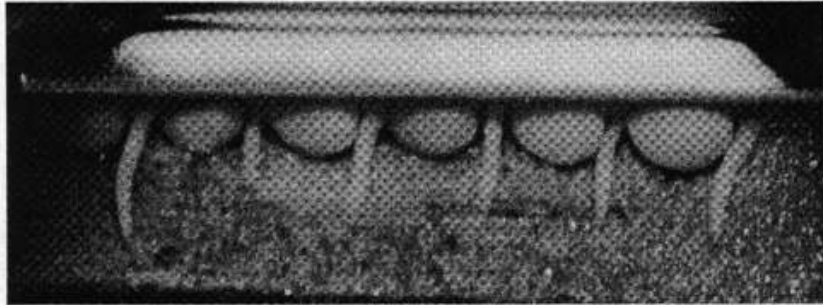
Photorécepteurs impliqués dans le phototropisme



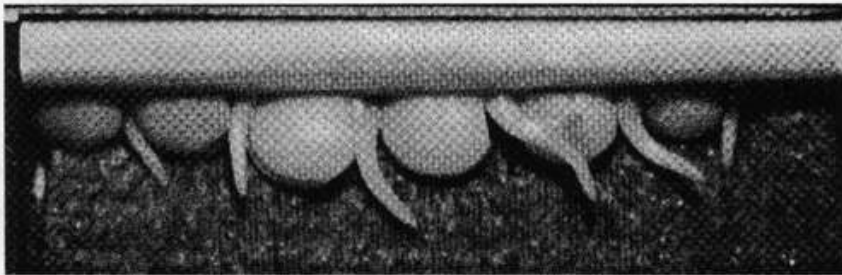
Migration radiale d'AIA et réponse phototropique



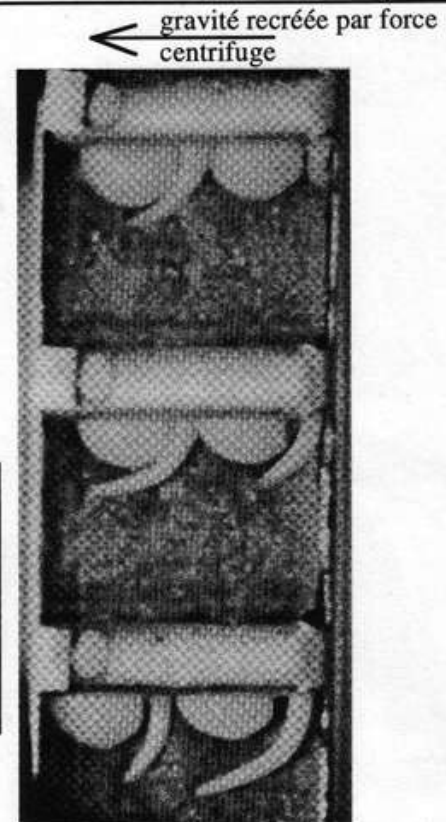
Mee du gravitropisme



Germination de graine de Lentille en présence de gravité



Germination de graines de Lentille en apesanteur (navette Challenger)



Germination de graines de Lentille dans Challenger avec reconstitution d'une force de gravitation

