Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • TRAVAUX PRATIQUES
Partie A. L'unité et la diversité du monde vivant

TP A3, A4 et A5

Développement et organisation des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme

TP A3 : Le développement de l'embryon d'une Angiosperme dicotylédone au sein de la graine (2h)	Étudier, lors de la dissection de graines, les différentes parties constitutives et leur organisation. Analyser les documents montrant les stades de l'embryogenèse et de l'albuminogenèse.
TP A4 : Croissance en longueur de l'appareil végétatif des Angiospermes et xylogenèse (2h X [TP B7])	Étudier les zones de croissance (apex et zones intercalaires) à partir de coupes d'extrémité des organes végétatifs et d'expériences de marquage. Analyser des documents des stades de la différenciation des vaisseaux du xylème.
TP A5 : Croissance en épaisseur de l'appareil végétatif des Angiospermes (6h X [TP B7])	Étudier l'organisation morphologique, anatomique et histologique des tiges et racines d'Angiospermes dicotylédones et ses modifications dans le temps. Identifier les assises méristématiques secondaires et les tissus dérivés. Comparer l'organisation et l'évolution des tiges et des racines d'Angiospermes monocotylédones.

Introduction

On appelle **développement** ou **ontogenèse** ***l'ensemble des phénomènes permettant d'assurer la transformation d'un zygote en organisme adulte capable de se reproduire***. Il s'agit donc de la construction d'un organisme viable et apte à se reproduire. Au sens le plus large, le développement ***peut aussi inclure les processus de vieillissement et de sénescence***.

Le **développement** doit pouvoir être situé dans le **cycle de développement des Angiospermes**. Chez les Angiospermes, on distingue deux étapes principales dans le développement :

- Le **développement embryonnaire (= embryogenèse)** : ***ensemble des processus allant de la fécondation jusqu'à l'édification complète de l'embryon de la graine (y compris sa déshydratation et sa mise en dormance éventuelle)***.
- Le **développement post-embryonnaire** : ***ensemble des processus d'édification de la plante allant de la germination (incluse) à la mort de l'organisme***.

Le **développement post-embryonnaire** se déroule ***pendant l'ensemble de la vie de l'organisme sans interruption à partir de la germination*** : on dit pour cela que le **développement végétal** est **indéfini**.

Comment l'étude d'échantillons d'organismes ou de clichés permet-elle de comprendre l'organisation des Angiospermes et la mise en place de cette organisation ?

Ce chapitre fait référence au chapitre 6 (Construction d'une Angiosperme Eudicotylédone).

Il doit aussi être mis en lien avec les TP de la partie B traitant de biologie et physiologie végétale :
- TP B3 (Structures de collecte de l'énergie lumineuse des Angiospermes) >>> morphologie, anatomie et histologie des feuilles.
- TP B7 (Tissus vasculaires des Angiospermes Eudicotylédones)
- TP B8 (Organes de mise en réserve chez les Angiospermes)
- TP B9 (Adaptations à la sécheresse chez les Angiospermes)

Il doit aussi être mis en lien avec le TP de la partie C traitant de biologie et physiologie végétale :
- TP C4 (Reproduction sexuée et germination chez les Angiospermes) >>> fruits, fleurs, germination.

Liens Internet utiles

- Site *Unisciel* : Université en ligne (Biologie et physiologie végétale)
  http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1/co/module1.html
- Formation en Biologie végétale, Université catholique de Louvain (Belgique)
  http://www.afd-ld.org/~fdp_bio/index.php?rub=principaux-phylums-vegetaux

I. Graines et développement embryonnaire (TP A3)

A. Dissection de graines : graines albuminées, exalbuminées et à périsperme

1. Les graines, organes de résistance et de dissémination

Propriétés communes des graines

Les graines sont des structures résistantes mécaniquement, gorgées de réserves, qui abritent et protègent l'embryon principal. Ce zygote est l'**ébauche du futur plant feuillé** avec une tigelle et une gemmule (future tige) et une radicule (future racine). L'embryon principal est entouré de **réserves**, accumulées par développement de l'embryon accessoire qui forme l'albumen ou accumulées dans les cotylédons lorsque l'albumen a été digéré. En outre, l'embryon principal est protégé par les **téguments rigides et imperméables** de la graine. L'ensemble des cellules de la graine a un métabolisme ralenti, en particulier dû à la déshydratation régnant au sein de la graine, permettant d'attendre que les conditions de germination soient optimales. Les cellules de la graine sont en **vie ralentie**, en quiescence. En outre, la reprise du métabolisme ne peut avoir lieu qu'une fois les inhibitions de la graine levées. En effet, les graines présentent différents types de dormances (incapacités à germer déterminées par l'embryon lui-même et les téguments).
Ainsi, les graines sont des semences très résistantes jouant un rôle dans la **dissémination de l'espèce.**

D'après SEGARRA *et al. (2014)*

2. Travail pratique à effectuer (activité 1)

Comment s'organisent les graines ?

Activité 1. Dissection et observation de graines

Savoirs à construire	Organisation des graines, notamment des graines albuminées et exalbuminées

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, geste technique, un logiciel ➢ Dissection ➢ Coloration ➢ Loupe binoculaire	
	Analyser, observer et raisonner	

- On se propose de disséquer et observer trois graines :
  - La **graine de Haricot** *Phaseolus vulgaris* (Eudicotydélones : Fabacées), **graine exalbuminée à réserves amylacées situées dans les cotylédons**.
  - Le **graine de Ricin** *Ricinus communis* (Eudicotydélones : Euphorbiacée), **graine albuminée oléagineuse et protéagineuse**.
  - Le **caryopse** (***graine + fruit [téguments soudés]***) de Maïs *Zea mays* (Monocotylédones : Poacées), **graine albuminée à réserves amylacées**.

- *La **dissection** peut se faire **avec les téguments** (mieux pour montrer toutes les structures en place) **ou après retrait des téguments** (plus facile pour réaliser une coupe longitudinale au bon endroit… mais privant d'une structure).*
- *On peut (et idéalement on doit) réaliser une **coupe longitudinale** et une **coupe transversale** ; la coupe longitudinale suivra une ligne préférentielle (raphé, limites des cotylédons…) visible extérieurement. Vous pouvez vous aider d'une **coloration au lugol** pour localiser les réserves amylacées.*
- *Utilisez la **loupe binoculaire** pour les observations.*

3. Exploitation : organisation des graines

- Cf. textes et figures ci-après. Voir aussi (vraiment bien fait !) : http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch04/co/observer_ch4_13.html (consultation novembre 2015)

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Complétez** les légendes des clichés et schémas proposés.*

a. Organisation de la graine de Haricot (exalbuminée, réserves amylacées)

L'observation externe d'une graine de haricot (*Phaseolus vulgaris*) permet de voir aisément le hile (ancienne zone de raccordement de l'ovule campylotrope au funicule), le micropyle (orifice laissé libre par les téguments de l'ovule) et la radicule qui forme une saillie dans les téguments de la graine (figure TP 1105a).

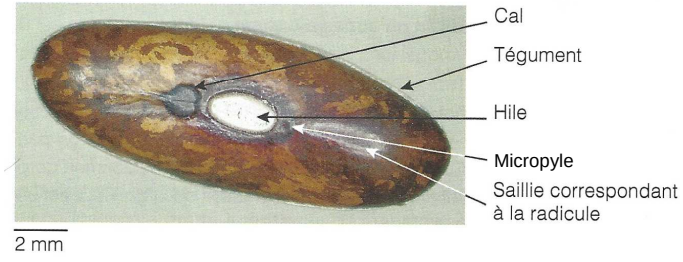


Figure TP 11.8a
Vue externe d'une graine de haricot

La dissection d'une graine de haricot par ouverture selon le plan de symétrie met en évidence 2 cotylédons bien visibles qui remplissent la graine, limitée par les téguments. Les cotylédons sont hypertrophiés car gorgés de réserves principalement glucidiques sous forme d'amidon.
En séparant les deux cotylédons, on observe un embryon bien visible avec radicule, hypocotyle, gemmule et les premières feuilles (figure TP 11.8b).

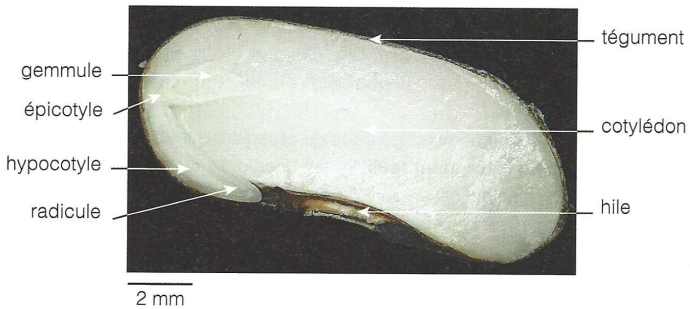


Figure TP 11.8b
Coupe longitudinale sagittale d'une graine de haricot

⮝ **FIGURE 1. Étude de la graine de Haricot.** D'après SEGARRA *et al.* (2014).

