

Croissance et développement des plantes



SCIENCES DE LA
VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



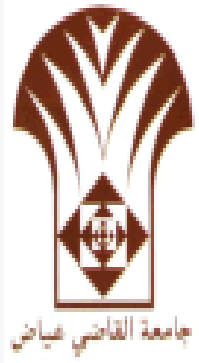
Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



Filière SV
Semestre 5, Parcours BAPV-
2012/2013



Module M4:
Développement des Plantes & Phytopathologie

Elément 1: Physiologie du développement des Plantes

Responsable du cours: Pr. LOUTFI KENZA

**Elément 1: Physiologie du
Développement des Plantes**

Elément 2: Phytopathologie

Développement des Plantes:

Objectifs:

✚ Etude des Principaux facteurs de contrôle de la croissance et développement des plantes (facteurs externes et facteurs internes)

✚ Etude des différents types de substances de croissance des plantes et leurs utilisations pratiques en agriculture et en biotechnologies végétales

Elément Développement des Plantes:

**18 h cours – 6 h TD (4 TD) -
16 h TP**

Evaluation:

60% cours et 40 % TP

Développement des Plantes : 50%

Phytopathologie : 50%

- * Contrôles continus: Novembre & Janvier**
- * Contrôle TP: examen à la fin des TP**

Cours Développement des Plantes:

-Partie 1: Contrôle de la croissance et développement végétatif des plantes

-Partie 2: Les régulateurs de croissance (phytohormones)

- Partie 3: Physiologie de la floraison

-TD1: Les mouvements chez les plantes: cas du géotropisme

-TD 2: Méthodes de Cultures *in vitro*

-TD 3: La floraison

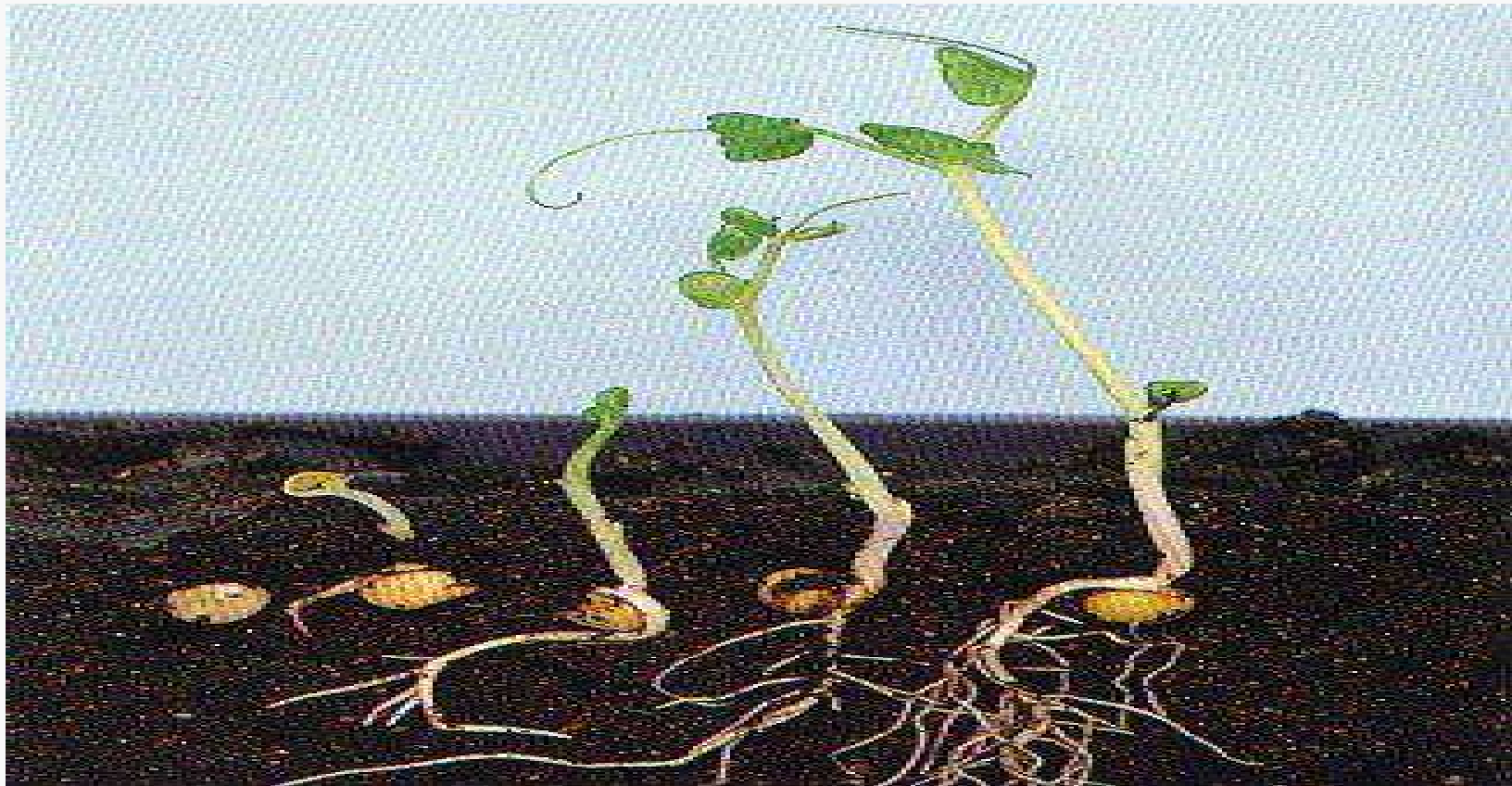
- TD 4: Effets de l'ABA et C₂H₄ sur la croissance et la maturation des fruits

-TP 1: Etude d'une enzyme de germination: l' α amylase

-- TP 2 & TP 3: Effet des phytohormones sur le développement des plantes

- TP 4: Cultures *in vitro* (Biotech végétales)

Physiologie du Développement des Plantes



Introduction

Définitions:

La croissance:

= changements quantitatifs:
variation des dimensions des
organes:

- * allongement,
- * augmentation de surface,
- * augmentation de poids...

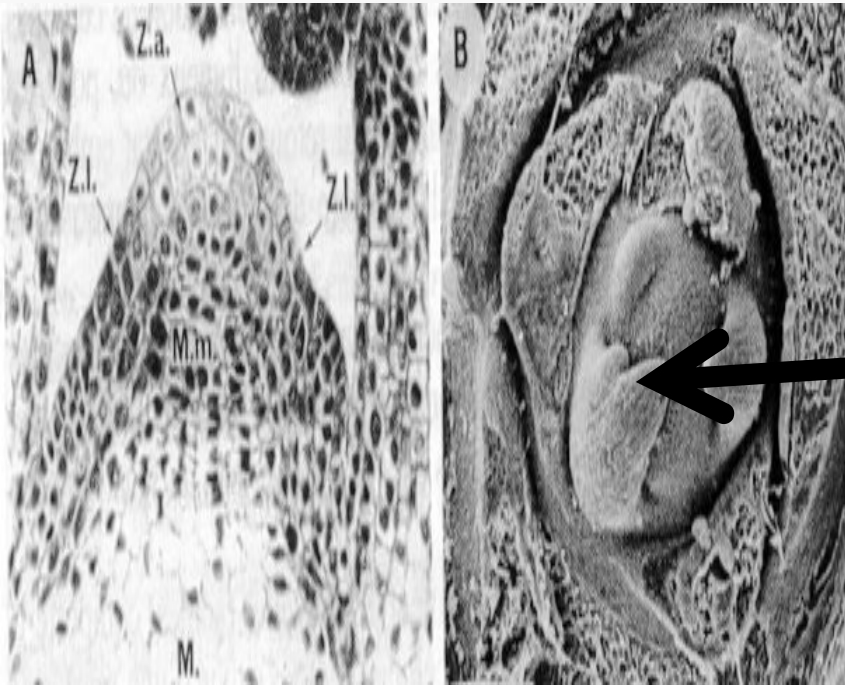
**ex: - allongement des entrenœuds
d'une tige,
-allongement des racines,
-croissance d'une feuille,
- croissance d'une pièce florale
- augmentation du poids d'un
fruit ...**

**Ces augmentations de taille
sont irréversibles.**

Le développement: = changements qualitatifs (en plus des changements quantitatifs).

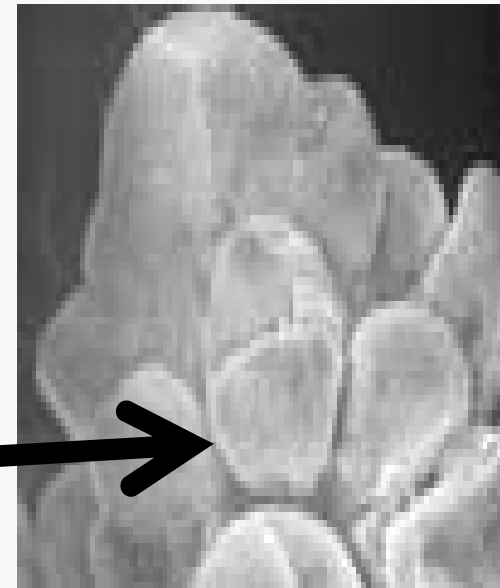
Ex:

- passage d'un méristème de l'état végétatif à l'état floral,



Méristème végétatif

Pièces florales



Méristème floral

- **Spécialisation de certaines cellules: ex cellules des tissus vasculaires....**

➤ **Le développement des plantes correspond à des étapes différentes dans la vie d'une plante**

Ces principales étapes sont:

- **La germination** des semences
- **Le développement végétatif:**
formation des entrenœuds, des
feuilles, des nouveaux bourgeons,
des nouvelles racines...
- **La floraison et la fructification:**
formation des fleurs puis des fruits.

Fig 1

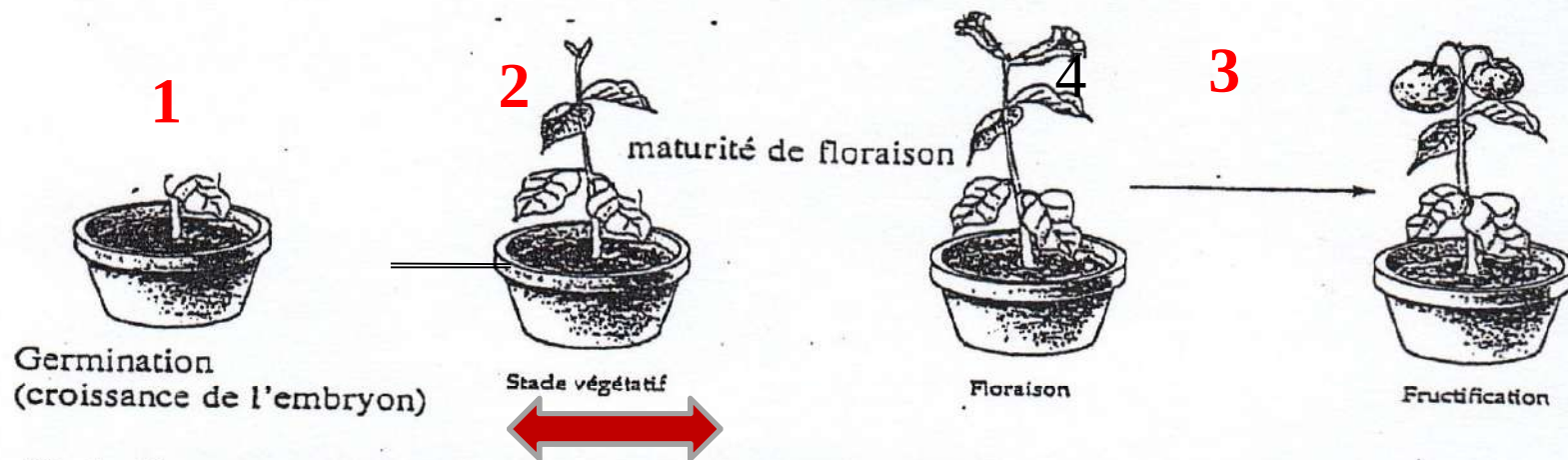


Fig 1 : Importantes étapes dans le développement d'une plante.

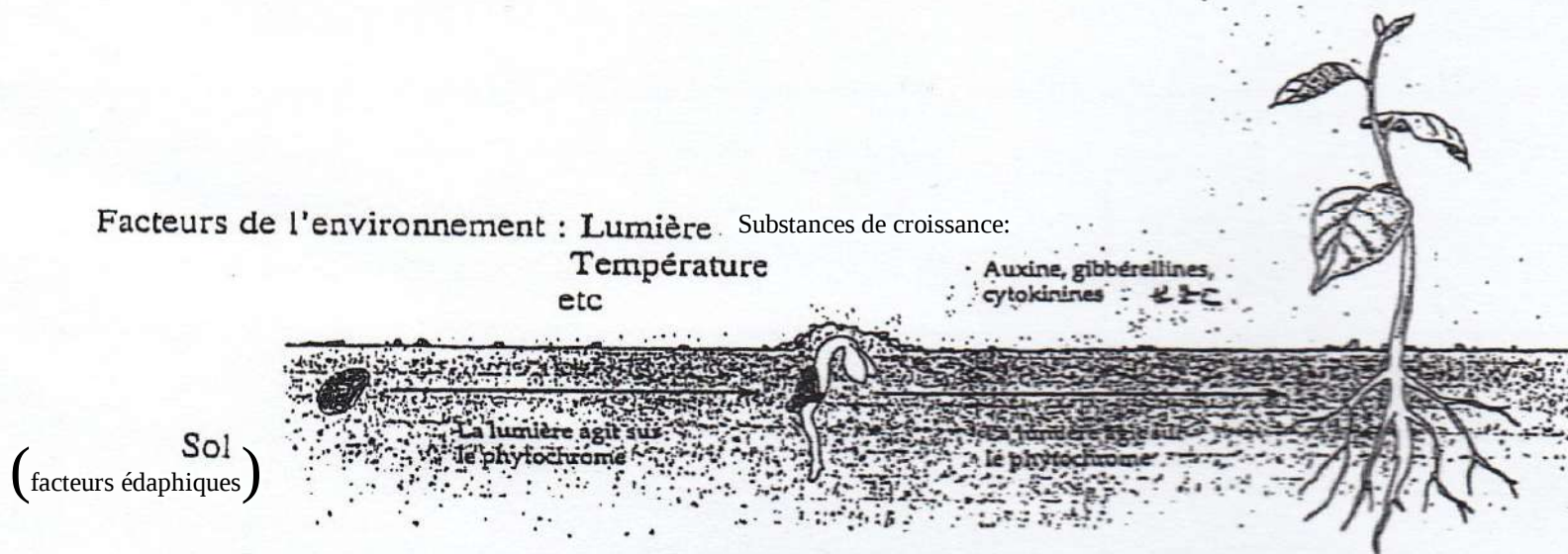


Fig 2 : Facteurs contrôlant les premières étapes de la croissance des plantes.

Rappel:

*** Plantes annuelles: cycle de développement en moins d'une année: ex céréales**

*** Plantes biannuelles: cycle de développement qui s'étale sur plus d'une année (...2 ans): la betterave, la carotte cultivée, l'oignon.**

*** Plantes pluriannuelles: pérennes, ou vivaces.:**

- monocarpiques (produisent puis meurent): ex agave

- polycarpiques: ex arbres fruitiers

**:Il y a un déterminisme interne,
génétique, mais aussi une influence
des facteurs externes.**

**⇒ Ces étapes s'effectuent selon un
programme génétique précis
modulé par les facteurs externes**

Gènes a, b..

