

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider, Biskra
Faculté des Sciences Exactes et Sciences
de la Nature et de la Vie
Département de Sciences de la Nature et de la Vie



Filière : **Sciences Biologiques**
Option : **Biologie et Physiologie Végétale**

COURS DE

ONTOGENESE DES PLANTES SUPERIEURES

Responsable de la Matière

SIMOZRAG Ahmed

Maitre de conférences

Pour les étudiants de Licence en

Biologie et Physiologie Végétale

2019 / 2020

Unité d'enseignement fondamentale 1 (UEF 3.2.1) : Biologie du développement
Crédits : 5 Coefficient : 3

TABLE DE MATIERES

CHAPITRE 1. INTRODUCTION & RAPPELS

Etat méristématique

La différenciation cellulaire

La dédifférenciation cellulaire

La fécondation chez les Angiospermes

CHAPITRE 2. LES ETAPES DU DEVELOPPEMENT DU VEGETAL

1. L'embryogenèse

1.1. Segmentation du zygote

1.2. Formation de l'embryon

2. L'état végétatif

2.1. Structure du méristème caulinaire

2.1.1. Fonctionnement du méristème caulinaire

2.1.2. Ontogenèse des feuilles

2.1.3. La phyllotaxie

2.1.4. Ontogenèse des bourgeons axillaires

2.1.5. Notion de phytomères végétatifs

2.1.6. Notions de polarité

2.1.7. Notions de symétrie

2.2. Structure et fonctionnement du méristème racinaire

3. Rôle des hormones et des facteurs environnementaux sur la morphogénèse

3.1. Définition des phytohormones

3.2. Facteurs du milieu : La lumière. La température. Quelques autres facteurs

4. L'état reproducteur

4.1. Facteurs de répression et d'expression de l'état reproducteur

4.2. Les différentes étapes du passage à l'état reproducteur

4.3. Réorganisation du méristème caulinaire

CHAPITRE 3. LE CONCEPT D'ARCHITECTURE DES VEGETAUX

1. Modes de croissance et de ramification

2. Concepts et modèles en architecture des plantes

CHAPITRE 4. SENESCENCE ET ABSCISSION

1. Les manifestations de la sénescence

2. Abscission

CHAPITRE 2. LES ETAPES DU DEVELOPPEMENT DU VEGETAL

4.1.2. تكوين البرعم الإبطي :Ontogenèse des Bourgeons Axillaires

يوجد هذا البرعم في إبط كل ورقة، يؤدي نشاطه الى تكوين التفرع الجانبي للساق وقد يؤدي الى تكوين ازهار او نورات او فروع خضرية.

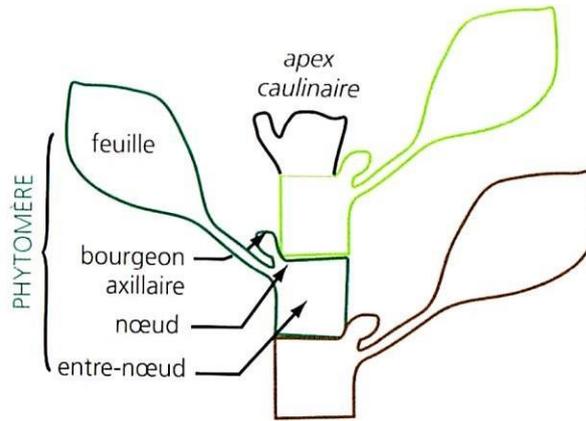
إذا اتلف البرعم الطرفي *méristème caulinaire* او ازيل فان البراعم الإبطية تنمو مباشرة لتعطي فروعاً جانبية. يتم تشكل البراعم الإبطية من الأنسجة المرستيمية القمية للساق وبالتالي فهي مرتبطة بالمرستيم القمي.