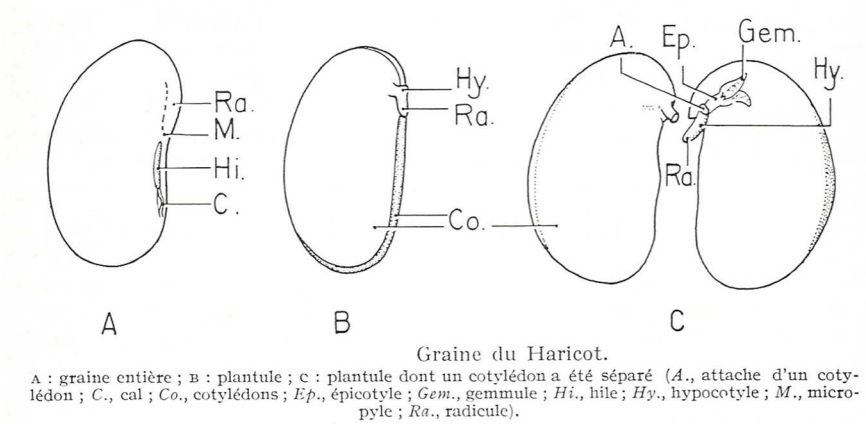


FIGURE 2. Graine de Haricot. D'après CAMEFORT & BOUÉ (1980).

Ainsi, on retrouve de façon externe et de façon interne les structures constitutives d'un ovule : ceci prouve que la graine dérive d'un ovule. Dans ce cas précis, il n'y a pas d'albumen, toutes les réserves sont dans les cotylédons, il s'agit d'une **graine exalbuminée**. Étant donné la présence de deux cotylédons, la graine de haricot est une graine de **dicotylédone**.

D'après SEGARRA et al. (2014)

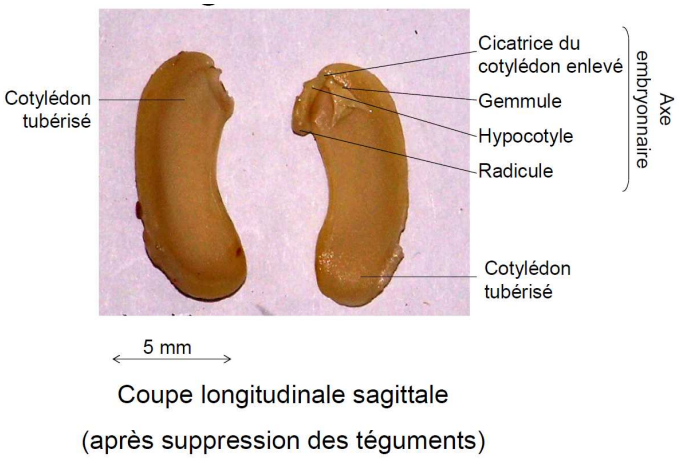


FIGURE 3. Une autre vision. Document C. PERRIER, BCPST2, Lycée du Parc (Lyon). http://agrovetoparc.free.fr/BCPST2/TP/BV5%20-%20Graines%20et%20germinations%20d'Angiospermes.pdfs.pdf (consultation novembre 2015)

TABLEAU I. Graine de Haricot : éléments de diagnose.
En grisé : peu important

Observations	Interprétations	Conclusions
- Organe largement **tubérisé**	Cela révèle la présence de **réserves** (→ organe de **résistance**, adapté au passage de la **mauvaise saison**) *NB Déshydratation → Vie ralentie*	C'est donc une **graine**
- Présence d'une **plantule** (radicule, tigelle, feuilles embryonnaires)	C'est un **embryon** (→ organe de **développement** et de **dissémination**) *Vocabulaire associé : tigelle (hypocotyle / épicotyle), radicule, gemmule, cotylédons…*	
- Présence d'une **enveloppe protectrice** (que l'on peut ici ôter)	Ce sont des **téguments** (→ organe de **résistance**, adapté au passage de la **mauvaise saison**)	
- Présence d'une **cicatrice**	C'est sans doute la **cicatrice du funicule** qui alimentait la graine = le **hile**	Cela confirme que c'est une **graine**
- Présence d'un **orifice** où le **tégument s'amincit**	C'est probablement le lieu de **pénétration du tube pollinique** lors de la fécondation = le **micropyle**	
- **Proximité** entre **hile** et **micropyle** - **Absence** de **raphé** [- Aspect **courbe** de **l'embryon**]		La **graine** dérive sans doute d'un **ovule campylotrope**
- Les **feuilles embryonnaires visibles** sont **très réduites** et composent la **gemmule** (bourgeon embryonnaire)	Les « vraies » **premières feuilles embryonnaires (= cotylédons)** ont donc probablement été **modifiées** et **tubérisées** → les réserves sont donc **cotylédonaires**.	C'est une **graine exalbuminée**
- **Pas d'autre tissu de réserve** apparent	L'**albumen** semble avoir été **résorbé** lors du développement embryonnaire	
- Présence de **deux cotylédons**		C'est une graine de **'dicotylédone'**
- La coloration au **lugol** (pensez à gratter un peu) révèle la **présence d'amidon** - Le montage de **prélèvement de cotylédons** entre **lame** et **lamelle** permet d'observer, en coloration au **lugol**, des **amyloplastes** (cf. TP B8)		Les **réserves** sont de nature **amylacée**

Un peu de vocabulaire :

- **Hile** : ***zone d'insertion de l'ovule puis de la graine sur le placenta (où se trouvait le funicule)***.
- **Micropyle** : ***zone d'amincissement des téguments (correspondant à la zone où le tube pollinique a jadis pénétré dans le sac embryonnaire)***.
- **Raphé** : ***petite saillie dans l'épaisseur des téguments de la graine héritée d'une vascularisation particulière de certains ovules (ovules anatropes)***. [absent ici]
- **Cal** : ***tissu de cicatrisation***.

b. Organisation de la graine de Ricin (albuminée, réserves protéo-lipidiques)

On retrouve sur la graine de ricin (*Ricinus communis*) une ligne sombre et en relief qui correspond au raphé. L'excroissance charnue située autour du hile est la caroncule (figure TP 11.8c).

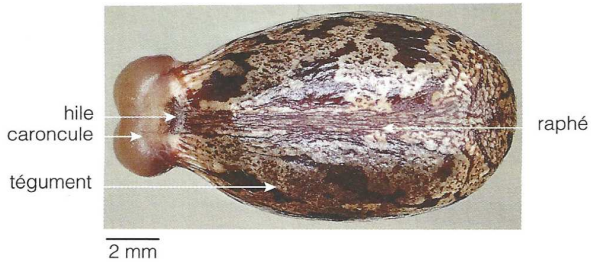


Figure TP 11.8c
Vue externe de la graine de ricin

FIGURE 4. Étude de la graine de Ricin : vue externe. D'après SEGARRA *et al.* (2014).

La dissection d'une graine de ricin par sections longitudinales frontale et sagittale met en évidence deux cotylédons (graine d'une angiosperme dicotylédone) très fins présentant des nervures telle une feuille, on parle de cotylédons feuillés (figure TP 11.8d). La majeure partie du volume cellulaire est occupée par l'albumen gorgé de réserves majoritairement lipidiques et protéiques qui serviront lors de la germination de la graine, c'est une **graine albuminée**.

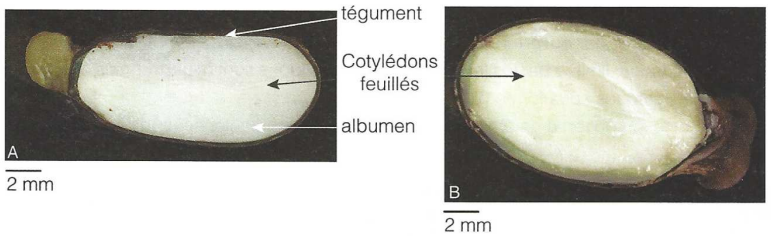


Figure TP 11.8d
Coupes d'une graine de ricin
A. coupe longitudinale frontale
B. coupe longitudinale sagittale passant entre les deux cotylédons

FIGURE 5. Étude de la graine de Ricin : dissection. D'après SEGARRA *et al.* (2014).