Germination

Gènes c, d..

Croissance
végétative

Gènes g, h..

Floraison puis
sénescence

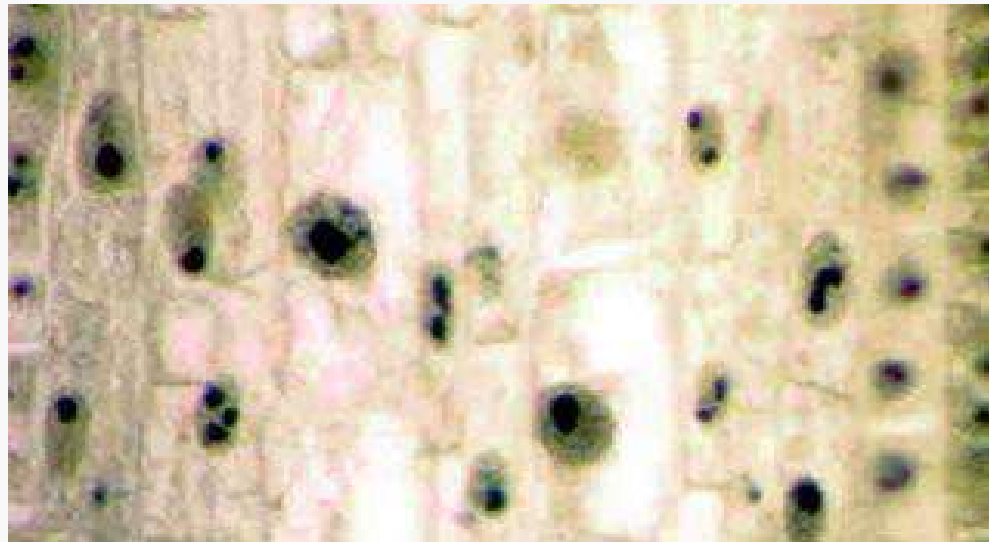
:Programme génétique précis pour chaque espèce.

Modulé par les Facteurs de l'environnement (fig 2)

II. Modalités de la croissance:

La croissance peut se faire de deux manières:

- **Par auxèse ou auxésis** : augmentation des dimensions des cellules (taille des cellules)



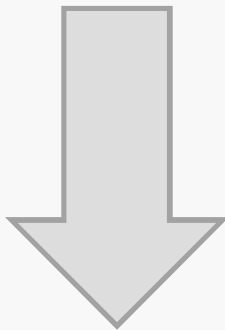
- par **merèse** ou **meresis**:
division cellulaire donc
augmentation du nombre de
cellules



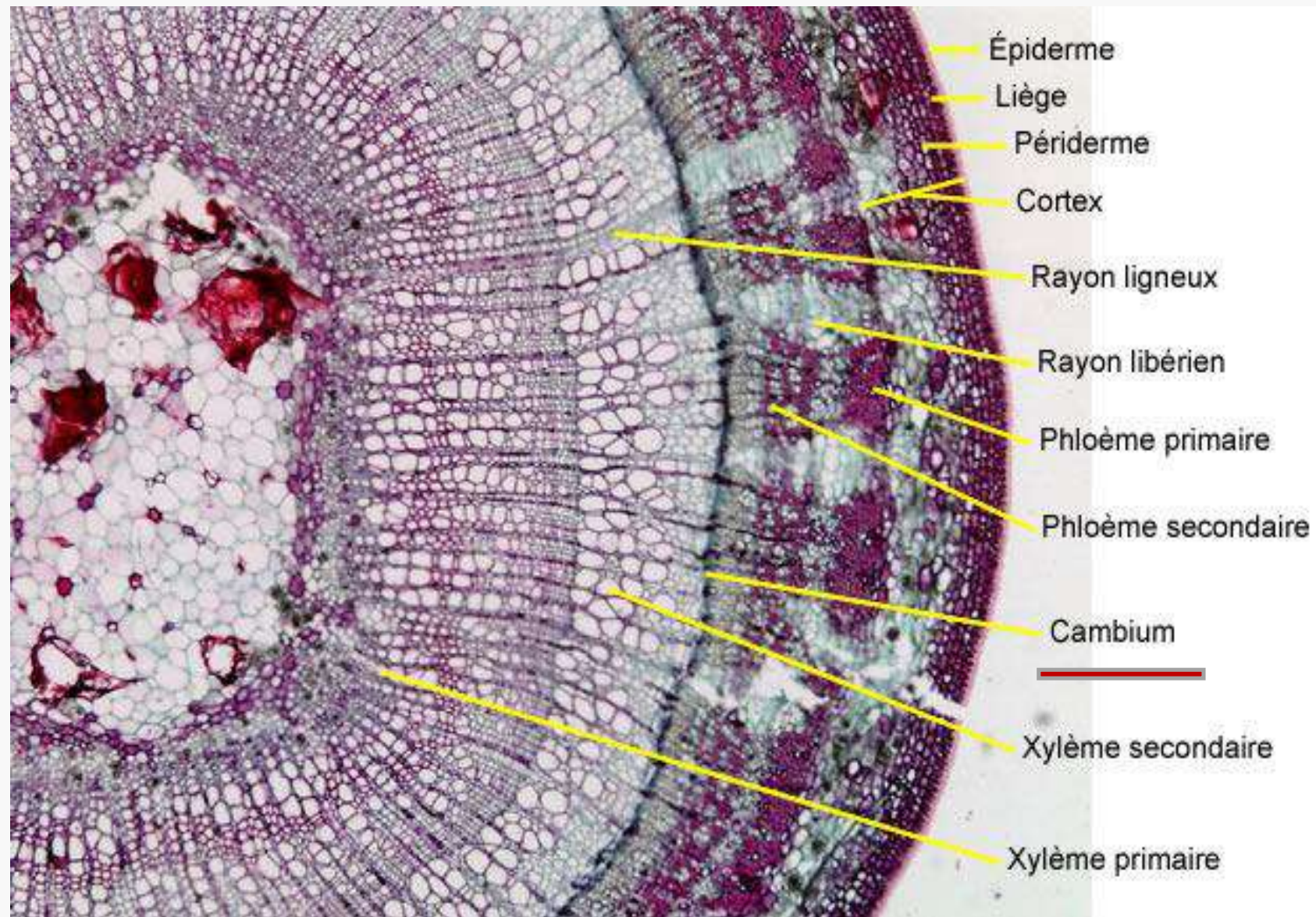
Les Zones de croissance au niveau de la plante jeune sont:

**- les méristèmes primaires:
croissance primaire**

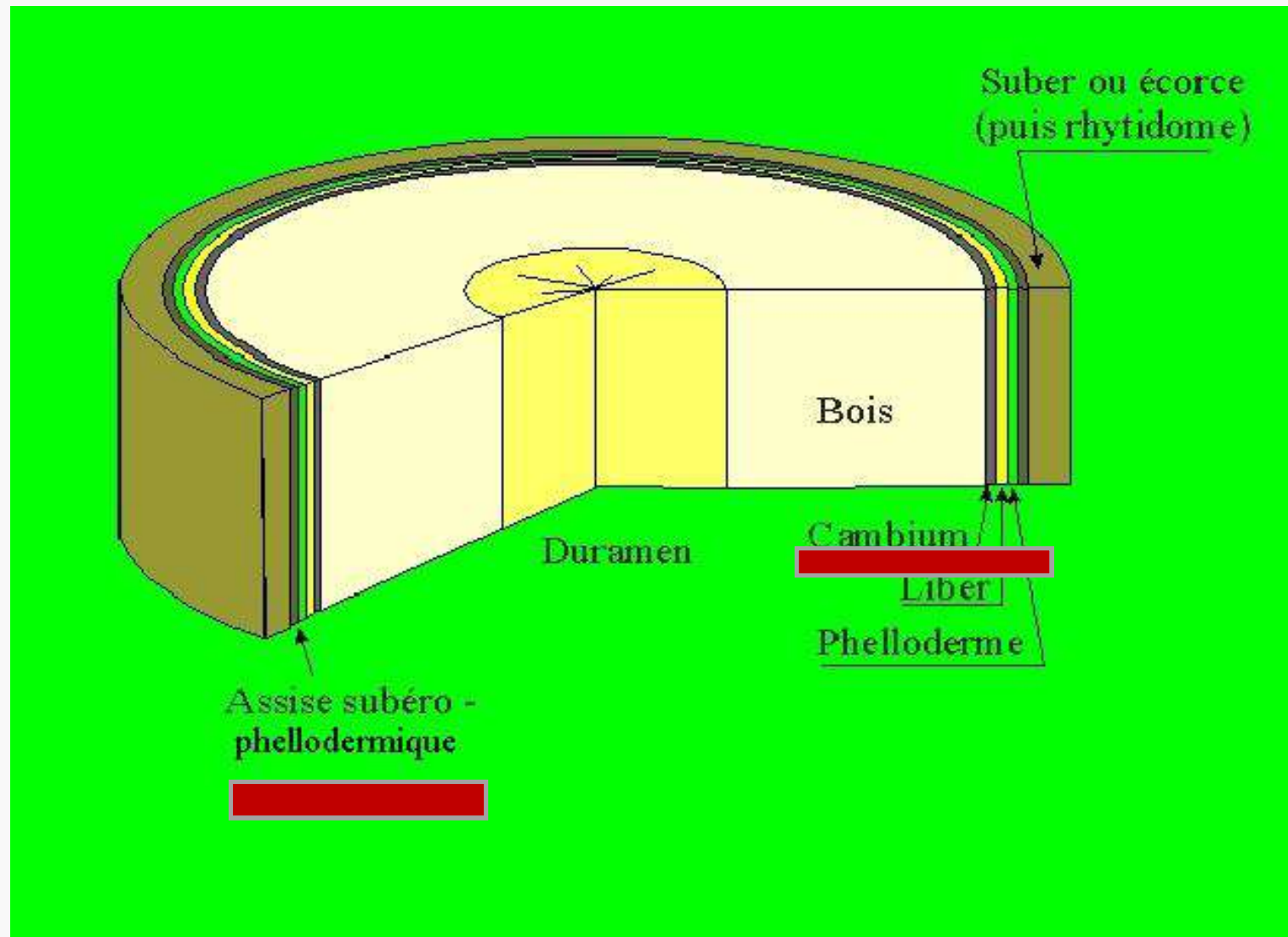
**- Les méristèmes secondaires :
croissance secondaire (tissus
secondaires) Fig 3,4 et 5):**



**Les deux assurent ainsi une
croissance en longueur et une
croissance en épaisseur des organes**



Ex des tissus secondaires d'une Tige de Dicotylédone âgée en coupe transversale (100X)



Ex de méristèmes secondaires: Cambium et assise subéro-phellodermique

➤ **Mécanisme de l'agrandissement cellulaire (auxèse):**

Les cellules peuvent s'accroître soit:

*** d'une manière isotrope (isodiamétrique) : la surface cellulaire augmente de façon égale:
cas des parenchymes de réserves des tubercules (ex pomme de terre).**

*** Par élongation des cellules**

*** Par croissance radiale: en
épaisseur**

Cet agrandissement ne concerne que les tissus jeunes à cellules non différenciées entourées de **parois à structure primaire extensibles.**

 **Les cellules différenciées (avec des structures de **paroi secondaire**) ne croissent plus.**

**L'agrandissement de la cellule
est contrôlé par une
phytohormone: L'auxine**

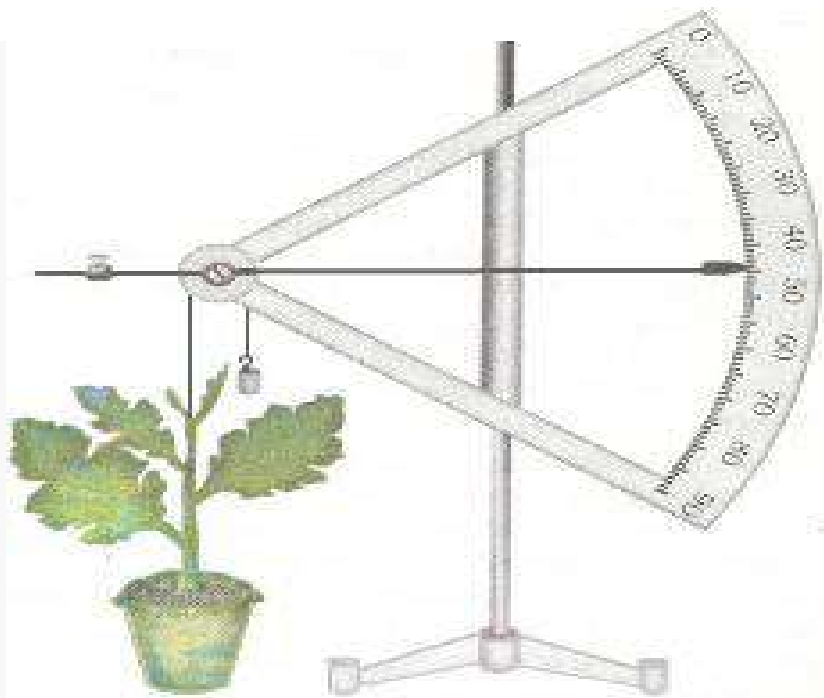
(Voir le cours sur l'auxine).

III. Cinétique de la croissance:

1- Méthodes d'évaluation de la croissance:

☞ Paramètres mesurables:

-Dimensions : longueur, surface,
diamètre...



Arc auxanometer

Auxanographe (Auxanomètre)



**-Le poids: de la matière fraîche,
et de la matière sèche.**



**- Les Teneurs en azote
protéique**



Evaluation de la croissance:

Plusieurs Paramètres peuvent être calculés:

➤ **Accroissement absolu: Δl ; ΔP ...
(taille au temps t - taille au temps t_0).**

➤ **Vitesse de croissance :**
Accroissement / unité de temps
(ex dl/dt).