Gravitropisme

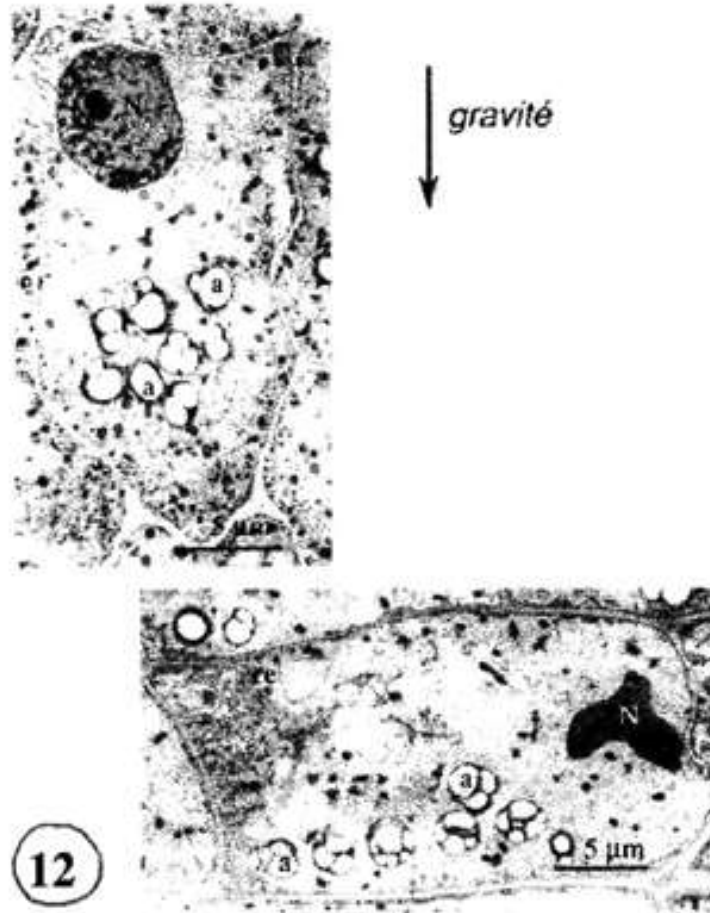
g



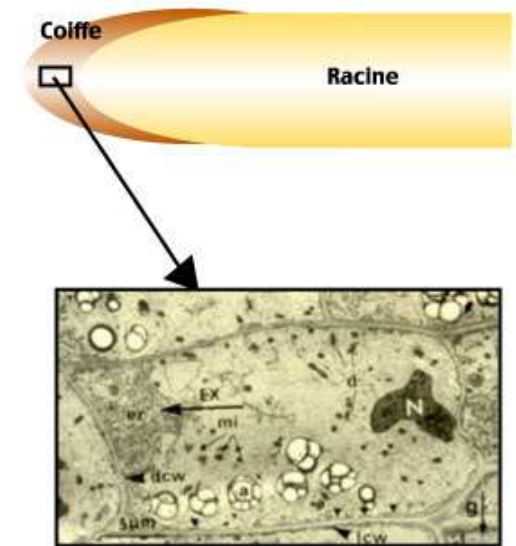
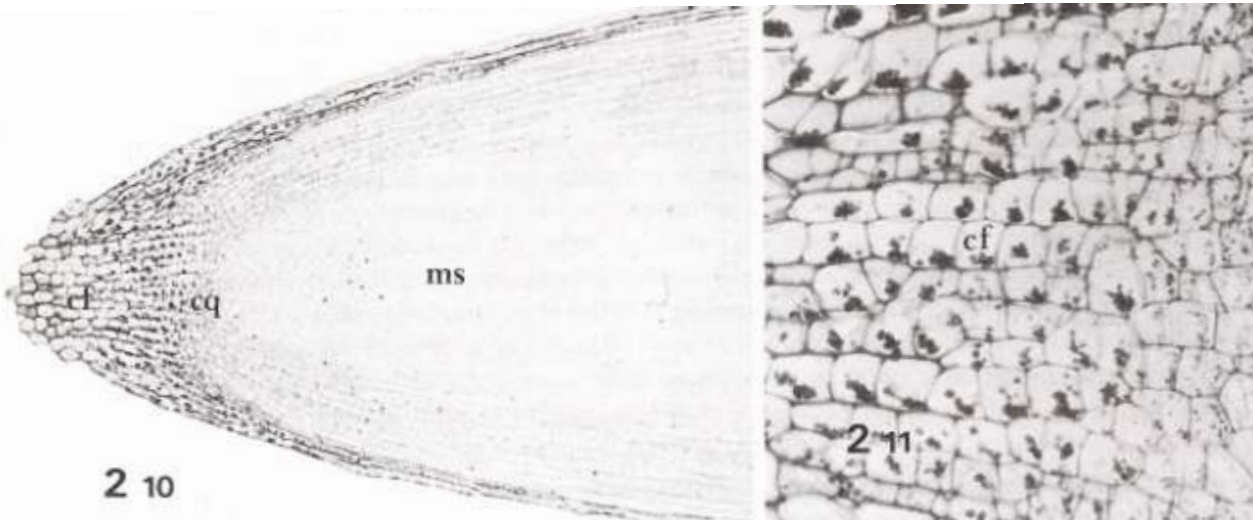
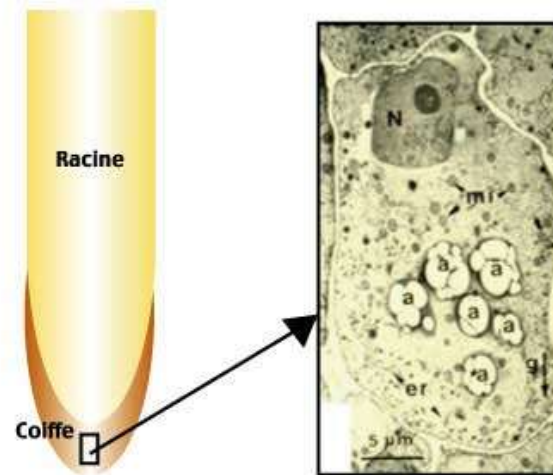
Statocyte

Photographies de statocytes de la coiffe d'une racine de Lentille

A : racine à croissance verticale ; B : racine ayant été mise à l'horizontale pendant 30 min . a : amyloplaste, N : noyau, re : reticulum endoplasmique.



Les amyloplastes sont des statolithes



Modélisation animée

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/gravitropismeBM/transduction.html>

Des mouvements qui ne sont pas des tropismes : les nutations

[http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/mouvements/nutations
.htm](http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/mouvements/nutations.htm)