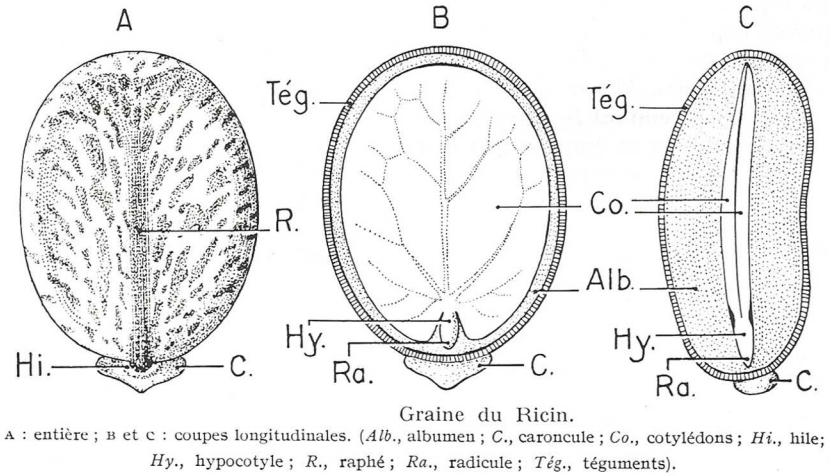


FIGURE 6. Graine de Ricin. D'après CAMEFORT & BOUÉ (1980).

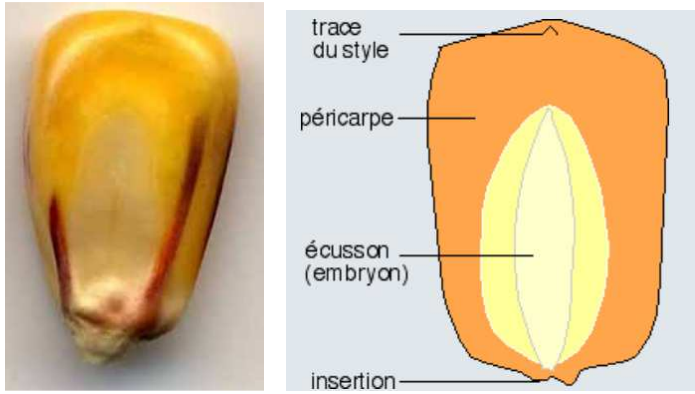
FIGURE 7. Graine de Ricin coupée longitudinalement entre les cotylédons.
http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch04/co/observer_ch4_13.html
(consultation novembre 2015)

⮟ **TABLEAU II. Graine de Ricin : éléments de diagnose.**
En grisé : peu important

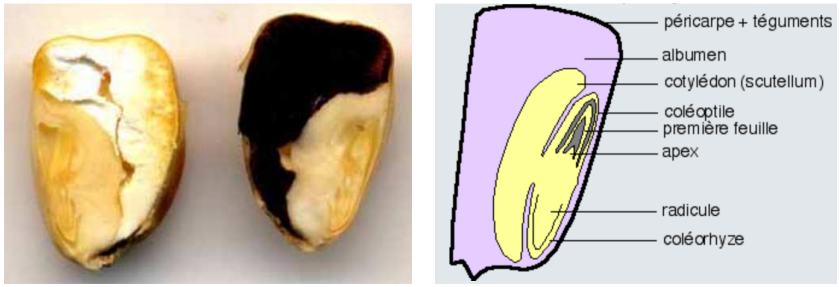
Observations	Interprétations	Conclusions
- Organe largement **tubérisé**	Cela révèle la présence de **réserves** (→ organe de **résistance**, adapté au passage de la **mauvaise saison**) *NB Déshydratation → Vie ralentie*	C'est donc une **graine**
- Présence d'une **plantule** (**radicule**, tigelle peu visible, feuilles embryonnaires bien nettes = **cotylédons**)	C'est un **embryon** (→ organe de **développement** et de **dissémination**)	
- Présence d'une **enveloppe protectrice** (que l'on peut ici ôter)	Ce sont des **téguments** (→ organe de **résistance**, adapté au passage de la **mauvaise saison**)	
- Présence d'une **cicatrice**	C'est sans doute la **cicatrice du funicule** qui alimentait la graine = le **hile**	Cela confirme que c'est une **graine**
- Présence d'une **excroissance charnue**	C'est un **caroncule**, excroissance typique de certaines graines qui **recouvre le micropyle**	
- **Présence** bien nette de **lignes fines et droites** sur la graine	C'est probablement la **trace externe** de la **vascularisation de la graine** = le **raphé**	
- **Proximité** entre **hile** et **micropyle** (cf. caroncule !) - Présence visible du **raphé** [- Aspect **droit** de **l'embryon**]		La **graine** dérive sans doute d'un **ovule anatrope**
- Les **feuilles embryonnaires visibles** sont **très développées** et d'allure nettement **foliacée** (**limbe**, **nervation**)	Les « vraies » **premières feuilles embryonnaires (= cotylédons)** sont conservées → les réserves ne sont donc **pas cotylédonaires**.	C'est une **graine albuminée**
- Le **tissu de réserve** alentour est donc d'une autre nature	L'**albumen** semble avoir été **conservé** et **hypertrophié** lors du développement embryonnaire	
- Présence de **deux cotylédons**		C'est une graine de **'dicotylédone'**
- Le montage entre lame et lamelle d'**albumen** révèle des **gouttelettes lipidiques** non miscible avec **l'eau** (si montage en **rouge Soudan III** : formation de **gouttes orangées**) - Le montage révèle aussi **structures cristallisées transparentes** présentant un ou plusieurs petits **cercles** en leur sein (**globoïdes**) → ce sont sans doute des **grains d'aleurone** (cf. TP B8)		Les **réserves** sont donc de nature **lipidique** et **protéique**

c. Organisation du caryopse de Maïs (albuminée, réserves amylacées – et protéiques)

- Il s'agit d'un ***fruit (on note une trace du style parfois observable) dont les téguments (péricarpe) sont soudés à ceux de la graine***. La zone plus claire (**écusson**) correspond à la ***localisation de l'embryon*** dans le caryopse (figure 8).

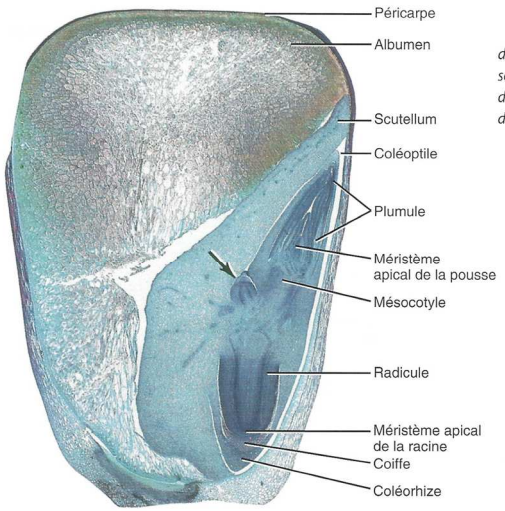


⮝ **FIGURE 8. Vue externe du caryopse de Maïs.**
http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch04/co/observer_ch4_13.html
(consultation novembre 2015)



⮝ **FIGURE 9. Caryopse de Maïs coupé longitudinalement sagittalement [cliché au centre : coloration au lugol].**
http://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch04/co/observer_ch4_13.html
(Consultation novembre 2015)

- Au niveau interne (figures 9-10), on constate un **albumen développé** où sont localisées les **réserves amylacées**. L'embryon comprend un ***cotylédon volumineux et transformé chez les Poacées qui ne donnera pas de feuille fonctionnelle et contient des enzymes qui serviront à la digestion de l'abumen lors de la germination*** (**scutellum**) ; à côté, on trouve le **reste de l'embryon** où l'on observe une ***tigelle engainante*** nommée **coléoptile** et une ***gaine entourant la radicule*** nommée **coléorhize**.



Grain mûr de maïs (Zea mays) *L'embryon possède souvent deux racines séminales adventives au moins. On peut voir une racine séminale dans cette coupe longitudinale (flèche). Ces racines sont d'abord orientées vers le haut, mais elles s'inclinent vers le bas au cours de leur croissance.*

FIGURE 10. Coupe de caryopse de Maïs au microscope optique. D'après RAVEN *et al.* (2007b)

TABLEAU III. Grain (caryopse) de Maïs : éléments de diagnose.