شكل 7: شكل المرستيم الإبطي عند *Coleus*

5.1.2. مفهوم الـ Phytomère

هو تنظيم متكرر يلاحظ على ساق النبات يتكون من ورقة وبرعم إبطي والمسافة بين البراعم (*entre-nœud*)، يختلف هذا التنظيم (الساق الورقية) حسب الأنواع النباتية.



شكل 8: تنظيم متكرر لساق مورق

6.1.2. مفهوم القطبية :Polarité

تبدأ مبكراً عند الانقسامات الأولية للزيجوت، تتمثل في اختلافات في تركيب العضيات الخلوية وتوجهها داخل الخلية يؤدي الى ظهور مناطق مستقطبة كهربياً polarisé وبالتالي نستطيع ان نشبه النبتة او قسم منها بالمغناطيس الذي يتميز بوجود قطبين ذو مميزات مختلفة، لذلك نقول ان النبات مركز قطبية ولهذه القطبية نتائج مورفولوجية. في النبتة او الجنين او العقلة وفي الانسجة توجد قطبية، لكن يمكن حدوث تغيير للقطبية وهذا في الظروف الاصطناعية.

7.1.2. مفهوم التناظر Symétrie:

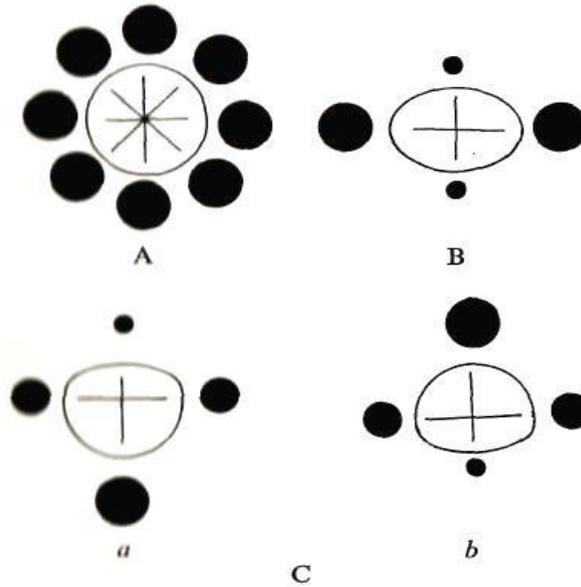
مما يميز معظم النباتات والحيوانات وجود محور تناظر وهو مرتبط مباشرة بمفهوم القطبية الناتجة من التوزيع المتماثل للانسجة أو الأعضاء حول محور واحد أو أكثر وفقاً لمخطط معين.

- **التناظر:** ويعتبر نادر الحدوث في الطبيعة.

1- **التناظر الشعاعي Symétrie Radiale:** كما هو الحال في الجذور والسيقان الرئيسية حيث تتوزع النسيج والأعضاء الجانبية في عدة محاور يوجد عموماً عند الطحالب والفطريات والنباتات الراقية. (شكل A-9)

2- **التناظر الجانبي Symétrie Bilatérale:** يتصف بوجود مستويين فقط للناظر يكونان متعامدين مثل الصبار. (شكل B-9)

3- **التناظر الجانبي الظهرى البطني Symétrie Dorsiventrale:** يتميز بوجود مستوى واحد للتناظر ينقسم المحور الى قسمين متماثلين ايمن وايسر إلا ان الوجه البطني Hypotone (شكل C/a-9) لا يماثل الوجه الظهرى Epitone (شكل C/b-9).