La vitesse de croissance est très variable :

ex : bambou: 60 cm/jour;

: racines de maïs: 48 mm/jour

➤ **Taux de croissance : $\Delta l / l_0$**

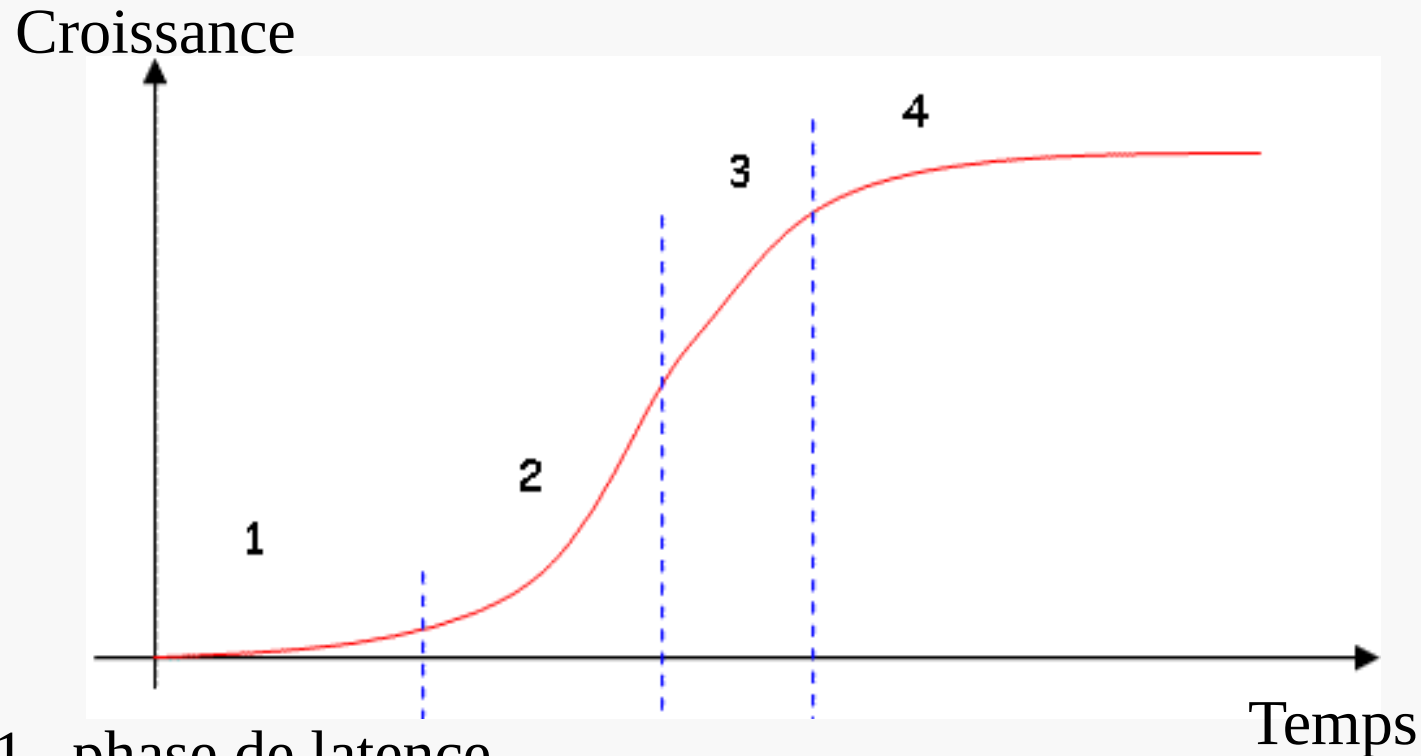
(=Variation de la taille par rapport à la taille initiale):

NB: il existe des taux de croissance plus élevés chez les plantes herbacées que les ligneuses

-Allure des courbes de croissance:

**Une courbe de croissance =
représentation du paramètre
mesuré en fonction du temps
ex longueur (l) = f (temps):
cinétique de la croissance**

= Courbe en S : sigmoïde



1. phase de latence.
2. phase accélérée (ou phase exponentielle)
3. phase linéaire : V est constante (Cette phase est parfois importante parfois ponctuelle).
4. La phase de ralentissement : c'est une phase de sénescence.

Fig 6

Partie 1: Facteurs de Contrôle du développement des plantes

Le développement d'une plante se fait selon des informations génétiques spécifiques, mais celui-ci est modulé par des facteurs externes (environnementaux et trophiques) et internes (phytohormones..). Dans cette partie du cours on s'intéressera:

**I: Action des facteurs externes
(étude du cas de la lumière et de la
température)**

II: Action des facteurs internes

**III: Dissymétrie de la croissance:
Mouvements chez les plantes**

I. Action des facteurs externes: Cas de la lumière et de la température

Les facteurs de l'environnement peuvent affecter la croissance et le développement d'une plante comme la lumière, la température, l'humidité, les facteurs édaphiques, la salinité etc : facteurs abiotiques

I.1 Action de la lumière:

La lumière agit sur le développement des plantes par:

- * son intensité

- * sa qualité :

➡ Les longueurs d'ondes (λ) agissent directement sur les paramètres de la croissance.

(à distinguer de l'action sur la photosynthèse).

Effets de la lumière = Photo morphogénèse

Exemple 1 : Effet sur la croissance des organes

**- Action de différentes λ sur
l'allongement des organes (Fig 7):**

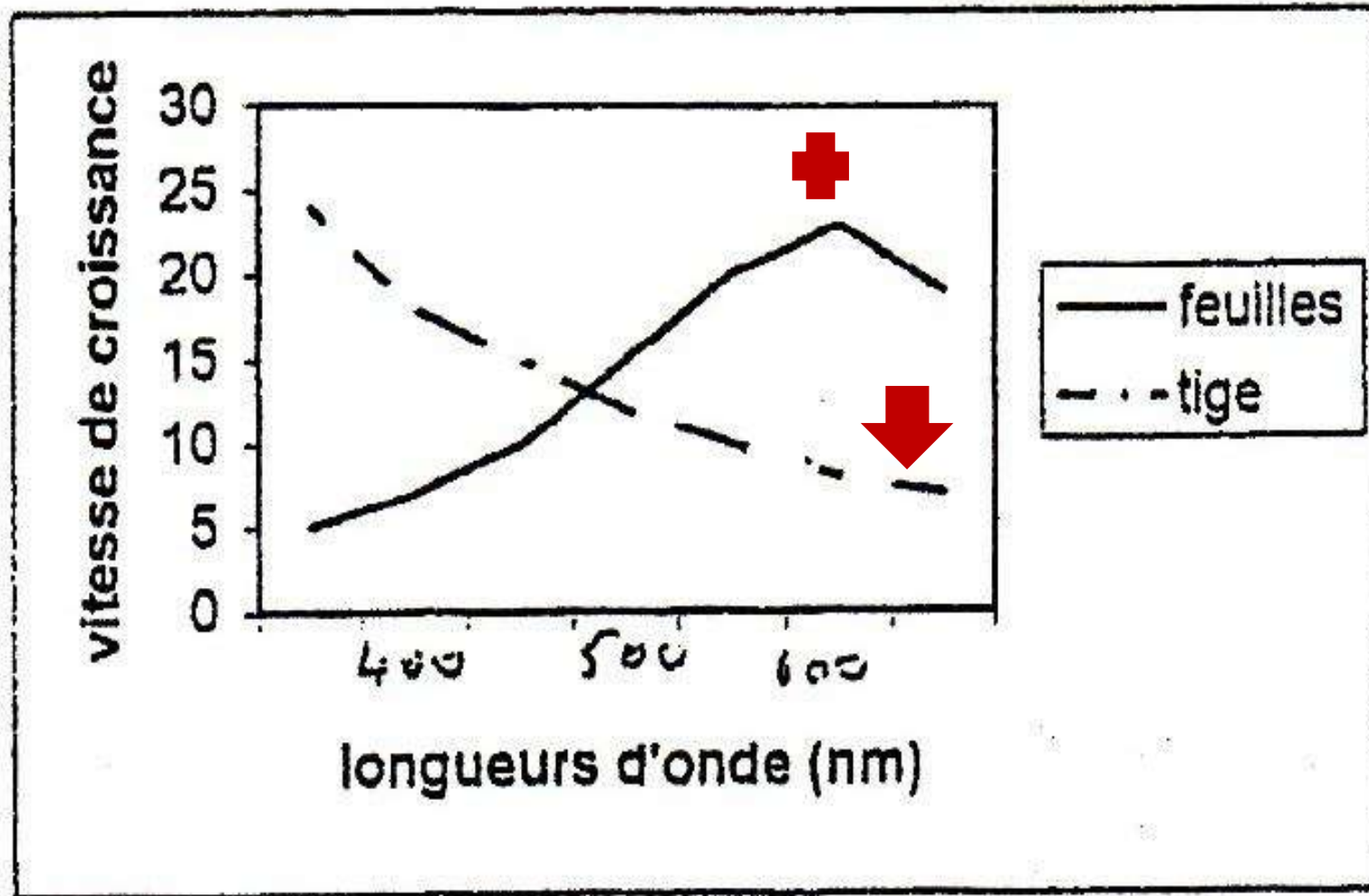


Fig 7: Effet de différentes longueurs d'onde sur la croissance des organes d'une plante

- La longueur des tiges est plus grande dans la lumière bleue et plus faible dans le rouge clair

: les feuilles s'allongent plus dans le rouge et peu dans le bleu

➤ **La lumière ‘Rouge clair’
inhibe la croissance des tiges et
favorise celle des feuilles**

**La lumière blanche a le même
effet que le RC. à**

**très faible éclaircissement on a le
Phénomène de l'étiollement:**

L'étiollement est caractérisé par 3 symptômes principaux:

- Allongement important des tiges (Monocotylédones et dicotylédones)**

- Inhibition de la croissance des feuilles chez les dicotylédones et au contraire allongement des limbes foliaires des monocotylédones.

- Jaunissement des feuilles: à cause de la disparition des chlorophylles



Symptômes du Phénomène de l'étiollement chez des plantules d'haricot

- Ces symptômes peuvent être éliminés par un éclaircissement même à faible intensité

Ainsi:

**: la lumière blanche (ou RC)
inhibe l'allongement excessif des
tiges**

Exemple 2: Effet sur la germination des graines

Ex Germination des graines de laitue:

- Eclairement avec le Rouge
clair (660 nm)  100 % de
germination**

- **Eclairement avec le rouge sombre (730 nm) $\Longrightarrow$ 0% de germination**

**Ce sont des graines à photosensibilité positive
(cas de la majorité des graines)**

Exemple 3: Effet sur la floraison

Floraison de certaines plantes: ex plantes de Jours Courts

Ex Xantium pennsylvanicum:

- **Eclairement avec 660 nm → pas de floraison**

- **Eclairement avec 730 nm →
floraison**

Si: plusieurs éclairagements sont apportés c'est le dernier qui l'emporte

Conditions d'Eclairement	Croissance des disques de feuilles de Haricot (diamètre en mm)	Germination des graines de Laitue (Variété Grand Rapids)	Floraison du Xanthium
Obscurité	0,66	-	+
Lumière RC (660)	1,36	+	-
Lumière RS (730)	0,69	-	+
RC + RS	0,67	-	+
RC+ RS+ RC	1,43	+	-
RC+RS+RC+RS	0,63	-	+
RC+RS+RC+RS+RC	1,36	+	-

NB: La lumière blanche a le même effet que le rouge clair (RC) et l'obscurité a le même effet que le Rouge sombre (RS).

**L'action de la lumière est due
à un pigment photorécepteur**

appelé: le Phytochrome

1. Formes du phytochrome

Le phytochrome existe sous deux principales formes:

➤ **La forme P660 qui a un optimum d'absorption de la lumière à 660 nm et qui peut se convertir en P 730**

➤ La forme P730 qui a un optimum d'absorption à 730 nm et qui peut se convertir en P 660.