Observations	Interprétations	Conclusions
- Organe des restes de **pièces stériles** (**glumelles**) et une **trace cicatricielle du style**	Cet organe dérive donc d'un **ovaire**	C'est donc un **fruit**
Le **tégument (péricarpe)** est **sec** (→ organe de **résistance** et possiblement de **dissémination**) et ne montre **pas de zone préférentielle de rupture**		C'est donc un **fruit sec indéhiscent**
- Organe largement **tubérisé**	Cela révèle la présence de **réserves** (→ organe de **résistance**, adapté au passage de la **mauvaise saison**) *NB Déshydratation → Vie ralentie*	C'est donc une **graine**
- Présence d'une **plantule** *NB **Cotylédon** à forme particulière : **scutellum = écusson***	C'est un **embryon** (→ organe de **développement**) *Vocabulaire particulier ici : coléoptile, coléorhize*	
- Présence d'une **enveloppe protectrice** soudée au péricarpe	Graine unique dans un fruit sec avec téguments soudés >>>>>>	Cela confirme que c'est un **caryopse**
- En plus du **cotylédon**, on trouve un **tissu de réserve bien net**	Ce tissu de réserve est **l'albumen**	C'est une **graine albuminée**
- Présence d'un **seul cotylédon**		C'est une graine de **Monocotylédone**
- La coloration au **lugol** (pensez à gratter un peu) révèle la **présence d'amidon** - Le montage de **prélèvement de cotylédons** entre **lame** et **lamelle** permet d'observer, en coloration au **lugol**, des **amyloplastes** (cf. TP B8) *- Les réserves protéiques sont ici difficiles à montrer.*		Les **réserves** sont de nature surtout **amylacée** [mais aussi **protéique** : **gluten**]

*Remarque : la **couche à aleurones** située sous les **téguments** contient des **réserves protéiques** qui serviront à fabriquer les **enzymes responsables de l'hydrolyse des réserves de l'albumen** lors de la **reprise de la vie active** (cf. chapitre 18).*

B. Étude micrographique de l'embryogenèse et de l'albuminogenèse

- L'**embryogenèse** et l'**abuminogenèse** ont été décrites en cours sur des schémas. La figure 11 montre ces aspects sur des clichés de microscopie. L'encadré A donne quelques **précisions sur l'albuminogenèse**.

Encadré A L'albumen, sa mise en place et son rôle

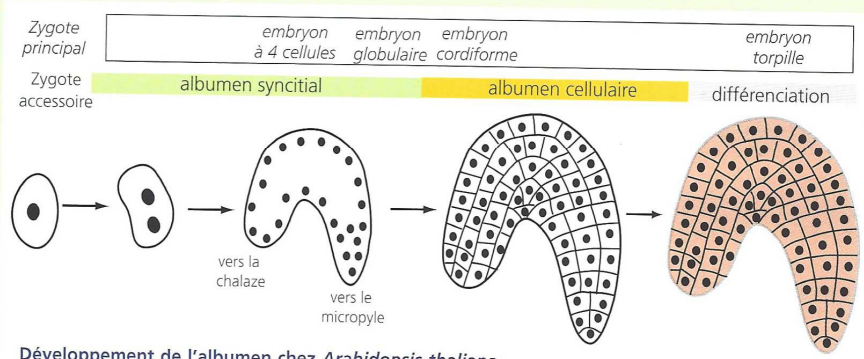
D'après MEYER *et al. (2008)*

RÔLE DE L'ALBUMEN DANS LE DÉVELOPPEMENT

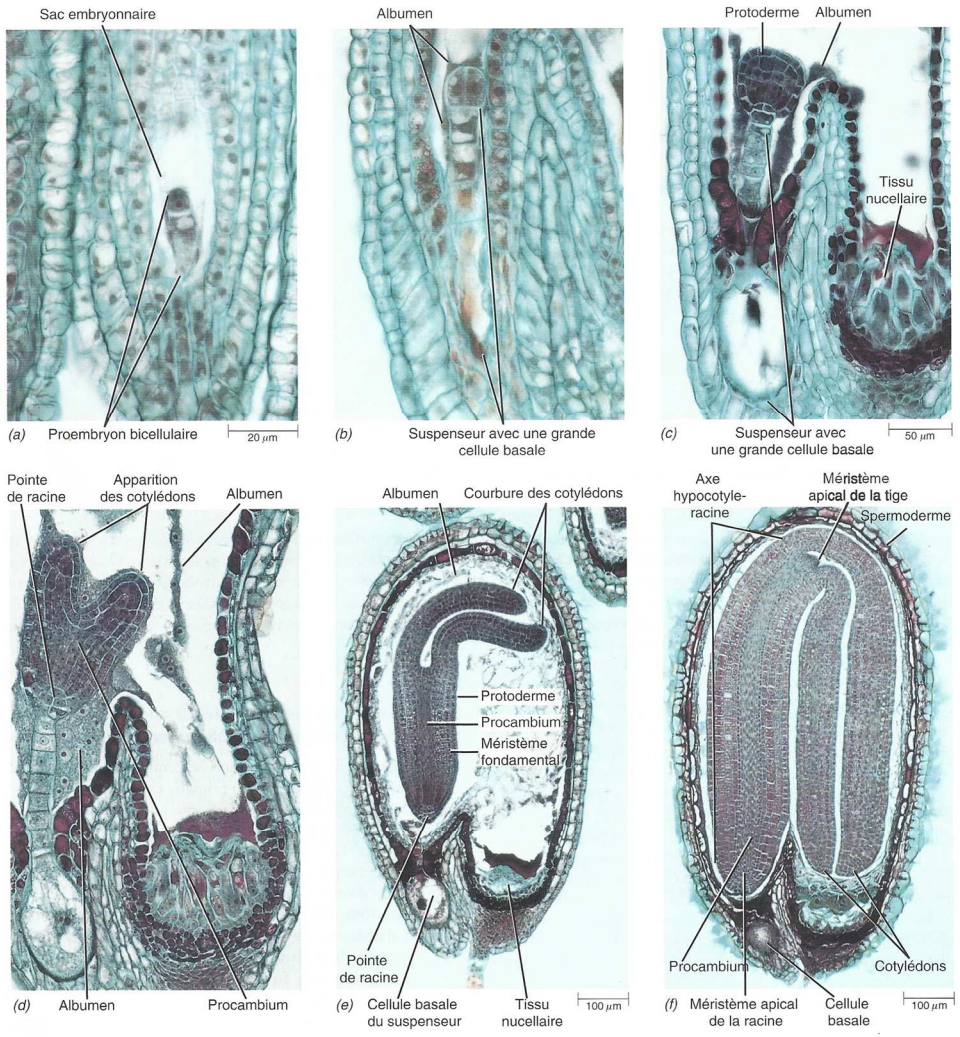
Il existe différentes modalités de développement de l'albumen. Dans de nombreux cas (blé, maïs, *Arabidopsis thaliana*), le zygote accessoire subit des mitoses sans cloisonnement cellulaire. Il est à l'origine d'un albumen syncitial aux noyaux disposés en périphérie d'une large vacuole centrale. Il se cellularise ensuite et se différencie selon une polarité antéro-postérieure (c'est-à-dire du micropyle vers la chalaze de l'ovule). L'albumen cellulaire est un tissu de réserves sans espace intercellulaire. Ses cellules stockent de l'amidon dans les amyloplastes (blé, maïs, riz), des protéines dans des vacuoles déshydratées appelées grains d'aleurone (ricin, blé, maïs, riz), des lipides sous forme de gouttelettes en émulsion dans le cytoplasme (colza, ricin) ou, plus rarement, de la cellulose (datte). L'albumen des céréales est à la base de notre alimentation (farine) et représente 60 % de l'apport nutritionnel de la population mondiale.

Le développement de l'albumen commence avant celui de l'embryon. Chez *Arabidopsis thaliana*, le stade syncitial est atteint avant le stade globulaire de l'embryon et le stade cellulaire correspond au stade cordiforme de l'embryon. Le développement de l'albumen est déterminé, contrairement à celui de l'embryon, et s'achève après la remobilisation des réserves à la germination.

L'albumen a un rôle d'annexe embryonnaire qui nourrit l'embryon pendant la fin de son développement et, dans le cas des graines albuminées, pendant la germination.



Développement de l'albumen chez *Arabidopsis thaliana*
(d'après Berger, *Current Opinion in Plant Biology* 6, 2003, p. 42-50).