A. Symétrie radiaire ; B. Symétrie bilatérale ; C. Symétrie dorsiventrale :
a) hypotone, b) épitone (d'après TROLL).

شكل 9: رسم تخطيطي للأنواع الرئيسية للتناظر عند النباتات

2.2. تركيب ونشاط المرستيم الجذري Structure et fonctionnement du méristème racinaire:

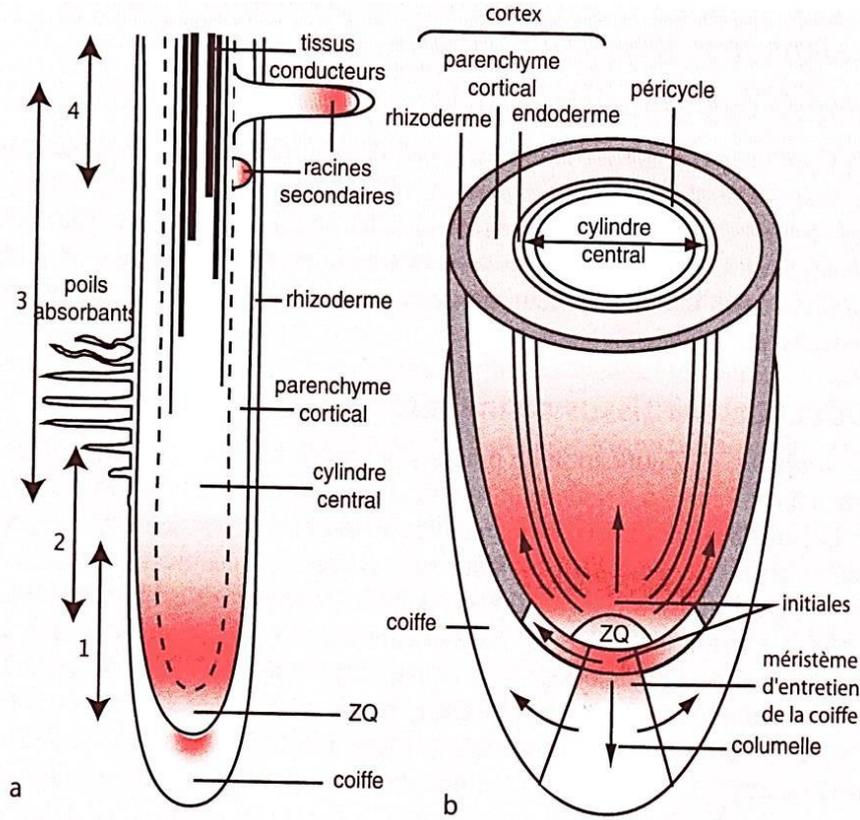
أبسط بكثير من المرستيم الساقى.

- يعتبر المرستيم الجذري محور غير متفرع لا توجد فيه تمديدات جانبية مباشرة حول القمة الطرفية.

- الجذور الجانبية تظهر دائماً وعادة بعيدة نوعاً ما عن القمة المرستيمية.

- يتميز هذا المحور من الناحية السيتولوجية بمجموعات خلوية طويلة.

- التفرع الجانبي للجذور: المرستيمات التي تتسبب في نشأة الجذور الثانوية تتميز في أنسجة داخلية (الكامبيوم في ثنائية الفلقة و péricycle في أحادية الفلقة) هذه العملية تشترط تمايز عكسي لهذه الأنسجة وانشاء كتلة مرستيمية التي تبرز الى الخارج بعدة طبقات متتالية.



- (a) Vue générale de la racine. Le développement de la racine se décompose en plusieurs étapes successives localisées dans des zones de la racine : de bas en haut, la zone de divisions cellulaires (1), la zone d'élongation (2), la zone de différenciation cellulaire (3) et la zone d'organogenèse ou de maturation (4) où il y a émergence des racines secondaires.
- (b) Détail de l'apex racinaire et du méristème. Le cortex racinaire est composé du rhizoderme, du parenchyme cortical et de l'endoderme. Le cylindre central est constitué du péricycle et des tissus conducteurs.