Fig 8A et Fig 8 B

: Les deux formes sont inter-convertibles

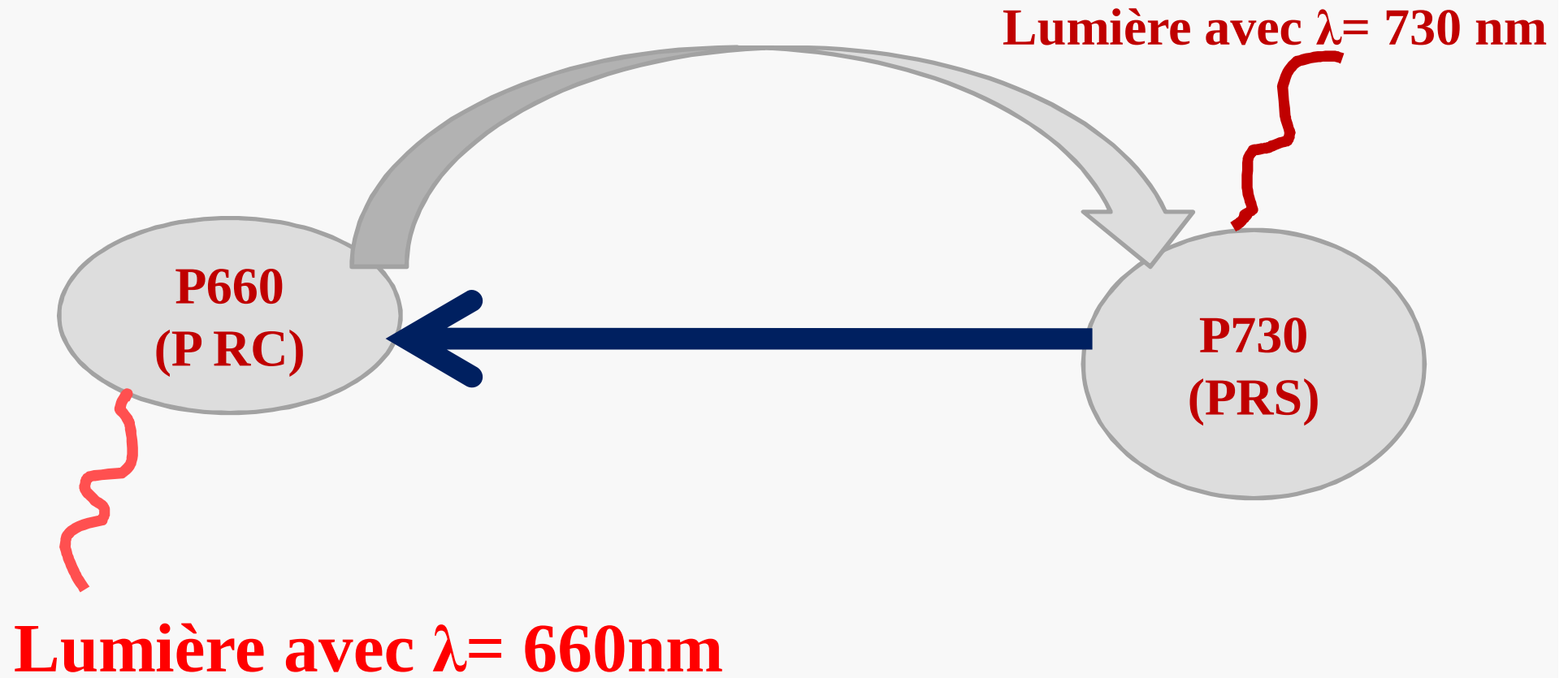


Fig 8A: Photo conversion du phytochrome

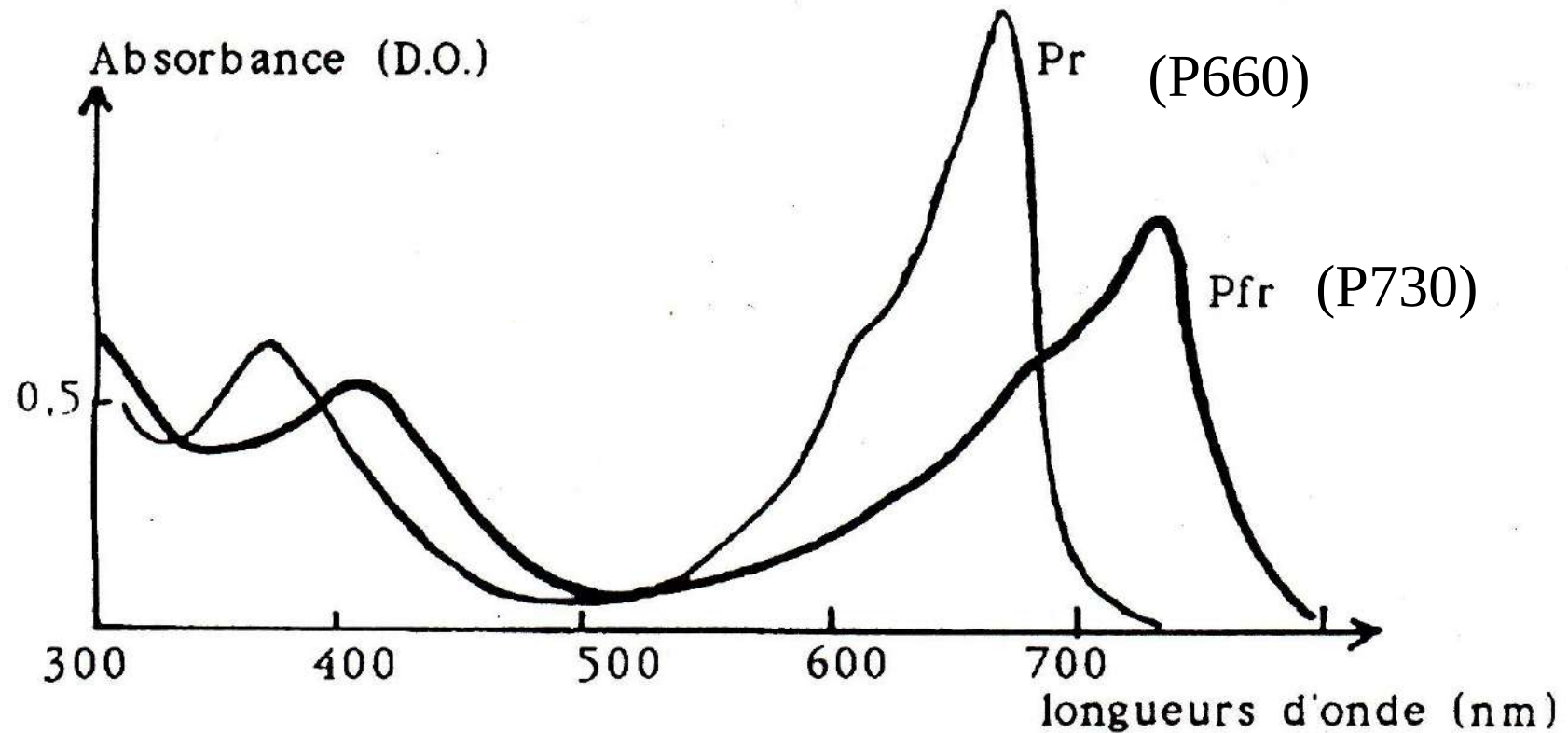


Fig 8 B: Spectres d'absorption du phytochrome P660 et du phytochrome P730

Remarque:

D'après les spectres d'absorption :

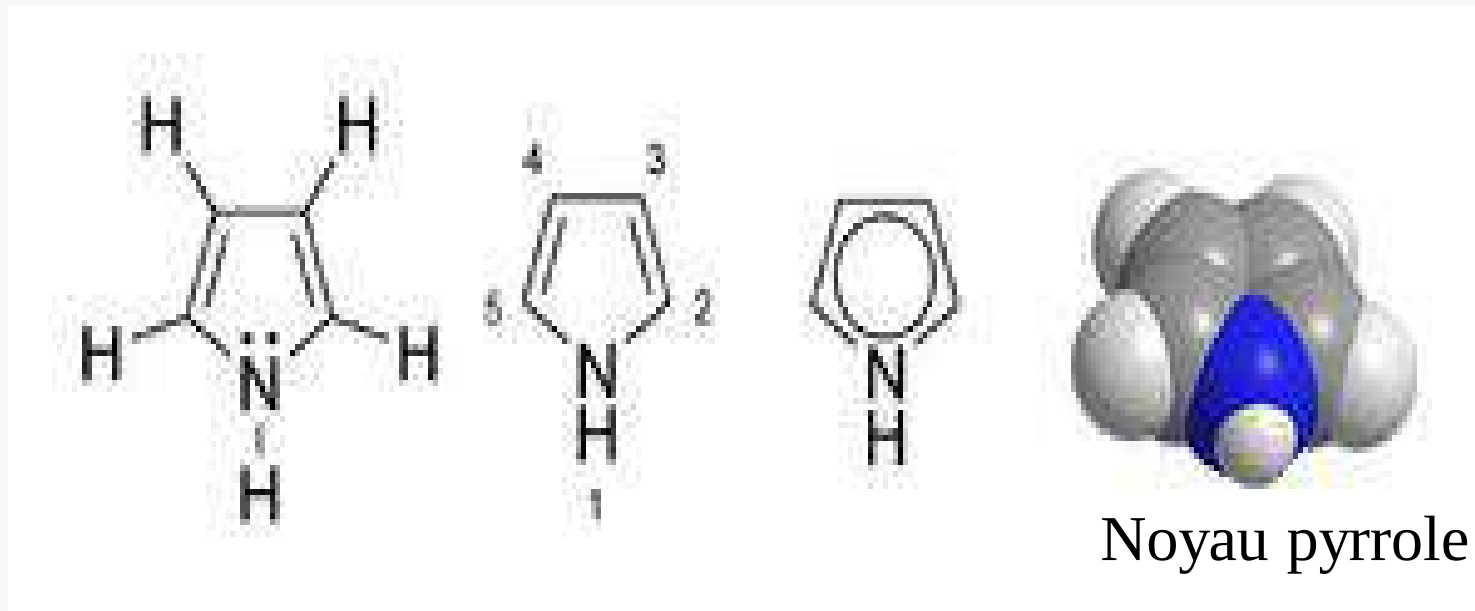
la lumière bleue est également absorbée et peut avoir le même effet que le RC mais à plus faible intensité.

- La lumière blanche agit comme le RC (car c'est le RC qui est le plus efficace)

- 2. Propriétés du phytochrome:

Le phytochrome est une chromoprotéine = protéine liée à un chromophore (groupement prosthétique).

**Le chromophore est une chaîne
tetrapyrrolique (4 noyaux pyrroles)
ouverte (Fig 9).**



**Noyau pyrrole: Cycle aromatique de 5
atomes dont un atome d'azote.**

Le phytochrome contient des composés **soufrés comme la cystéine (= acide aminé).**

Protéines Chromophore

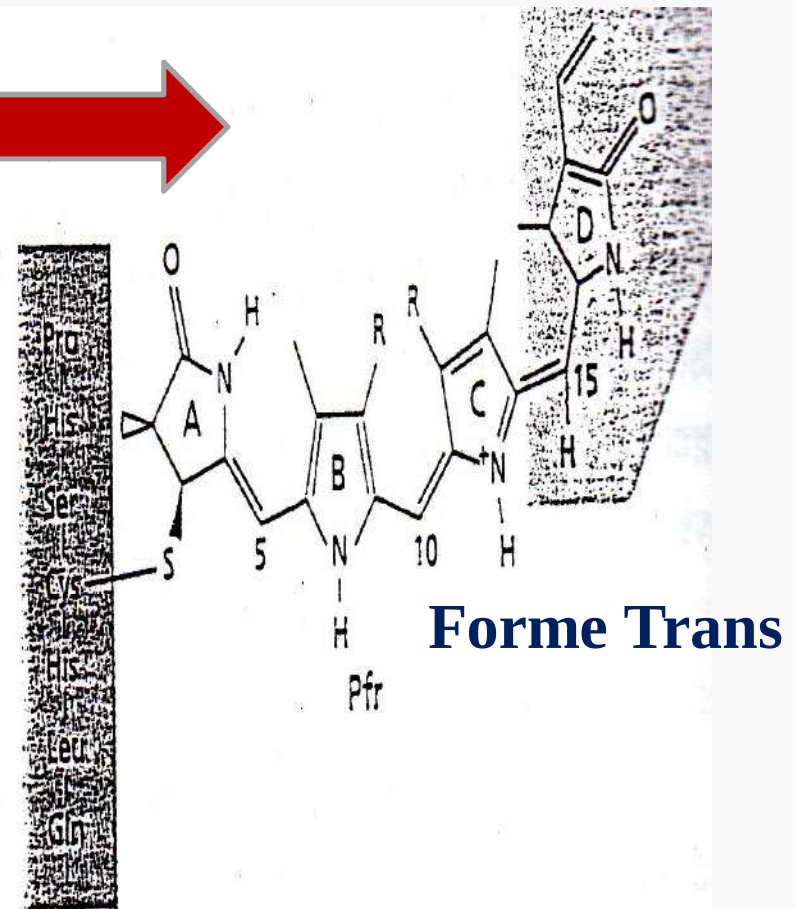
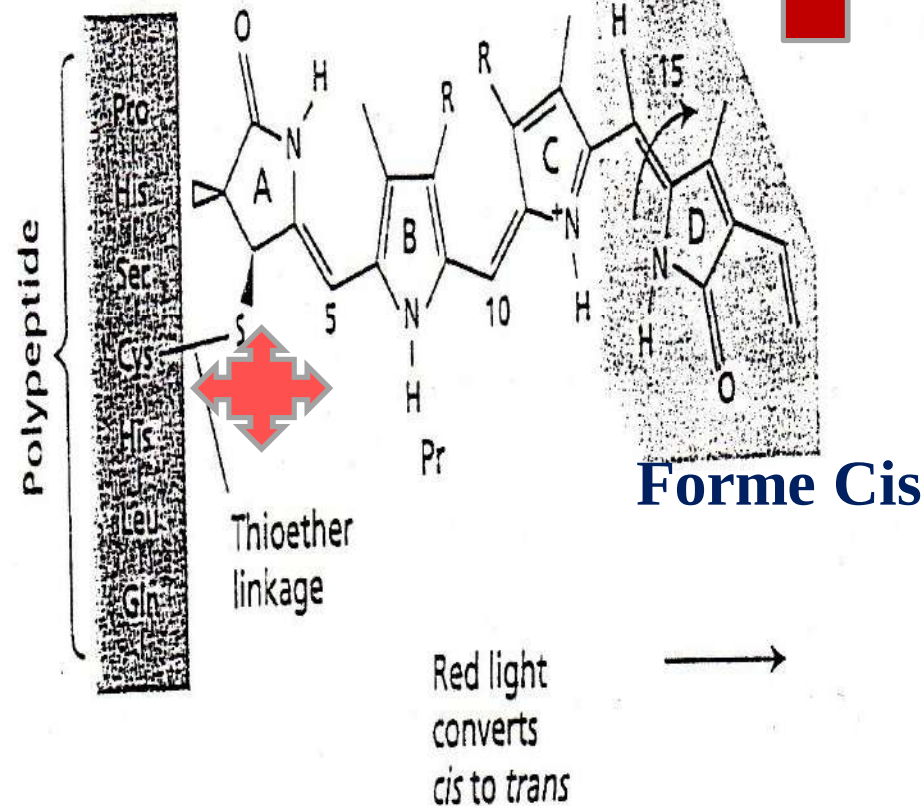
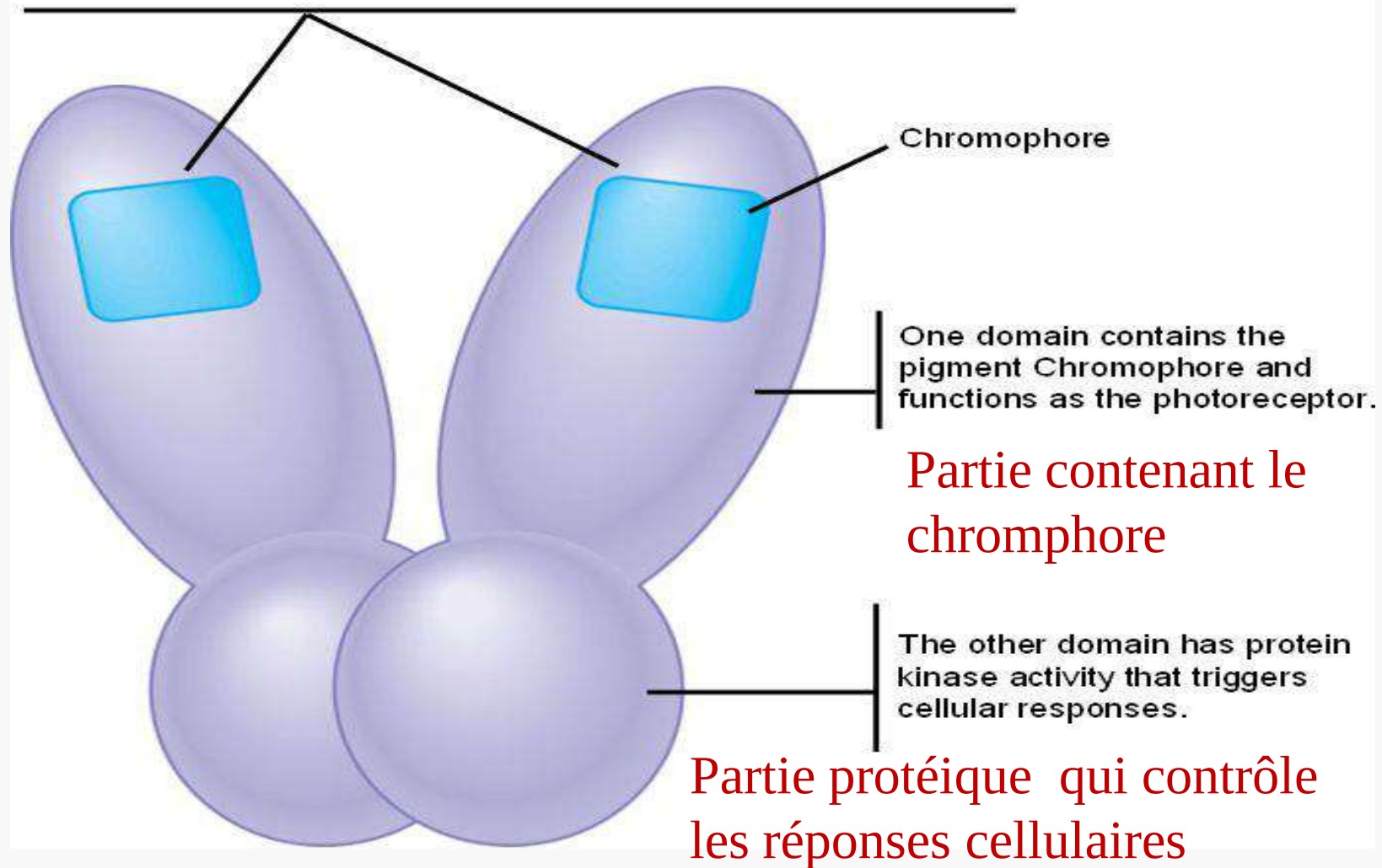


Fig 9: Structures des formes P660 et P730 du phytochrome

Le RC permet le changement de la molécule de la forme cis à la trans (Carbones 15 et 16)

A phytochrome consists of two proteins each with two domains.



Chromophore = structure qui peut changer de couleur selon la lumière: bleu vert (P 660) au vert lumière (P730)

Ce pigment est :

- soluble dans l'eau**
- peut être extrait et purifié de la même manière que les protéines**

**(broyage, précipitation,
centrifugation, chromatographie).**

- abondant dans les jeunes tissus
notamment au niveau des racines
et des tiges.