Développement de l'embryon de la bourse-à-pasteur (Capsella bursa-pastoris), une dicotylée au sens strict. (a) Stade bicellulaire, après la division transversale du zygote en une cellule apicale et une basale. (b) Proembryon à six cellules. Le suspenseur est maintenant distinct des deux cellules terminales, qui vont donner l'embryon proprement dit. L'albumen alimente l'embryon en développement. (c) L'embryon proprement dit est globulaire et possède un protoderme, qui donnera l'épiderme. La grande cellule inférieure est la cellule basale du suspenseur. (d) Embryon au stade cordiforme, lorsque les cotylédons, premières feuilles de la plante, commencent à s'allonger. (e) Embryon au stade torpille. Chez Capsella, *l'embryon se recourbe. Le méristème fondamental, précurseur du tissu fondamental, entoure le procambium qui se différenciera en tissus conducteurs, xylème et phloème. (f) Embryon mûr. La partie de l'embryon située sous les cotylédons est l'hypocotyle. À la partie inférieure de l'hypocotyle se trouve la racine embryonnaire ou radicule.*

FIGURE 11. Embryogenèse (et albuminogenèse) chez la Capselle (Brassicacée).
D'après RAVEN *et al.* (2007b)

II. La croissance en longueur de l'appareil végétatif et les processus associés (TP A4)

A. Préalable : organisation générale d'une Angiosperme adulte herbacée

- Ces aspects ont été traités dans le TP A8 sur les familles botaniques. Ce schéma (figure 12) permet de se rappeler le **nom** et la **localisation** des principales **structures**. *Ne sont pas envisagées ici les différenciations particulières de l'appareil végétatif (rhizome, tubercules, bulbes…).*
- L'**appareil racinaire** correspond à ***l'ensemble des racines***, ***organes permettant le prélèvement d'eau et de sels minéraux dans le sol***. Le réseau racinaire peut être **fasciculé** (***multiples racines fines émergeant au niveau du collet***) ou **pivotant** (***une racine principale qui croît verticalement vers le bas sur laquelle s'insèrent des racines latérales***). C'est à ce second cas que fait référence le chapitre de cours sur le développement.

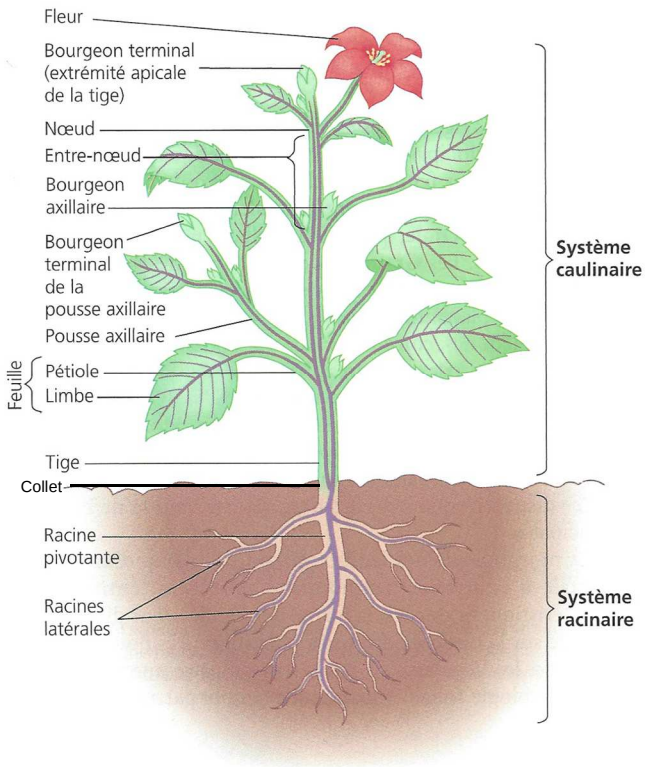
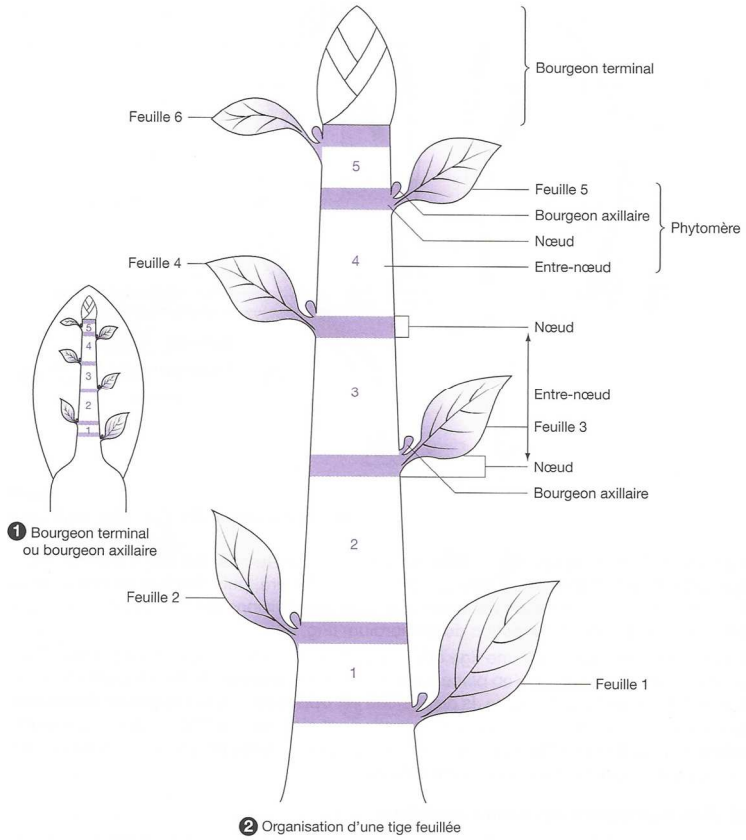


FIGURE 12. Morphologie d'une Angiosperme (rappels). D'après CAMPBELL & REECE (2007)
En violet : tissus conducteurs. On notera la transition dans leur organisation au niveau du **collet**.

- L'**appareil caulinaire herbacé typique** d'une Eudicotylédone se compose d'***unités répétitives qui se suivent*** qu'on peut appeler **modules** ou **phytomères** : un phytomère est ***d'un entre-nœud (zone entre deux nœuds) et du nœud (zone d'insertion d'une feuille sur la tige) supérieur, ainsi que de la (ou les) feuilles situées sur ce nœud incluant son (leur) bourgeon axillaire*** (figure 13).

On appelle **entre-nœud** la partie de la tige comprise entre les points d'insertion des feuilles. D'un point de vue morphogénétique, la partie périphérique d'un entre-nœud correspond à la base de la feuille située au-dessus. Cette partie est appelée **segment foliaire**. La moelle n'appartient qu'à la tige, elle est d'origine caulinaire. Les ébauches foliaires, le nœud qui les porte et l'entre-nœud situé au-dessous se construisent en même temps, cette unité morphogénétique forme un **phytomère**.



Organisation d'une tige en phytomères
La tige est entièrement incluse dans le bourgeon.
Son élongation provient d'un allongement des entre-nœuds.
***1**. Bourgeon dans ses écailles. **2**. Rameau issu du bourgeon.*

FIGURE 13. L'appareil caulinaire, un ensemble de phytomères (= modules).
D'après BREUIL (2007)

B. Organisation et structure des bourgeons herbacés

1. Étude d'un cas d'école : le bourgeon du Chou de Bruxelles (activité 2)

- Le Chou de Bruxelles est une variété (var. *gemnifera*) du Chou commun (*Brassica oleracea* L., Brassicacées). La sélection a permis dans ce cas le **développement exagéré des bourgeons axillaires** (figure 14). La tige produit ainsi de nombreux petits choux miniatures qui sont consommés avec **des bourgeons dans les bourgeons**… Cela traduit l'idée que chaque **bourgeon** est e***n puissance une tige miniature avec un méristème terminal*** (figure 13).

Tige de Chou de Bruxelles avec ses bourgeons. — Détail des bourgeons de Chou de Bruxelles à l'aisselle des feuilles.

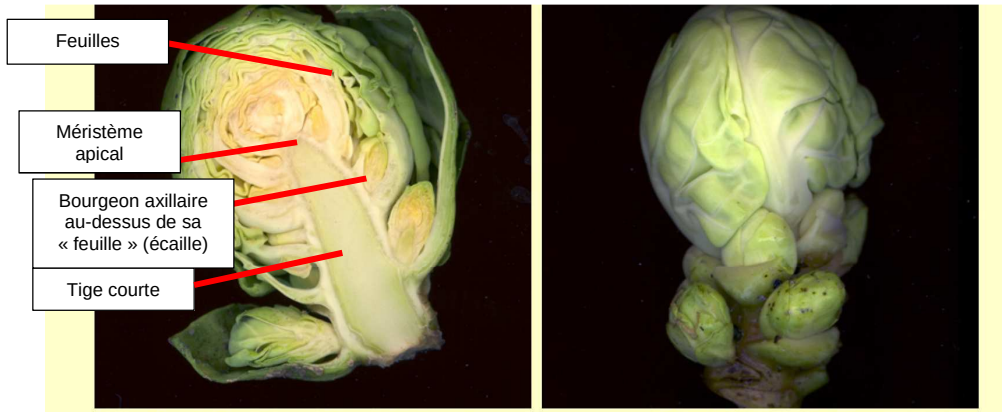
FIGURE 14. D'où viennent les Choux de Bruxelles ?
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouBruxelles.htm (consultation novembre 2015)

Activité 2. Localisation de la croissance en longueur dans une racine primaire

Savoirs à construire	Organisation du Chou de Bruxelles

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Analyser, observer et raisonner	

Pistes de réflexion et d'exploitation
Observez *un Chou de Bruxelles légèrement effeuillé* ***coupé*** *longitudinalement et* ***retrouvez*** *les structures présentées à la figure 15.*



Chou de Bruxelles coupé longitudinalement. — Chou de Bruxelles effeuillé.