شكل 10: شكل المرستيم الجذري عند كاسيات البذور ثنائية الفلقة

3. دور الهرمونات والعوامل البيئية على التشكل النباتي:

1. Rôle des hormones et des facteurs environnementaux sur la morphogénèse

1.1. Définition des phytohormones

Les hormones végétales sont des substances biochimiques d'origine endogène (fabriquées dans le végétal) qui circulent dans la plante dans des directions précises et vers des points précis. Ce sont des messagers qui, vecteurs d'une ou plusieurs informations, sont destinés à provoquer une réaction dans une région donnée, en réponse à un stimulus externe ou interne, c'est le cas, par exemple, des phénomènes de tropisme où la plante semble se « tourner vers la lumière » ; la lumière (stimulus externe) induit en effet, par l'intermédiaire des hormones, une croissance inégale qui permet aux feuilles d'être le plus possible exposées, c'est encore le cas de la dominance apicale où l'on observe une inhibition du développement des bourgeons axillaires et une croissance forte (stimulus interne) du bourgeon apical.

- La principale et la plus connue des hormones végétales est l'auxine, elle peut parfois agir seule, mais elle est souvent associée à d'autres hormones végétales. Les gibbérellines, les cytokinines, l'éthylène ou l'acide abscissique interviennent dans de nombreux phénomènes tout aussi importants que ceux déterminés par l'auxine : ce sont la dormance, la chute des fruits, la chute des feuilles, etc. (Figure 11 et Tableau 1).

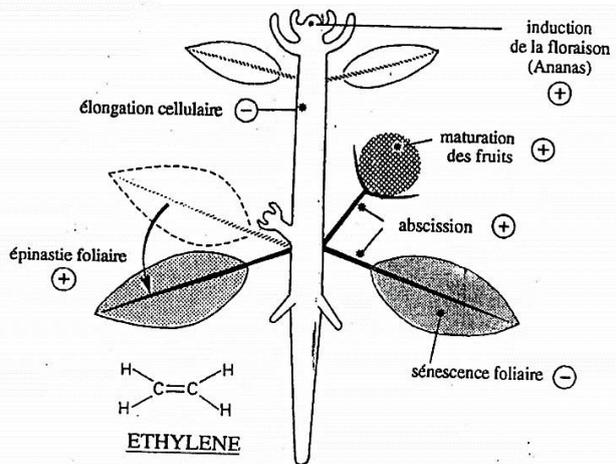
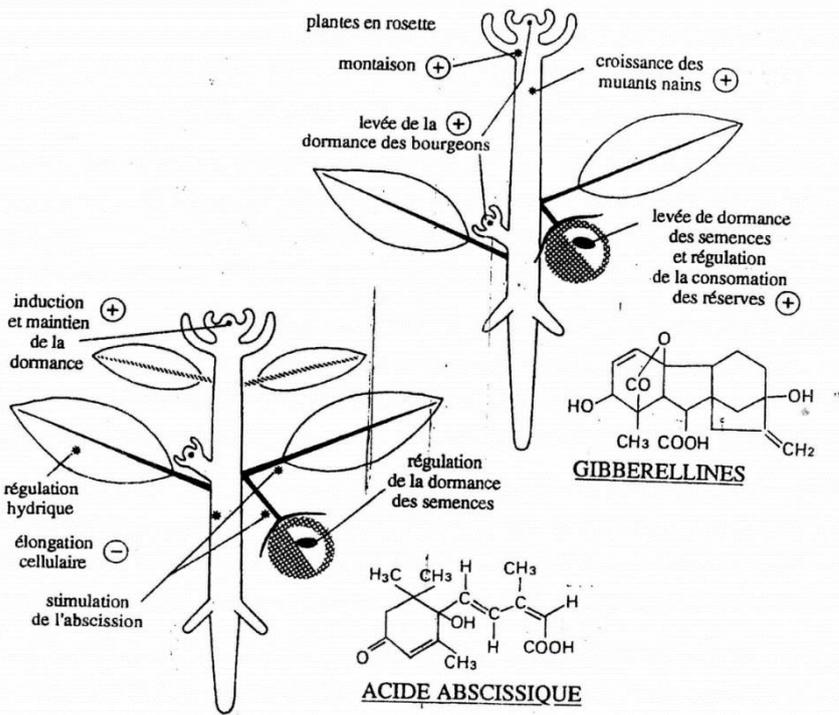
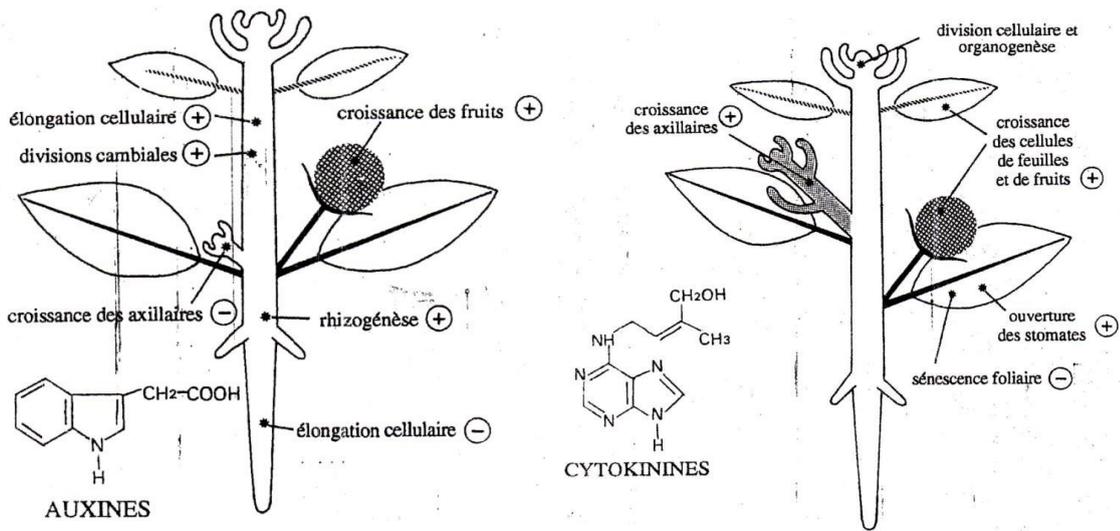
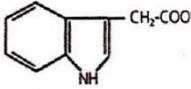
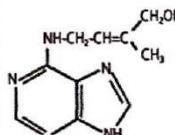
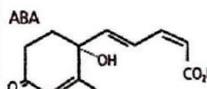
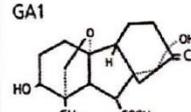
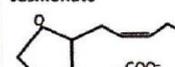
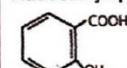
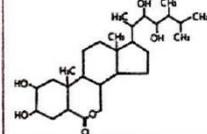