- Dans la plante il est synthétisé sous la forme P660 qui est inactive: c'est la forme initiale de synthèse

- Cette forme peut se transformer en P730 active en absorbant la lumière rouge clair (660).

- C'est la forme P730 qui déclenche les réponses physiologiques (Fig 8C)

Réversion enzymatique possible à l'obscurité (dégradation à l'obscurité)

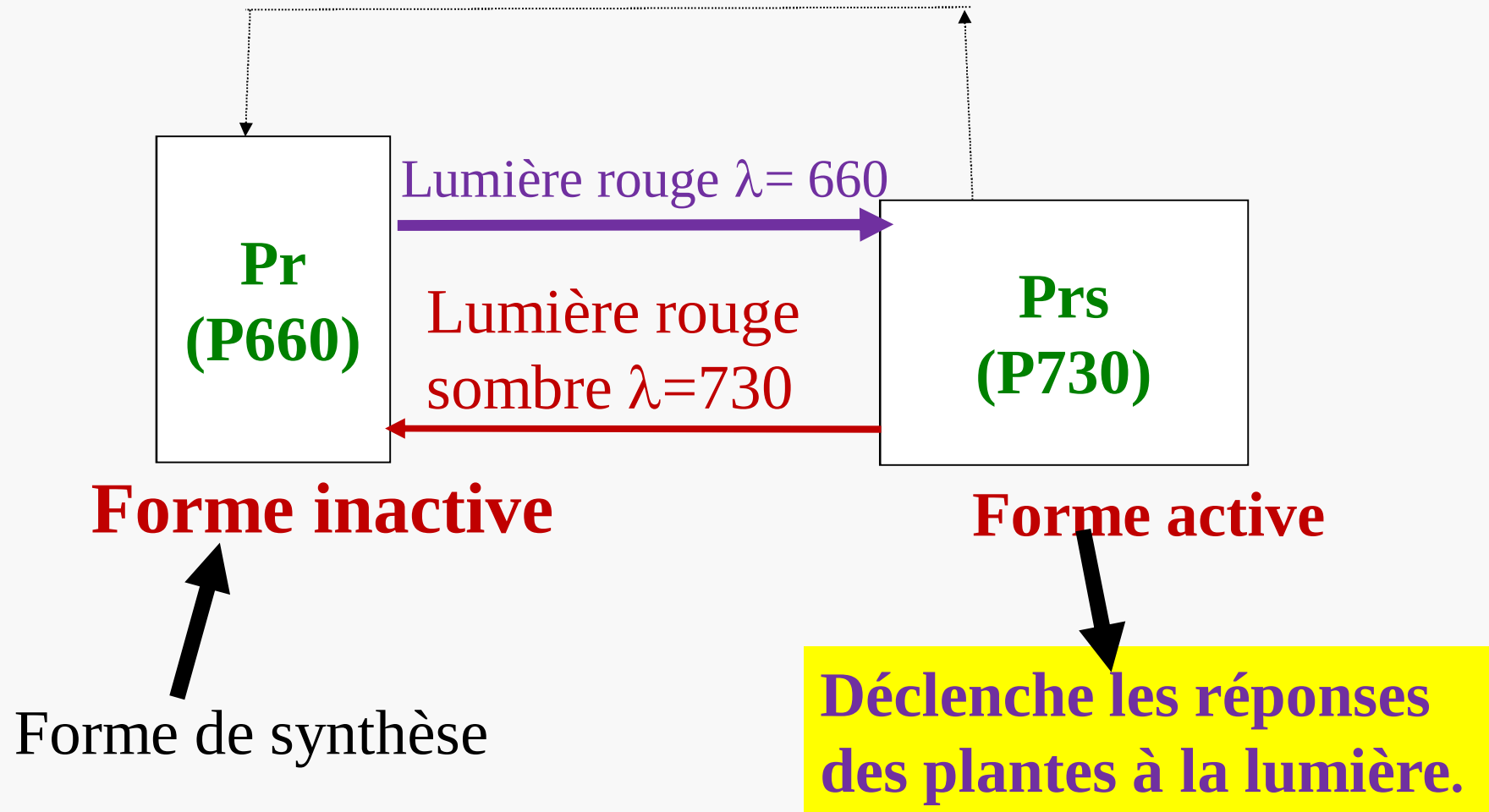


Fig 8 C

-La forme P730 (qui est toxique) est détruite continuellement au niveau de la cellule soit:

- en absorbant le rouge sombre ce qui la convertie en P660**

- soit en subissant une dégradation enzymatique pendant la nuit (Fig 8C).

Cette dégradation peut prendre une à plusieurs heures et elle est dépendante du:

- pH**
- la température (dénaturation par les températures élevées)**

Cependant pendant le jour:

**toutes les molécules P660 ne sont
pas transformées en P730:**

**Seulement 80% des molécules
sont transformées**

De même pendant la nuit, les molécules P730 ne sont pas toutes dégradées: il reste au moins 5% des molécules non dégradées

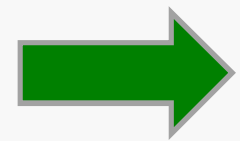
 **A chaque instant il y a une quantité de P730 active et une quantité de P660 non active que se soit pendant la nuit ou pendant le jour. On définit:**

**L'état photostationnaire ou Equilibre
photostationnaire =**

P730/ P total (ou P730/P660)

**Ce rapport peut varier de
0,8 à 0,02**

*selon les périodes de la
journée: début de journée ,
fin de journée, début de la
nuit , fin de nuit...*



La sensibilité des plantes à la lumière est variable selon la valeur exacte de ce rapport

Ex dans le cas de la germination des graines:

-Graines à Photosensibilité positive:
pauvres en P730: La lumière est
nécessaire pour la formation du
P730 donc pour la germination

**l'obscurité qui fait baisser le
taux du P730, empêche la
germination (ex
Laitue...majorité des
graines).**

- Les Graines à Photosensibilité indifférentes contiennent du P730, formé lors de la maturation des graines, en quantité suffisante (ex radis, blé, orge...plantes cultivées)

- Graines à photosensibilité négative : contiennent beaucoup de P730 à la limite de l'excès (ex le tabac).

La lumière en augmentant le taux du P730 induit une inhibition

➤ **la nature des réponses des plantes à la lumière est dépendante de:**

- 1. la qualité de l'éclairement et sa durée

2. l'état photostationnaire de la plante

(rapport: P_{730}/P_{total})

3. Localisation du Phytochrome

- **Très répandu chez les plantes vertes (algues aussi) mais n'existe pas chez les champignons.**

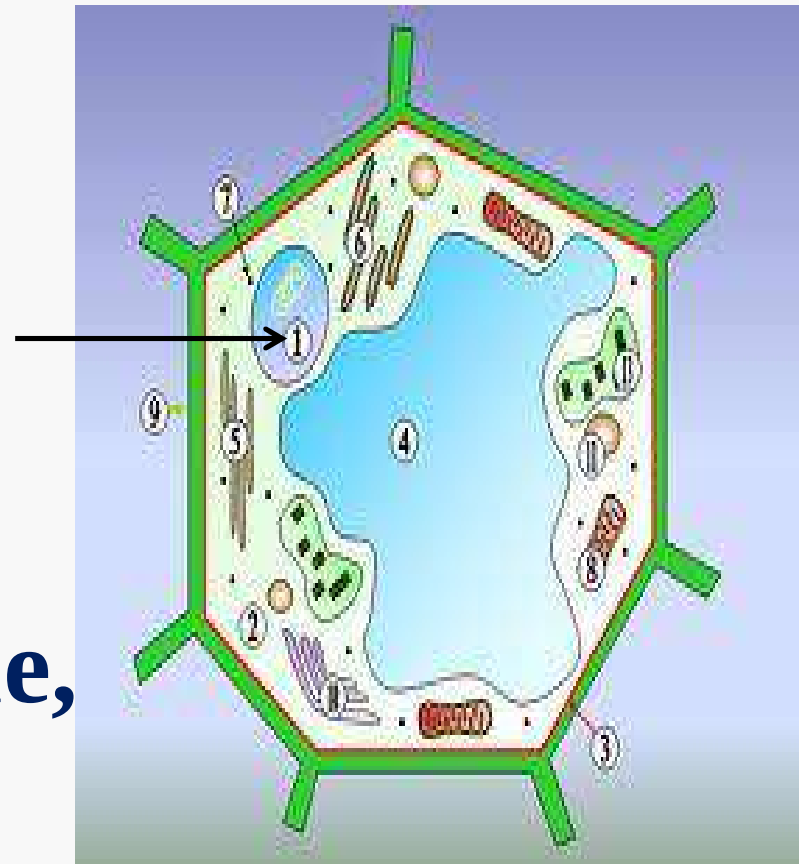
**Présent en quantités très
faibles: 10^{-7} M
: 1 p pour mille des protéines
totales.**

-Dans la plante le phytochrome est surtout localisé dans:

- les zones méristématiques des tiges et des racines.**
- l'embryon des graines.**

-Au niveau cellulaire on peut trouver le phytochrome dans plusieurs organites:

- noyau,**
- mitochondries,**
- chloroplastes,**
- membrane plasmique,**
- cytoplasme**



-1: noyau: 8 mitochondries

Ces localisations fines ont été déterminées grâce à l'utilisation des techniques spéciales comme la micro-spectrophotométrie, l'immunologie etc.

4. Rôles du phytochrome

**Plusieurs rôles dans le
développement des plantes:**

:

- **Germination des graines**
- **Rythmes de croissance**
- **La floraison chez les plantes de JL et les plantes de JC**
-

Principales réponses des plantes à la lumière impliquant le phytochrome

I . Réponses photopériodiques (dépendantes de la durée du jour/la nuit)

► **Floraison des espèces sensibles à la photopériode**

**(plantes de Jours courts ex des
chrysanthèmes et des plantes de
jours Longs ex l'iris**



Fleurs du Chrysanthème



Fleur de l'iris

- **Croissance végétative déclenchée par la photopériode (ex croissance des tiges et des feuilles)**



➤ **entrée en dormance des bourgeons (cas des ligneux: en automne: début des jours courts)**



Bourgeons d'Amandier

➤ **abscission des feuilles chez certaines plantes (ex plantes ligneuses à feuilles caduques)**

(en automne)



Feuilles en senescence

➤ **formation des tubercules chez
certaines plantes**

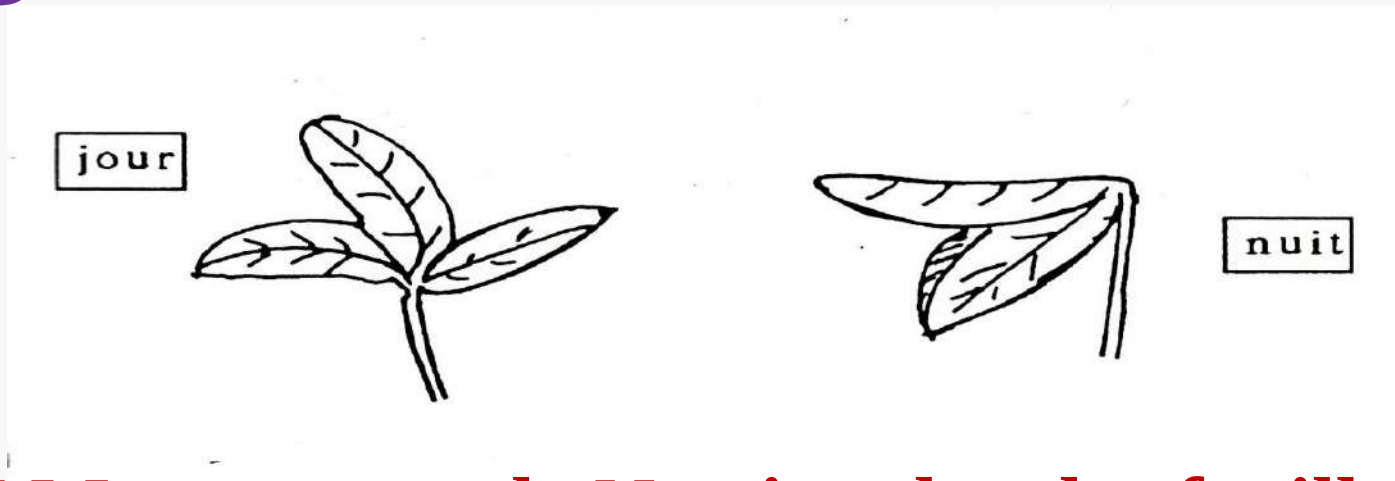
II Réponses non photopériodiques

A. Réponses morphogénétiques

- **Levée de l'étiollement des plantules**
(inhibition de la croissance des tiges)

- **Germination de certaines semences** (ex graines à photosensibilité positive et graines à photosensibilité négative)

- Mouvements de nastie chez les feuilles de certaines légumineuses



EX Mouvement de Nasties chez les feuilles de trèfle

B. Réponses non morphogénétiques

-B1: Stimulation de la synthèse d'enzymes et d'autres protéines:

***protéines structurales**

*** Ribulose 1-5 Biphosphate carboxylase
(Rupbcase: photosynthèse)**

*** enzymes mitochondriales (ex glutamate déshydrogénase)**

B2: Synthèse d'anthocyanes et de divers flavonoïdes chez des tissus variés (ex épiderme de moutarde)

B3: Stimulation de la synthèse des gibbérélines (= Phytohormones)

B4: Biosynthèse de la chlorophylle

5. Modes d'action du Phytochrome



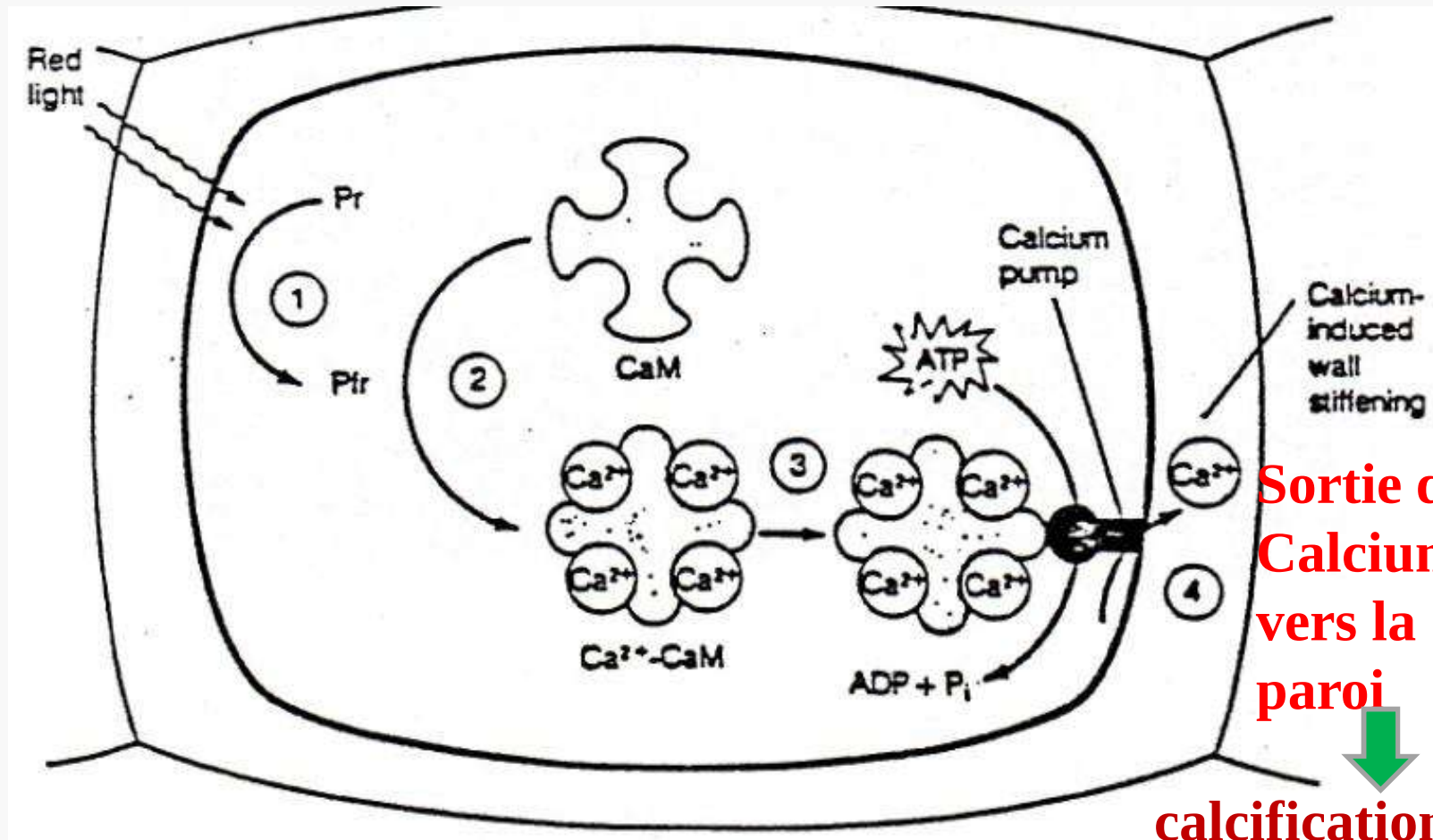
a. Action sur la perméabilité des membranes cellulaires