Alors que chez les Choux à feuilles, la tige reste courte avec une rosette de feuilles jusqu'à la montée de l'inflorescence, chez le chou de Bruxelles, la tige s'allonge et les feuilles se séparent. Les bourgeons axillaires de ces feuilles se développent alors de manière exagérée.

FIGURE 15. Organisation d'un Chou de Bruxelles
http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/chouBruxelles.htm (consultation novembre 2015)

2. Généralisation

- On appelle **bourgeon** une ***structure composée d'une tige en puissance, d'ébauches foliaires et de points végétatifs (= zones méristématiques) dont un méristème apical et des méristèmes latéraux*** (figure 16). Sur un appareil caulinaire herbacé, on distingue classiquement un **bourgeon terminal** ou **apical**, et des **bourgeons latéraux** ou **bourgeons secondaires** qui sont **les bourgeons axillaires** ***associés aux feuilles*** (***situés à l'aisselle des feuilles***) (figure 13).

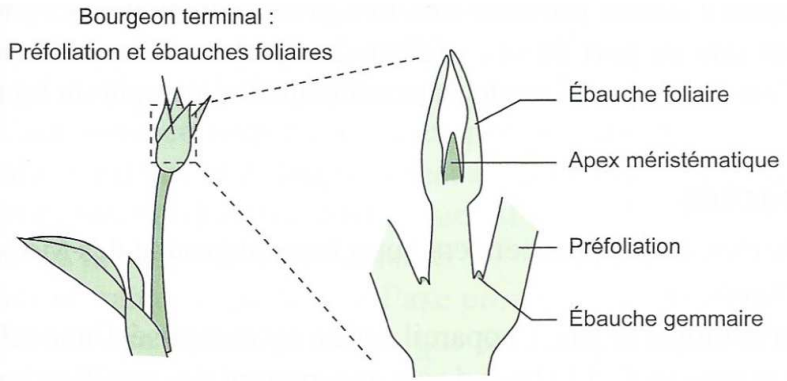


FIGURE 16. Bourgeon herbacé.
D'après RICHARD et al. (2015)

C. Organisation des bourgeons ligneux

- Dans les organismes lignifiés, on trouve des **bourgeons variés** dont certains sont aptes à passer la mauvaise saison (figure 17 qui illustre la **diversité possible de bourgeons**, y compris les bourgeons floraux). Les **écailles des bourgeons passant la mauvaise saison** sont souvent **sclérifiées** (riches en tanins, lignines…) et recouverte d'une ***substance cireuse imperméabilisante et protectrice***, la **propolis**. On peut en outre y trouver une ***sorte de coton filamenteux cellulosique qui protège contre le froid*** nommé **bourre** (figure 17bis). Notez qu'on appelle **débourrement** la ***germination d'un bourgeon à la belle saison*** (figure 17ter).

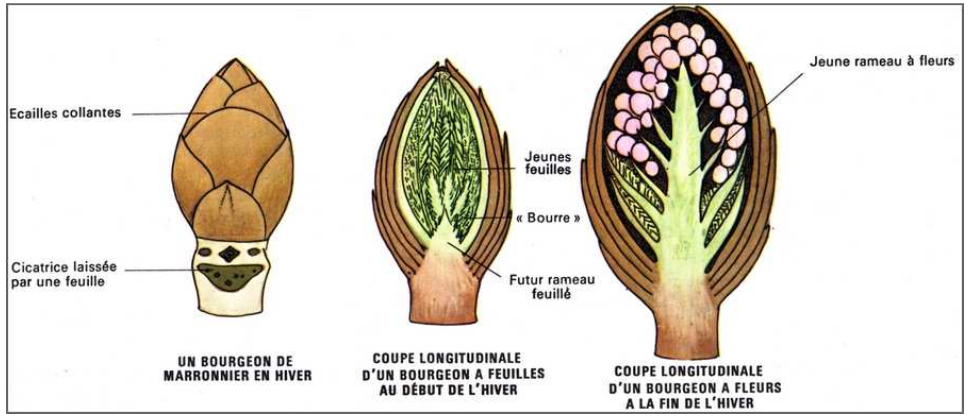


FIGURE 17. Bourgeons de Marronnier *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae).
http://eric.bessoudcavillot.free.fr/6eme/TH2/6th2_chap1_cours.htm (nov. 2015)

FIGURE 17bis. Bourgeon d'hiver de Marronnier coupé longitudinalement.
© Académie de Dijon

Pistes de réflexion et d'exploitation
Légendez *la figure 17bis.*

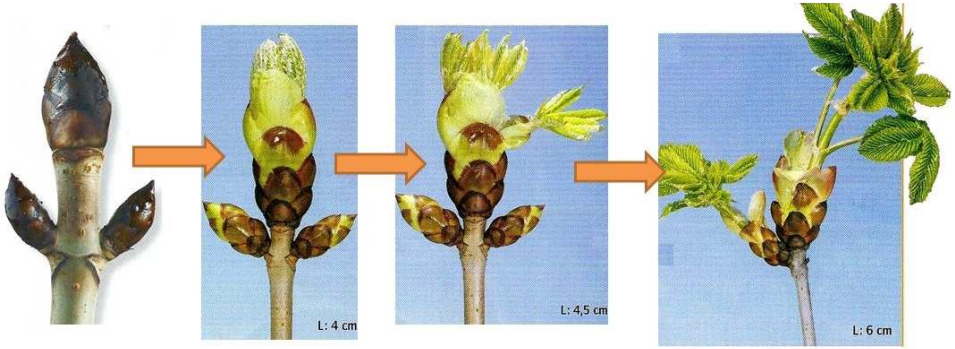


FIGURE 17ter. Débourrement et évolution précoce d'un bourgeon de Marronnier au printemps. http://mrsedansvt.com/chapitre-1-occupation-du-milieu-au-cours-des-saisons/ (consultation août 2017)

D. Organisation et croissance des rameaux ligneux : croissance monopodiale vs. sympodiale

- Voir figures 17quater-quinquies (et encadré B).

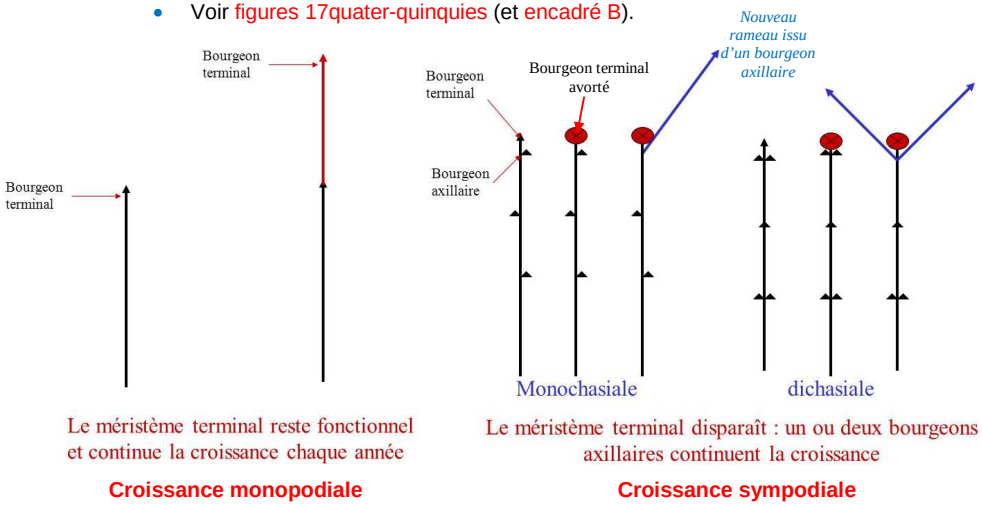
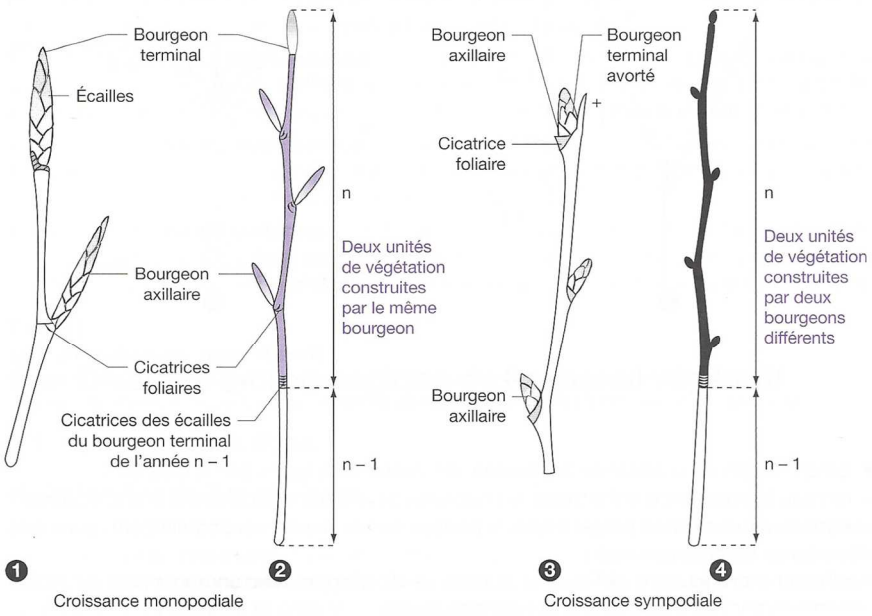