Figure 10. Schéma de l'effet de différentes phytohormones sur les phénomènes physiologiques

Tableau 1. Principales caractéristiques des phytohormones d'angiospermes

■ : stimulation ; ■ : inhibition.

Phytohormones	Biosynthèse et transport	Effets biologiques
Auxine (AIA : acide indolacétique) 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse connue à partir du tryptophane, dans les feuilles jeunes, les primordiums et les graines en développement, mais d'autres voies de synthèse existent. • Transport polarisé de cellule à cellule et transport à longue distance par le phloème. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Élongation cellulaire caulinaire ■ Activité cambiale ■ Croissance des fleurs et des fruits ■ Rhizogenèse (racines adventives) ■ Dominance apicale ■ Élongation cellulaire racinaire ■ Abscission ■ Floraison de certaines espèces
Cytokinines (CK) Zéatine : 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse par la voie des terpènes à partir d'un précurseur en C5. • Les cytokinines sont des dérivés de l'adénine (ATP) avec un groupement isoprène en position N⁶. • Synthèse dans les tissus jeunes ou méristématiques (apex racinaires, bourgeons, cambium, graines en développement). • Transport par le xylème. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Croissance cellulaire des feuilles, des fruits, des bourgeons axillaires ■ Division cellulaire, organogénèse ■ Ouverture des stomates ■ Floraison de certaines espèces ■ Sénescence foliaire ■ Dominance apicale
Éthylène Gaz C ₂ H ₄ H ₂ C = CH ₂	<ul style="list-style-type: none"> • Synthétisé à partir de la méthionine dans les tissus sénescents ou soumis à un stress. • Transport par diffusion. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maturation des fruits ■ Abscission (feuille, fruit) ■ Sénescence (feuille, fleur) ■ Ouverture des fleurs ■ Élongation cellulaire caulinaire et racinaire
Acide abscissique (ABA) ABA 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse par la voie des terpènes à partir d'un précurseur en C40. • L'ABA est un sesquiterpène synthétisé à partir des caroténoïdes du plaste (voie non mévalonique) dans les feuilles matures en réponse à des stress abiotiques, les tiges, les racines, les graines et fruits en développement). • Transport par le phloème et le xylème. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Induction et maintien de la dormance ■ Fermeture des stomates ■ Allocation des assimilats des feuilles aux graines en formation ■ Synthèse de protéines de réserves dans les graines ■ Élongation cellulaire ; action antagoniste des gibbérellines
Gibbérellines Acide gibbérellique GA ₁ GA1 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse par la voie des terpènes à partir d'un précurseur en C20. • Les GA sont des diterpènes cycliques • Synthèse dans la tige feuillée, les jeunes feuilles des bourgeons apicaux, les graines et les fruits en développement, les apex racinaires. • Transport par le xylème et le phloème. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Croissance et élongation cellulaire de la tige feuillée (montaison) ■ Croissance des mutants nains ■ Induction de la germination de graines ■ Régulation de la consommation des réserves des graines de céréales ■ Floraison de plantes de jours longs
Jasmonate 	<ul style="list-style-type: none"> • Dérivé volatil d'acides gras insaturés (acide linoléique). • Synthèse dans toutes les parties de la plante. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Synthèse de protéines de défenses ■ Accumulation de protéines de réserves ■ Croissance des tiges, des racines, Germination des graines
Systémine Petit peptide (18 AA)	<ul style="list-style-type: none"> • Petit peptide produit dans les tissus blessés. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Défense systémique
Acide salicylique 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse par la voie de l'acide shikimique. • L'acide salicylique est un composé phénolique. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Activation des gènes de défense contre les agents pathogènes ■ Défense systémique ■ Croissance racinaire
Brassinostéroïdes Brassinolides 	<ul style="list-style-type: none"> • Synthèse par la voie des terpènes à partir d'un précurseur en C30. • Les Brassinostéroïdes sont des hormones stéroïdes. • Présent dans le pollen, les graines immatures, les feuilles, les tiges, les racines et les fleurs. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Division et élongation cellulaires ■ Élongation du tube pollinique ■ Élongation de la tige feuillée ■ Morphogénèse foliaire ■ Production d'éthylène ■ Croissance et développement des racines ■ Différenciation vasculaire
Polyamines Spermine H ₂ N(CH ₂) ₃ NH(CH ₂) ₄ NH ₂ (CH ₂) ₃ NH ₂ et putrescine H ₂ N(CH ₂) ₄ NH ₂	<ul style="list-style-type: none"> • La spermine est formée par la voie de synthèse de l'éthylène. • La putrescine est formée par décarboxylation de l'arginine et de l'ornithine. • Présentes dans toutes les cellules. Souvent conjuguées aux acides phénoliques. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Division cellulaire ■ Tubérisation ■ Initiation de racines et tiges adventives ■ Embryogénèse ■ Réaction d'hypersensibilité ■ Floraison de certaines espèces ■ Sénescence des tissus

1.2. Facteurs du milieu

Comme les facteurs du milieu agissent sur la croissance, ils sont également d'importants agents de la morphogénèse dans son sens le plus large.