Le P730 déclenche un changement dans la perméabilité des membranes cellulaires :

Transport de certains éléments comme les cations K^+ : ouverture des canaux de K^+ ex lors des mouvements de nastie (ou de calcium)

- Le Phytochrome peut agir sur l'extensibilité de la paroi et inhiber la croissance des cellules (Fig 10):

: cas de l'inhibition de la croissance des tiges à la lumière



Sortie du Calcium vers la paroi

calcification de la paroi:

Fig 10: Modèle expliquant la régulation de l'extensibilité de la paroi par le phytochrome (CAM = Calmoduline)

b. Action sur l'activité des enzymes

***Le phytochrome déclenche
l'activation de certaines enzymes.
Selon le schéma suivant: fig
11***

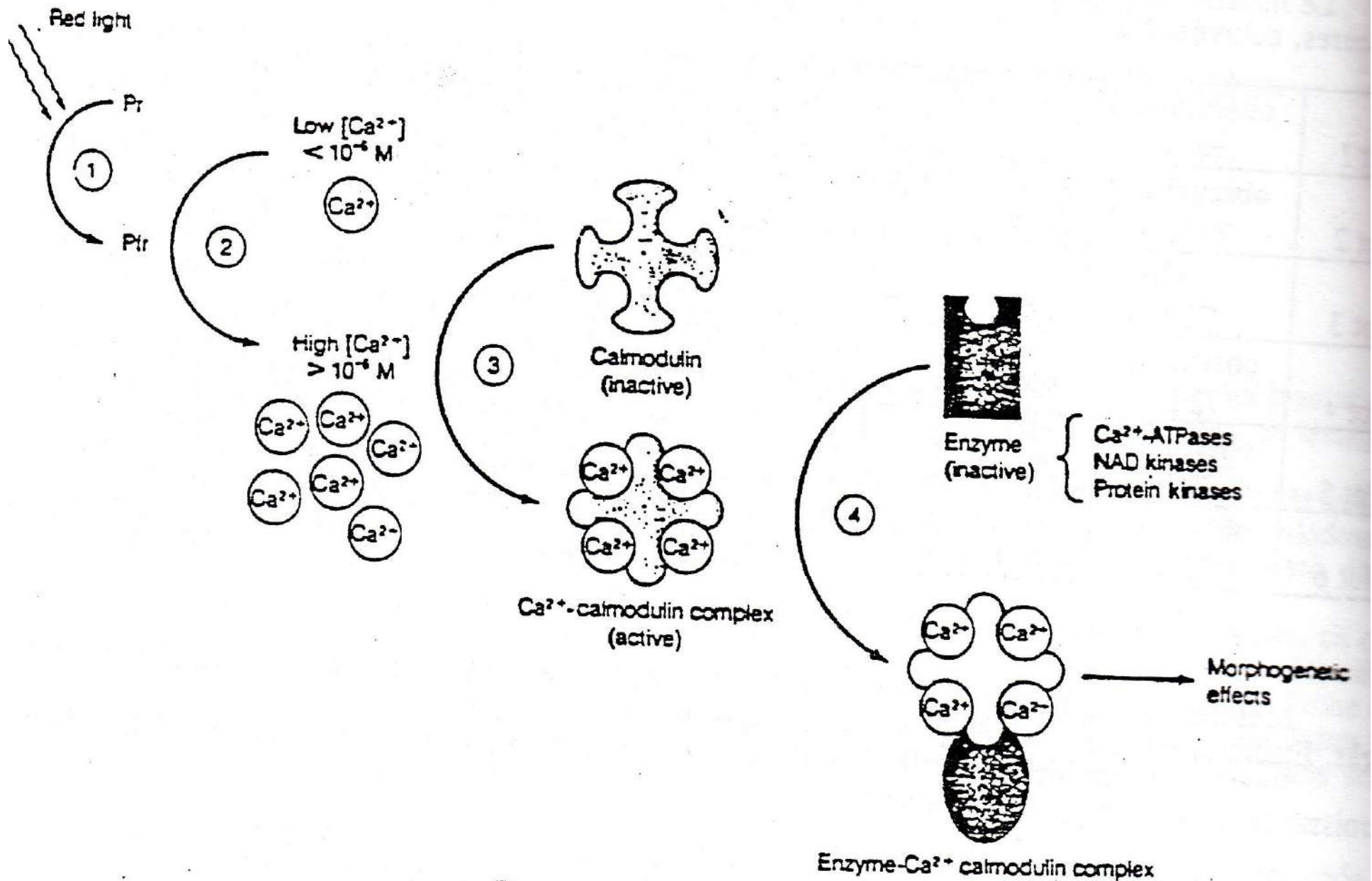


Fig 11 : Etapes d'activation des enzymes par le phytochrome

c. Activation de l'expression des gènes

La forme active du phytochrome (P730) déclenche l'expression de certains gènes qui régulent la synthèse d'enzymes spécifiques à des fonctions physiologiques:

Exemple: - Activation des gènes codant pour la synthèse de la RUBCASE.

Applications pratiques de la photomorphogénèse:

- Optimisation de la Germination des semences (Eclairements différents: production contrôlée de plants)**

- Contrôle de la Floraison

**: Avancer la floraison de certaines
plantes ex des chrysanthèmes ,
begonia (plantes de Jours Courts)
en salle de culture...**

**- Retarder la floraison (ex
betterave à sucre)**

I.2 . Action de la température Sur la croissance

-D'une manière générale:
les plantes peuvent vivre à
des température allant de
−5 °C jusqu'à 45°C .

-Exceptions:

- certains conifères qui supportent des températures de – 65°C**

➤ **certaines cactacées qui supportent des températures de 60°C.**

La croissance des plantes est optimale vers 27°- 30°C = températures qui favorisent la majorité des réactions métaboliques

(utilisées dans les salles de culture contrôlées).

Fig : 12

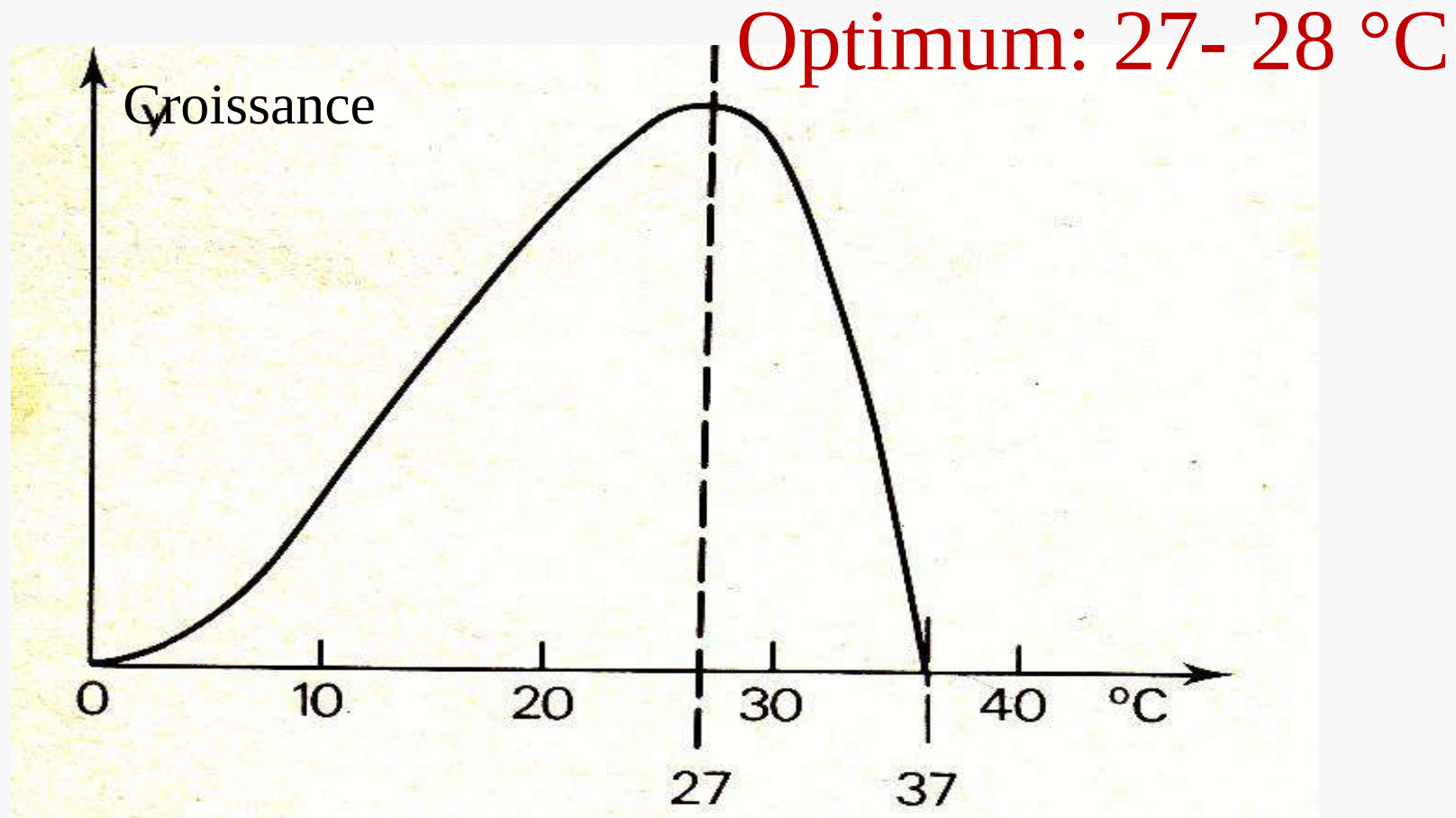


Fig 12 : Action de la température sur la croissance: exemple des plantules de moutarde.

**Une différence de
température entre le jour et
la nuit est favorable à la
croissance:
thermo –périodicité
(= phénomène naturel)**

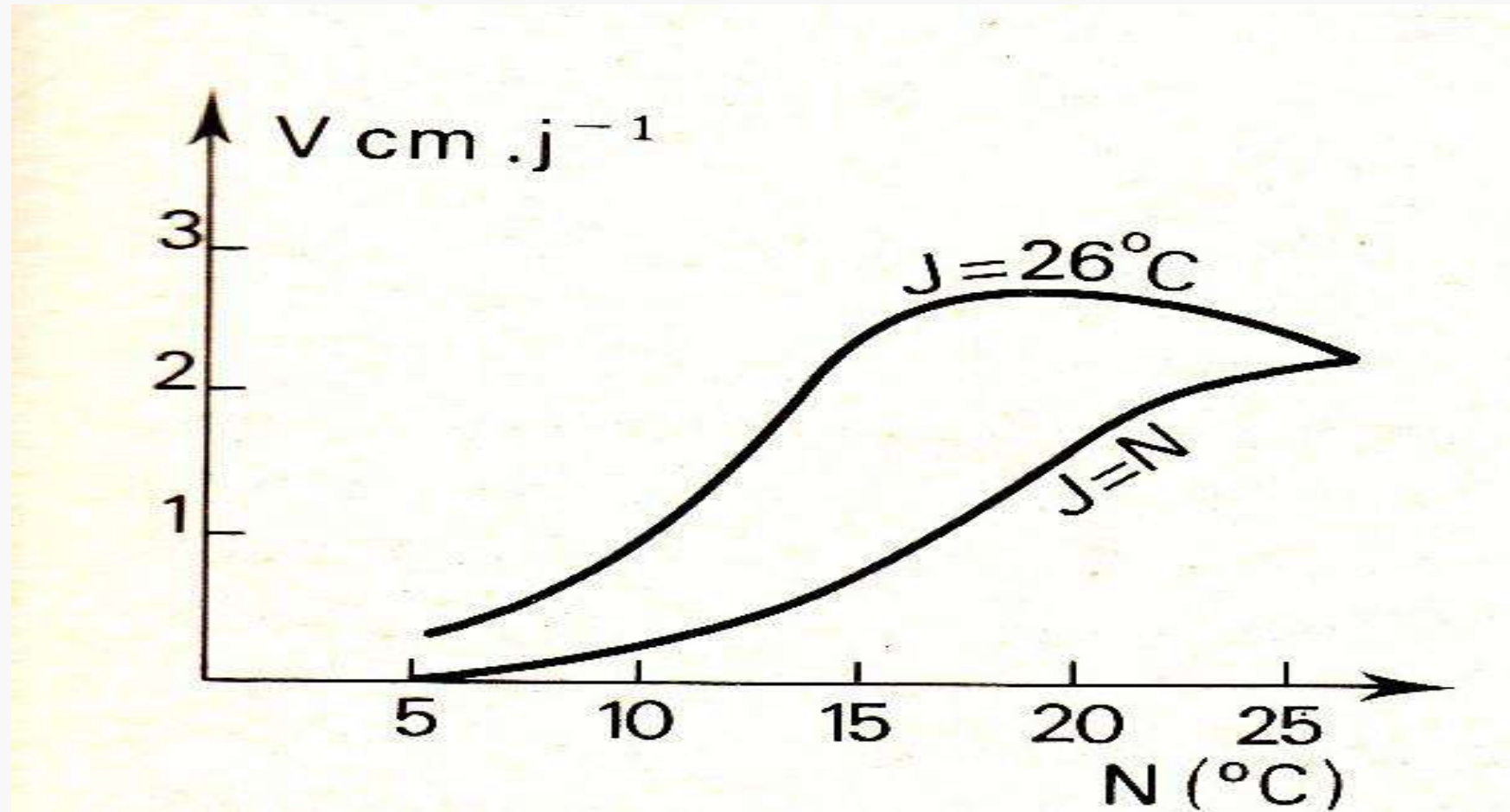


Fig 12' : Action de la thermopériodicité Sur la croissance: exemple des plantules de tomate

N= Nuit; J= Jour

Le froid ou bien la température élevée imposent une répartition des plantes selon leur adaptation à ces températures extrêmes.