FIGURE 17quater. Croissances monopodiale vs. sympodiale d'un rameau.
http://slideplayer.fr/slide/3219764/ (consultation août 2017)

Selon le bourgeon responsable de la croissance en longueur du rameau, on définit la **croissance monopodiale** et la **croissance sympodiale**.



Modalités de la croissance des rameaux

1. *Extrémité d'un rameau de hêtre.* ***2.*** *Unité de végétation construite par le fonctionnement du bourgeon terminal au cours de l'année* n. ***3.*** *Extrémité d'un rameau de tilleul.* ***4.*** *Deux unités de végétation construites par deux bourgeons axillaires différents.*

La **croissance monopodiale** se caractérise par la persistance du **bourgeon terminal** d'une année à l'autre. Le **méristème apical** contenu dans ce bourgeon fonctionne plusieurs années de suite (marronnier, érable, hêtre…). Les tiges herbacées ont une croissance monopodiale. Lorsque le bourgeon terminal meurt ou fleurit, la croissance du rameau se poursuit avec le bourgeon axillaire qui se trouve juste au-dessous. Ainsi, les conditions du milieu modifient les caractéristiques de construction de l'appareil végétatif.

La **croissance sympodiale** se caractérise par la **mort du bourgeon terminal**, qui chez certaines espèces produit des fleurs avant de mourir. L'année suivante, la croissance de l'axe est assurée soit par le **bourgeon axillaire** le plus proche (croissance sympodiale monochasiale, tilleul, châtaignier), soit par les deux bourgeons axillaires les plus proches (croissance sympodiale dichasiale, lilas).

FIGURE 17quiquies. Croissance des rameaux ligneux : monopodiale ou sympodiale.
D'après BREUIL (2007)

Encadré B Reconnaître les rameaux ligneux à croissance monopodiale vs. sympodiale (monochasiale ou dichasiale)

Textes et figures adaptés de B. DUTRIEUX (ATS Bio, LEGTA Frédéric Bazille-Agropolis, Montpellier 34) – Avec tous mes remerciements

On distingue **3 modes de croissance** :
° **Tiges à croissance monopodiale** (ex : le Hêtre et le Chêne) [figures a + b + e]. ***À la fin de l'hiver, le bourgeon terminal reprend son activité***. Les **unités de végétation successives** ont toutes été ***produites par le même bourgeon terminal***.

La plupart des **tiges herbacées** ont une **croissance monopodiale**.

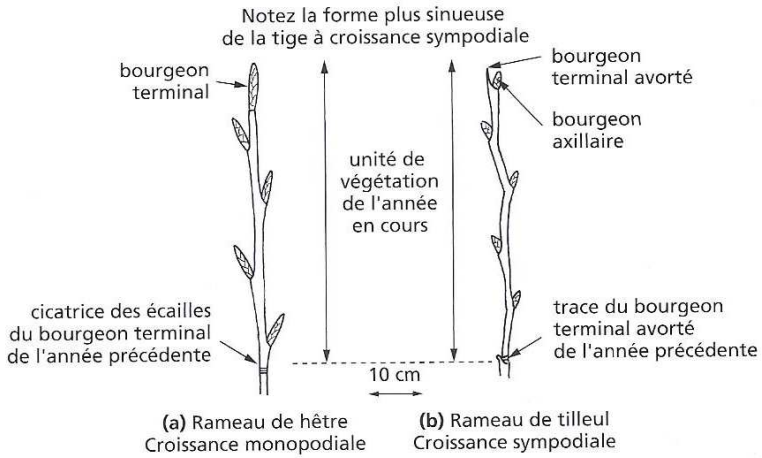


FIGURE a. Croissance monopodiale vs. sympodiale monochasiale.
D'après PEYCRU *et al.* (2010a).

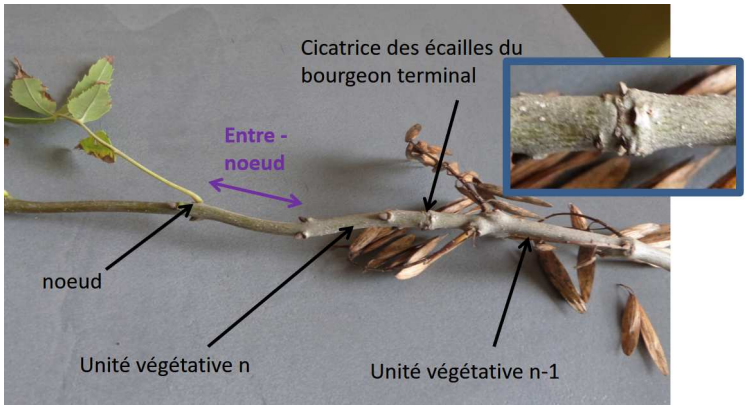


FIGURE b. Croissance monopodiale : exemple du Frêne.
Cliché B. DUTRIEUX (Montpellier 34).

° **Tiges à** croissance sympodiale monochasiale (ex : Tilleul, Châtaignier, Charme) [figures a + c + f]. ***Le bourgeon terminal meurt après avoir fonctionné une saison***. Il est ***remplacé par le bourgeon axillaire situé juste en-dessous***. Celui-ci se redresse et se retrouve ainsi dans le prolongement de la tige. Il construit l'année suivante un ***nouveau rameau dans le prolongement de celui de l'année précédente***, puis il **avortera** à son tour.... Les unités de végétation successives ont donc été ***produites par des bourgeons différents***.

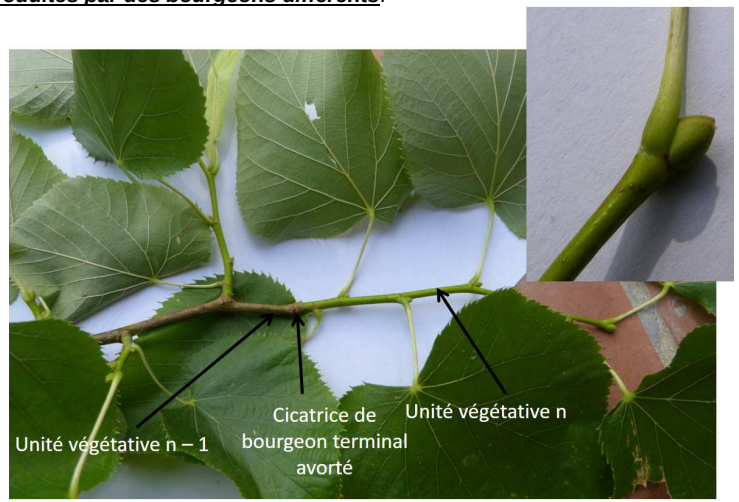
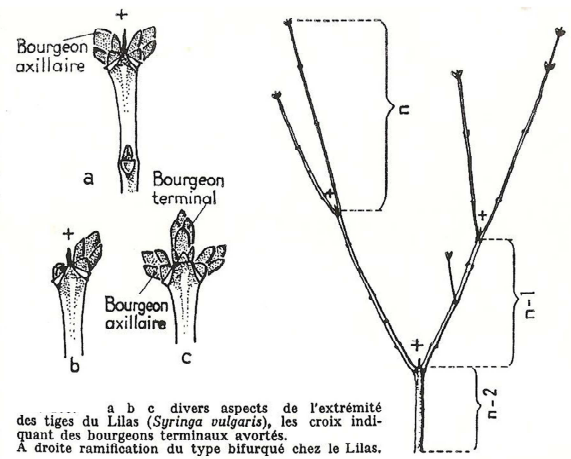


FIGURE c. Croissance sympodiale monochasiale : exemple du Tilleul.
Cliché B. DUTRIEUX (ATS Bio, LEGTA de l'Hérault, Montpellier 34).