❖ La lumière

En milieu anisotrope (L'anisotropie – contraire d'isotropie est la propriété d'être dépendant de la direction). Elle déclenche des mouvements dont certains modifient la morphologie de la plante.

En milieu isotrope, elle agit différemment suivant sa quantité (intensité), sa qualité (longueur d'onde) et sa durée (alternance de périodes obscures et de périodes sombres).

1. L'alternance de périodes lumineuses et de périodes obscures (photopériodisme), fondamentale pour la mise à fleurs de nombreuses plantes supérieures, pour l'apparition ou la disparition de certaines dormances, Mais il faut savoir que ce même rythme a une influence sur les végétaux inférieurs.
2. L'influence de l'intensité lumineuse est bien connue. En l'absence de lumière, une plante, qui dispose de réserves suffisantes, poursuit sa croissance mais change totalement d'aspect et de structure : elle s'étiole. C'est ce qu'on observe sur une Pomme de terre « germée » dans une cave, ou sur une plantule de Haricot cultivée dans les mêmes conditions. Les modifications intéressent surtout les tiges. Une racine, c'est normal, ne s'étirole pas.

L'étiollement ne peut se prolonger au-delà de l'épuisement des réserves et conduit à une mort par inanition. Les caractères généraux de son action morphogène sont : Allongement extraordinaire des entre-nœuds, inhibition de la croissance des limbes de Dicotylédones, développement faible du système racinaire, diminution de l'importance des tissus vasculaires et scléreux, apparition fréquente d'une assise de Caspary dans les tiges et disparition de la chlorophylle.

En présence d'une lumière faible, ces effets se maintiennent mais s'atténuent progressivement aux intensités croissantes. Les différents organes ou les parties d'organes ne réagissent pas de façon identique, d'où des actions morphogènes.

Sur les feuilles de Capucine, par exemple, le rapport de la longueur du pétiole au diamètre du limbe augmente au fur et à mesure du développement de la feuille si la lumière est faible. Il se maintient constant si l'intensité est normale. L'étiollement des tiges provient à la fois de mitoses plus nombreuses et de cellules plus longues.

3. Le fait que la morphogénèse soit influencée par la qualité de la lumière est important. Il signifie que des photorécepteurs existent dans les cellules, dont le spectre d'absorption peut être défini. Lorsque le spectre d'action d'un phénomène (intensité de croissance, mise à fleurs, germination de graines) coïncide avec un spectre d'absorption connu, on peut en déduire une relation causale. On connaît l'exemple de la photosynthèse. Il s'agit dans tous les cas d'une transformation de l'énergie lumineuse captée en énergie chimique, cinétique, etc.

On considère actuellement que le développement des végétaux est photomorphogène, on parle de la photomorphogénèse compte-tenu du rôle de la lumière dans pratiquement toutes les phénomènes du développement (photosynthèse, initiation foliaire ou florale, croissance...)

❖ La température

Ses effets peuvent être mis en parallèle avec ceux de la lumière. Nous les distinguons :

1. Un thermopériodisme règle certains aspects de la floraison (plantes à bulbe) de la croissance, mais aussi de la morphogénèse (tubérisation).
2. Sur le plan de l'intensité, les températures basses sont particulièrement importantes. Elles lèvent des dormances et permettent la vernalisation des graines. Plus simplement, elles sont des facteurs limitants de la vie active possible entre -5°C et $+45^{\circ}\text{C}$. Mais des Conifères de Sibérie résistent aisément à -60°C , alors qu'inversement des Algues ou Bactéries de sources thermales supportent $+80^{\circ}\text{C}$.

❖ Quelques autres facteurs

Nous citons particulièrement l'eau, les stimulations mécaniques et les tensions.

- a) L'eau : La quantité d'eau fournie à la plante modifie la morphologie et les structures aussi bien lorsqu'elle est surabondante (milieu liquide) que lorsqu'elle manque.