**Les plantes résistantes au froid
sont en général caractérisées
par leur richesse en acides gras
insaturés**

Ces AG rendent les membranes moins cristallisables et retardent leur perturbation par le froid.

Rapport Acides Gras insaturés/ AG saturés:

Plantes tolérantes au froid

Plantes sensibles

Chou fleur: 3,2

Haricot: 2,8

Pois: 3,8

Maïs: 2,1

- L'adaptation aux températures élevées (ex chez les CAM= crassulacées) s'accompagne au contraire d'une plus grande richesse des membranes cellulaires en AG saturés



Ces AG rendent les membranes moins fluides et empêchent la modification de leur perméabilité et leur pertes d'ions.

Ex de températures limites:

Plantes	Températures
---------	--------------

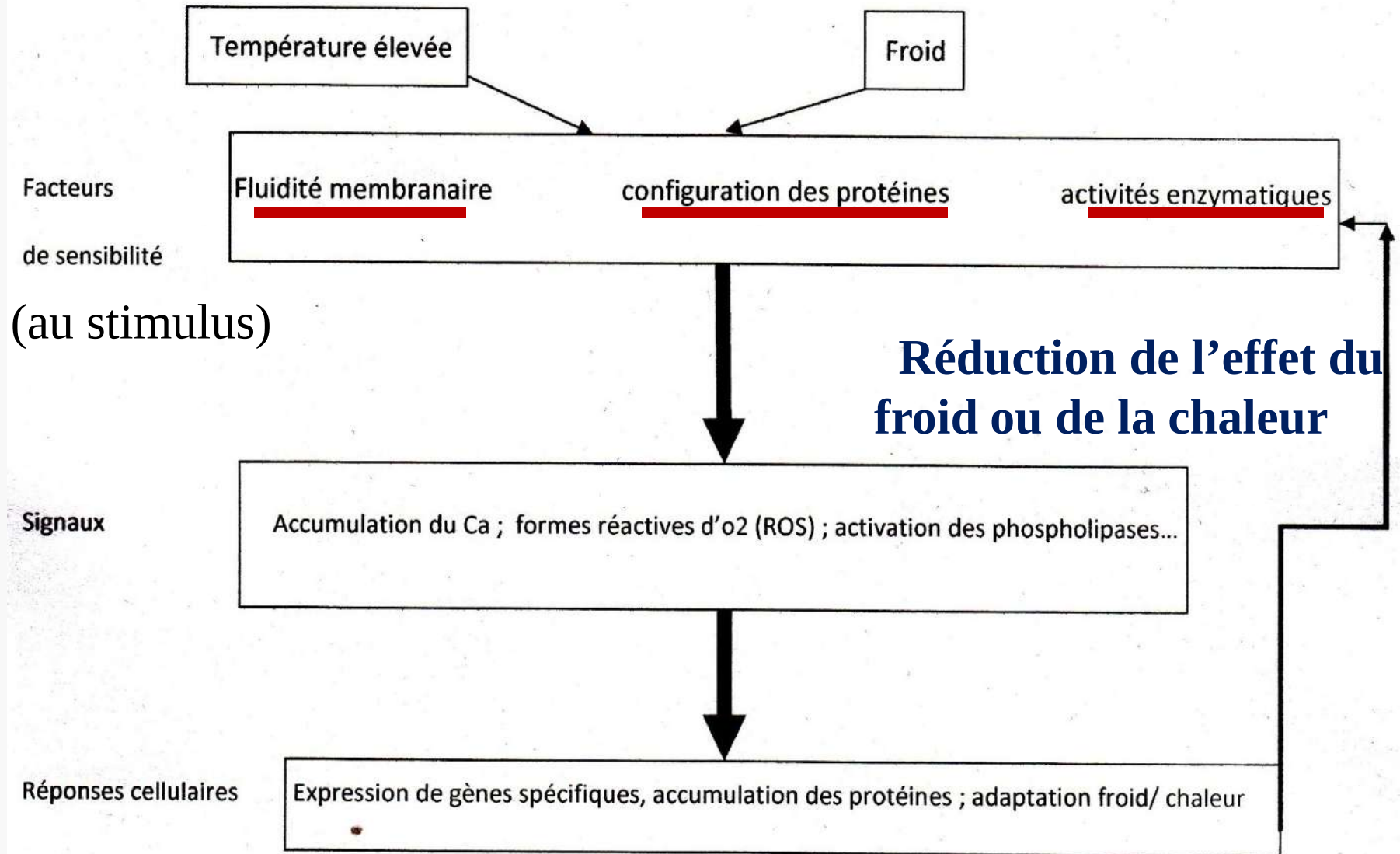
Maïs	49-51
------	-------

Opuntia	65
---------	----

Tomate	45
--------	----

**Les températures extrêmes =
stress abiotique qui
provoque chez les plantes
des mécanismes
physiologiques particuliers
leur permettant de
s'adapter:**

Schéma:



Représentation schématique simplifiée des événements liés aux réponses des plantes aux températures extrêmes (chaleur/froid).

*** ROS= Reactive oxygen species
= espèces réactives de l'oxygène.**

Ex H_2O_2 , O_2^- ...: très toxiques

*** Phospholipases= enzymes qui
dégradent les phospholipides**

II. Action des Facteurs internes

II.1. Rôle des Phytohormones:

**= molécules qui régulent la croissance
et le développement des plantes:**

Les principales sont:

- **l'auxine,**
- **les cytokinines,**
- **les gibberellines,**
- **l'acide abscissique,**
- **l'éthylène**
- **Autres**

(voir partie II)

II. 2. Corrélations morphogénétiques

**Le développement d'un organe
des autres organes: Interactions
entre organes = corrélations**

A. Cas des corrélations entre bourgeons

➤ **Dominance apicale:**

Le bourgeon terminal se développe et inhibe la croissance des bourgeons axillaires.

A l'observation des plantes trois cas extrêmes sont observés:

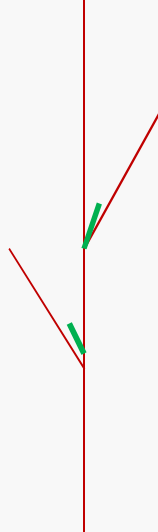
Niveaux de dominance apicale:

forte



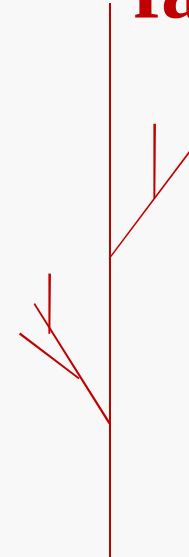
Base des feuilles vides
Ex: les conifères
Ex: le palmier

modérée



Petits bourgeons
À la base des feuilles
Ex : le petit pois

faible



Plantes ramifiées
Ex : l'olivier
: agrumes

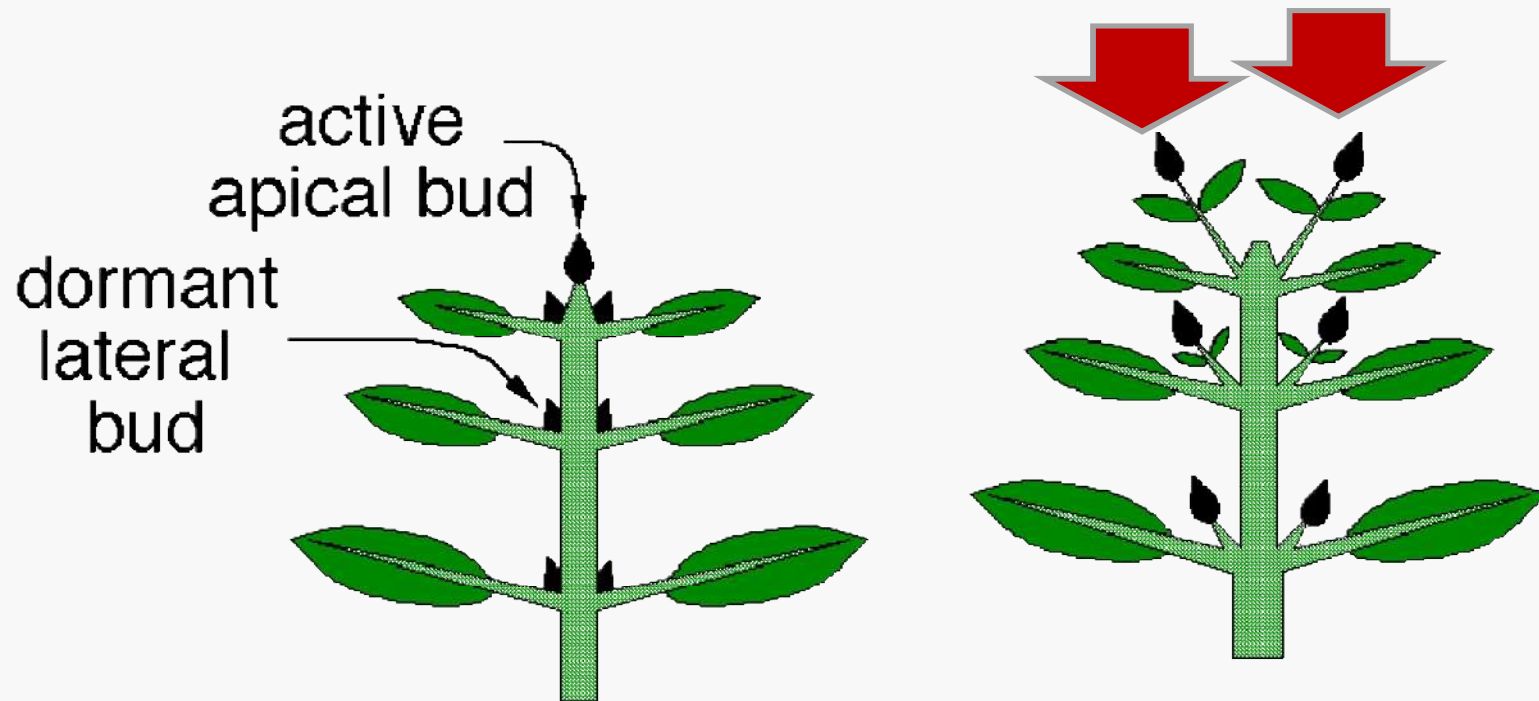
Fig 14

Dans le cas d'une Dominance Apicale ex chez le petit pois seul l'apex est en activité (engendre des feuilles, des entre-noeuds...). Les bourgeons à l'aisselle des feuilles sont inhibés.



Bourgeon terminal
dominant

- Si on coupe l'apex le
bourgeon le plus proche se
développe et prend la relève



Mécanisme de la dominance apicale

➤ Nature trophique:

Lorsqu'une plante est bien nourrie la dominance apicale diminue.

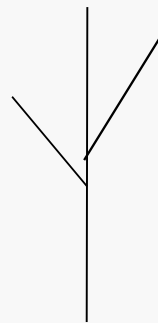
Ex:

- Des cultures *in vitro* de petit pois: développent plusieurs ramifications sur un milieu de culture riche en azote et en carbone.



Nombreuses ramifications

- Dans un milieu pauvre en azote et en carbone il y a croissance de quelques rameaux seulement qui dominent les autres.



Peu de ramifications

➤ Nature hormonale

- L'auxine synthétisée dans le bourgeon terminal se déplace vers la base et inhibe le développement des bourgeons axillaires (fig 15).

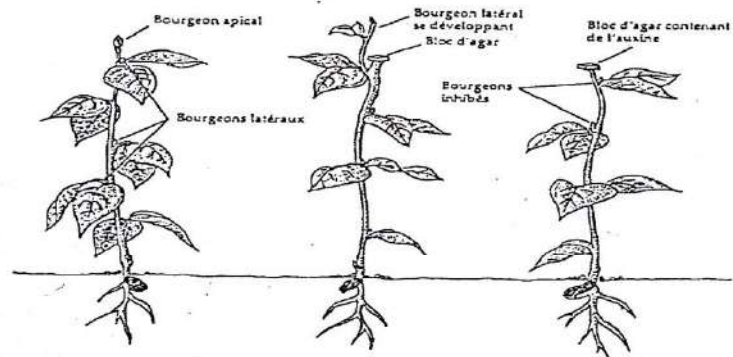


Fig. 6 Rôle de l'auxine dans la dominance apicale

- (a) Dans les plantes intactes, les bourgeons latéraux sont inhibés par le bourgeon apical. (b) Plante décapitée. Un bloc d'agar (sans auxine) est déposé sur la coupure. Les bourgeons se développent. (c) Un bloc d'agar contenant de l'auxine est déposé au moment de la décapitation. Les bourgeons ne se développent pas.

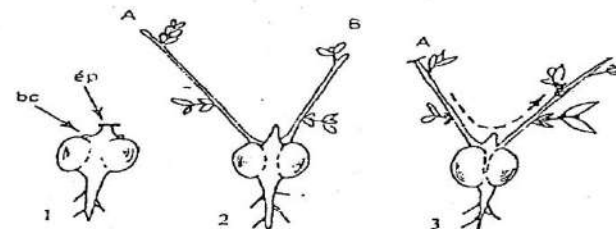
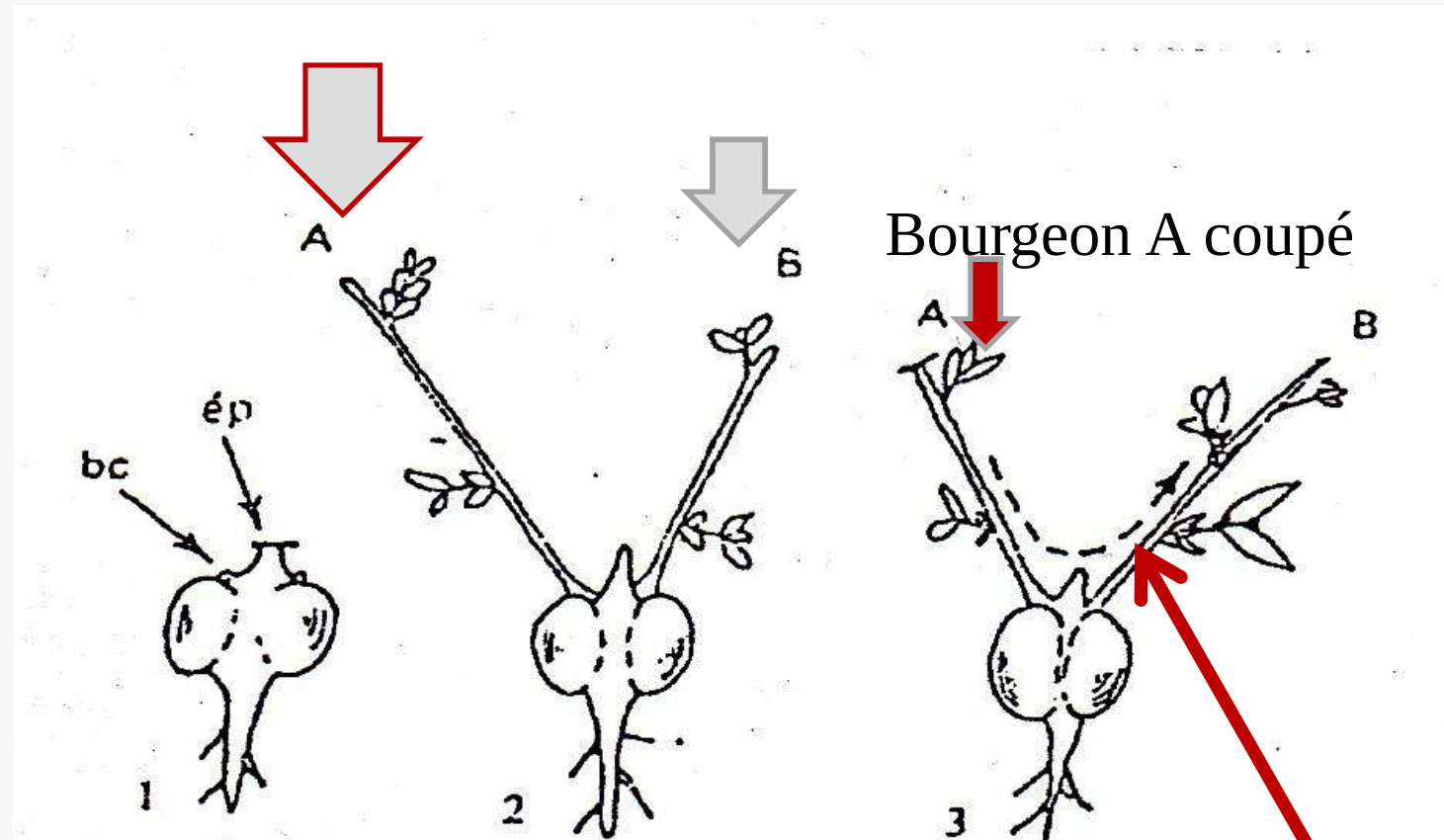


Fig. 7 Circulation non polarisée du facteur d'inhibition émis par le bourgeon apical : expérience de SNOW (1938). 1. La résection de l'épicotyle (ép) d'une jeune plantule de Fève lève l'inhibition des deux bourgeons axillaires cotylédonaux (bc). 2. Deux pousses se développent, mais l'une (A) prend rapidement le pas sur l'autre (B), dont le bourgeon cesse de se développer. 3. La décapitation de A permet la reprise de B, ce qui prouve que c'était bien l'apex de A qui inhibait l'apex de B ; la circulation de l'inhibiteur (en tirets) n'est donc pas polarisée.

➤ **Autres phytohormones:**

**Expériences de Snow (Fig 16):
sur des plantules de Fève**



**Bourgeon
apical coupé**

**Développement
des 2 bgs axillaires**

**Circulation non polarisé de
l'inhibiteur: autre que
l'auxine: Ex l'Ethylène**

Fig: 17

**- Les cytokinines appliquées
au niveau des bourgeons
axillaires réduisent la
dominance apicale (fig 18)**

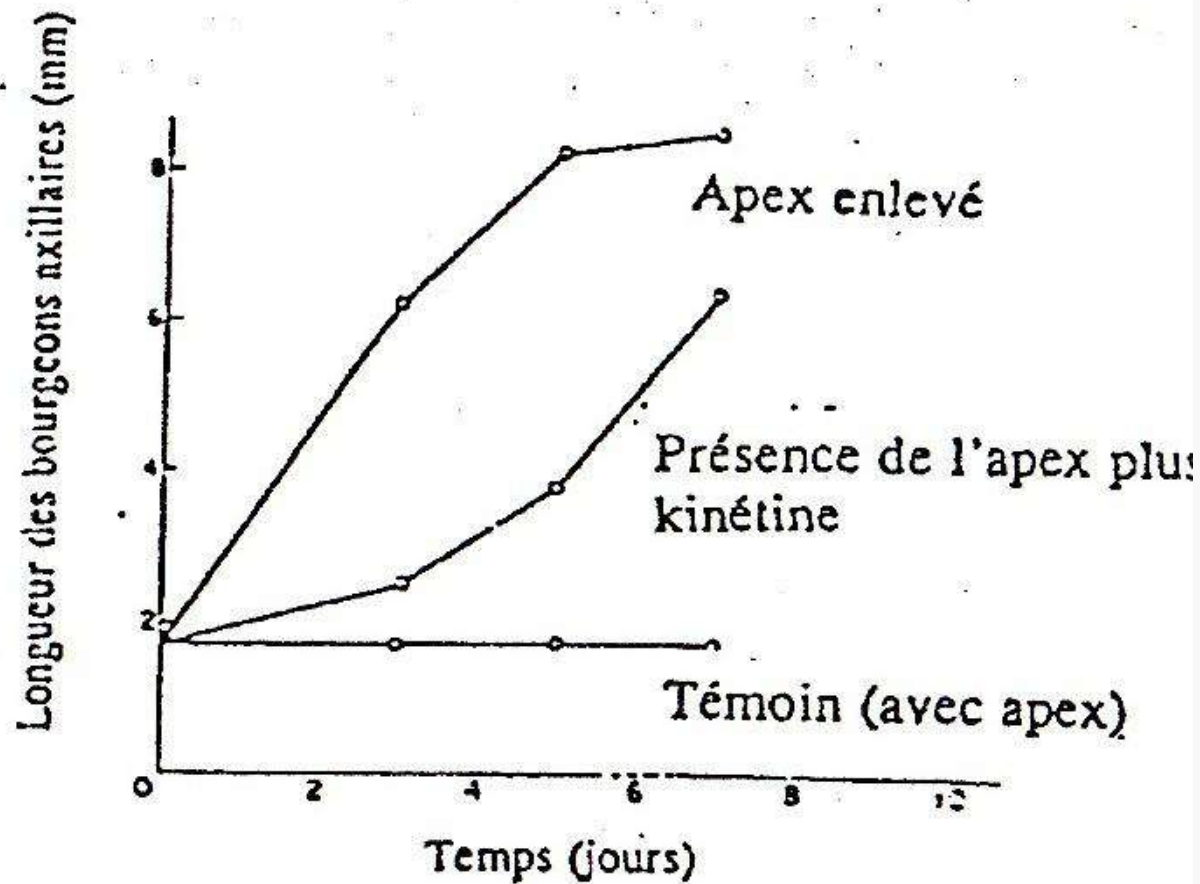


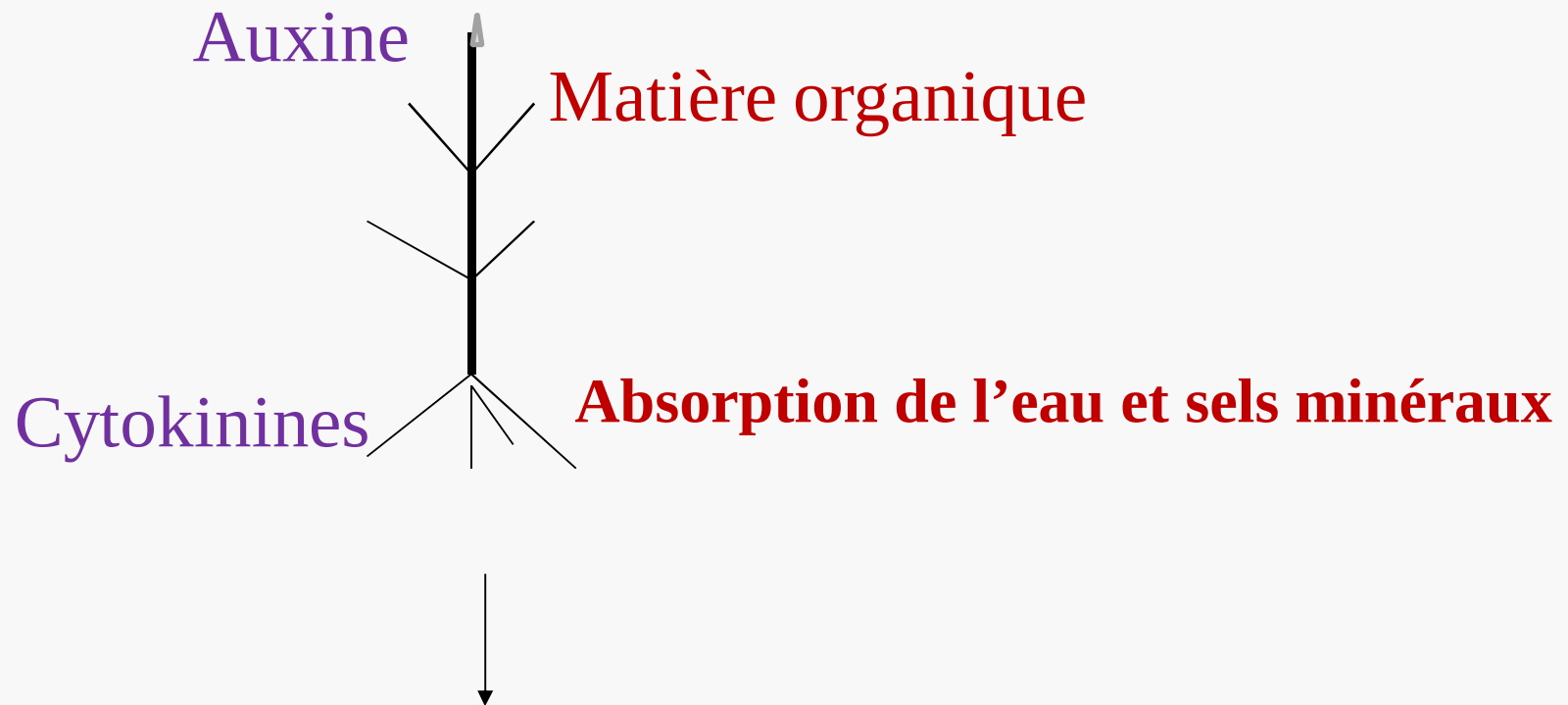
Fig 18: Croissance des bgs axillaires en présence de la Kinétine

**D'où l'importance du rapport: Auxine/
cytokinines**

Conséquences des corrélations:

- **Détermination de la forme des plantes**
- **Application agronomique très importante (fig 20): Taille des arbres**

B. Corrélations entre les racines et la partie aérienne



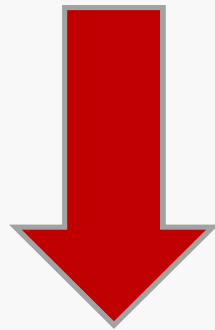
**Entre les deux parties il y a des
corrélations trophiques & des
corrélations hormonales**

➤ **La réduction du système
aérien permet un
développement correct des
racines et vis versa
(application en culture *in
vitro*)**

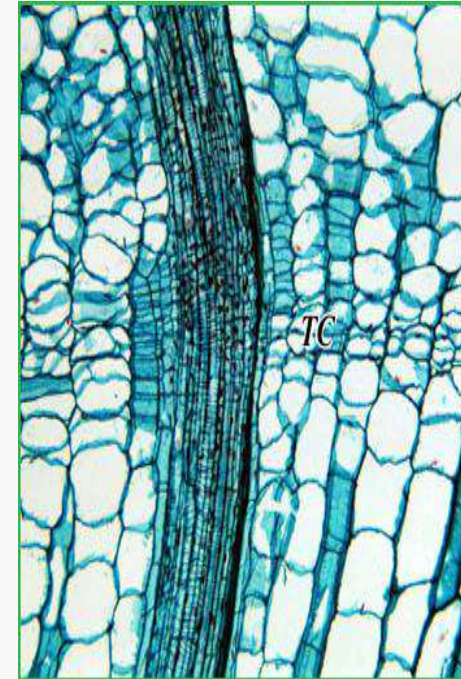
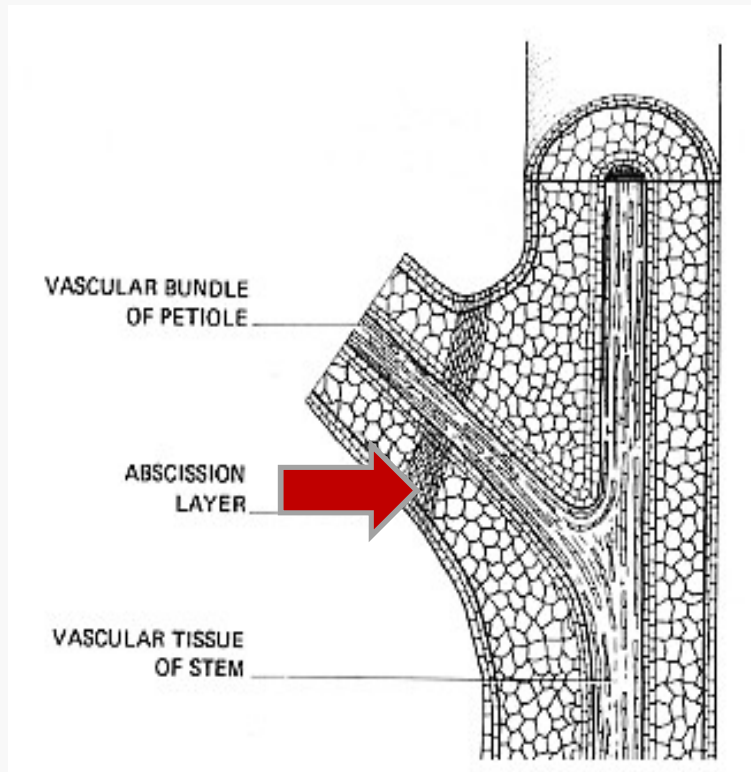
C. L'abscission des feuilles (sénescence des feuilles)

Fig: 21

**Formation d'une zone
d'abscission au
niveau du pétiole**



tombée des feuilles



Formation d'une zone d'abscission à la base du pétiole

➤ **Rôle de l'auxine**

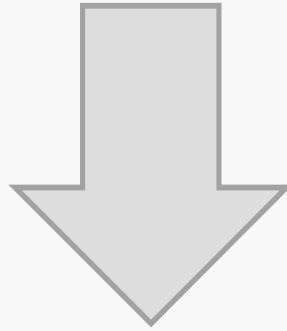
**a. Lorsque les feuilles sont jeunes:
l'auxine accumulée à faible dose
inhibe la formation de la zone
d'abscission**

**(cette auxine provient de l'apex et des jeunes
feuilles)**

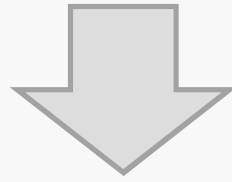
Fig 20:

❖ Rôle de l'éthylène et de l'ABA

Lorsque les feuilles deviennent âgées: l'accumulation de l'auxine à forte dose déclenche la formation de l'éthylène (C₂H₄).



**Synthèse d'enzymes comme
les pectinases et les cellulases
au niveau des pétioles:
dégradation des parois
cellulaires et mort des cellules**



Chute des feuilles

➤ **Au niveau des feuilles âgées, il y a aussi une synthèse de l'acide abscissique qui peut également favoriser la sénescence**

❖ Rôle des cytokinines

Les cytokinines retardent au contraire la sénescence des feuilles en favorisant la mobilisation des éléments nutritifs et en retardant la dégradation des pigments (voir TP)

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