° **Tiges à** croissance sympodiale dichasiale (ex. Lila) [figure d + e]. Dans certains cas, ***les 2 bourgeons axillaires se développent symétriquement***. L'appareil végétatif est alors constitué d'un ***assemblage de fourches***.



a b c divers aspects de l'extrémité des tiges du Lilas (*Syringa vulgaris*), les croix indiquant des bourgeons terminaux avortés.
A droite ramification du type bifurqué chez le Lilas.

Cliché B. DUTRIEUX

FIGURE d. Croissance sympodiale dichasiale (ex. Lila). D'après CAMEFORT (1977).

Quelques illustrations complémentaires

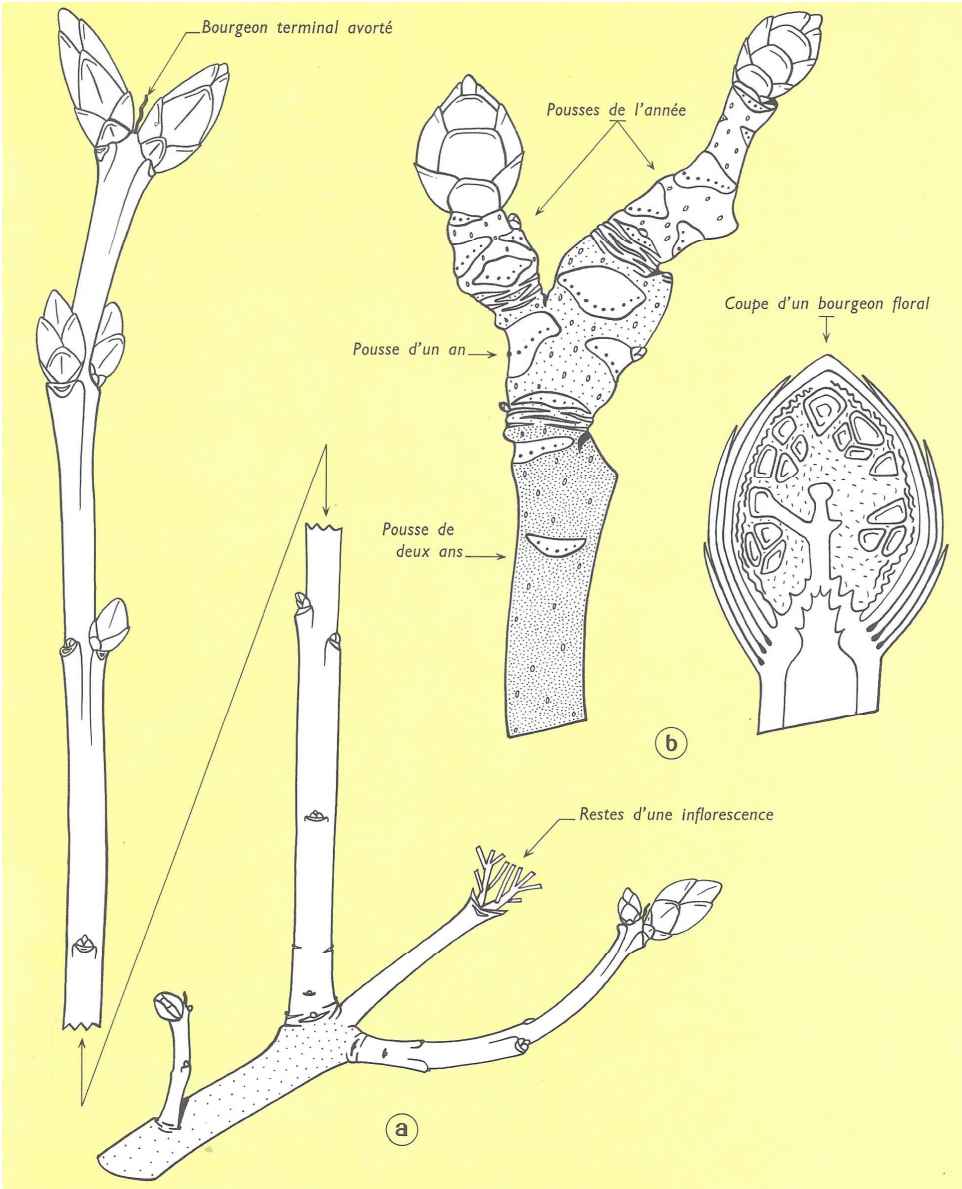


FIGURE e. Rameau de Lila (a) et Maronnier (b). D'après VINCENT (1964).

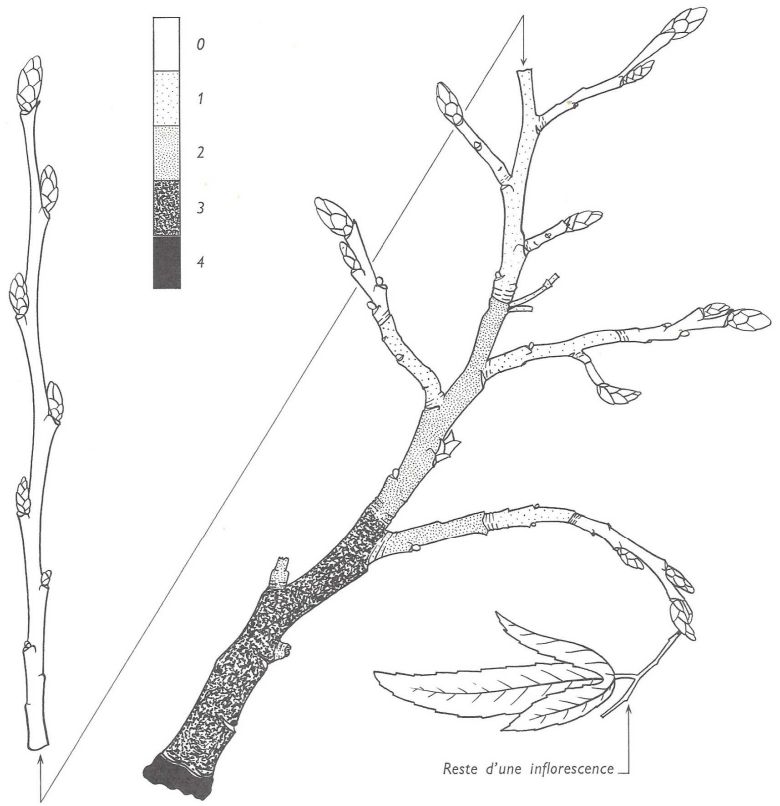


FIGURE f. Rameau de Charme. D'après VINCENT (1964).

- Conséquences sur le port des végétaux : encadré C (pour information ?) : notions d'**épitonie** vs. **hypotonie** ; **acrotonie** vs. **basitonie** + organisation du port arborescent.

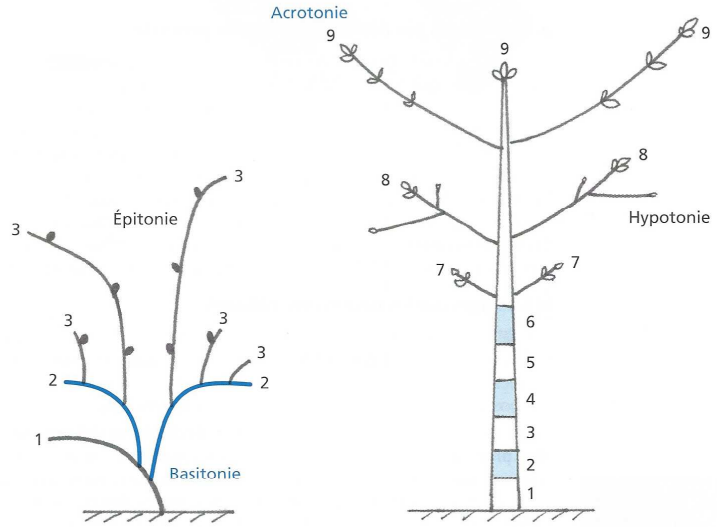
Encadré C Port et organisation des espèces arborescentes et arbustives

D'après PEYCRU et al. (2010a) [Pour information ? Limite programme mais bon…]

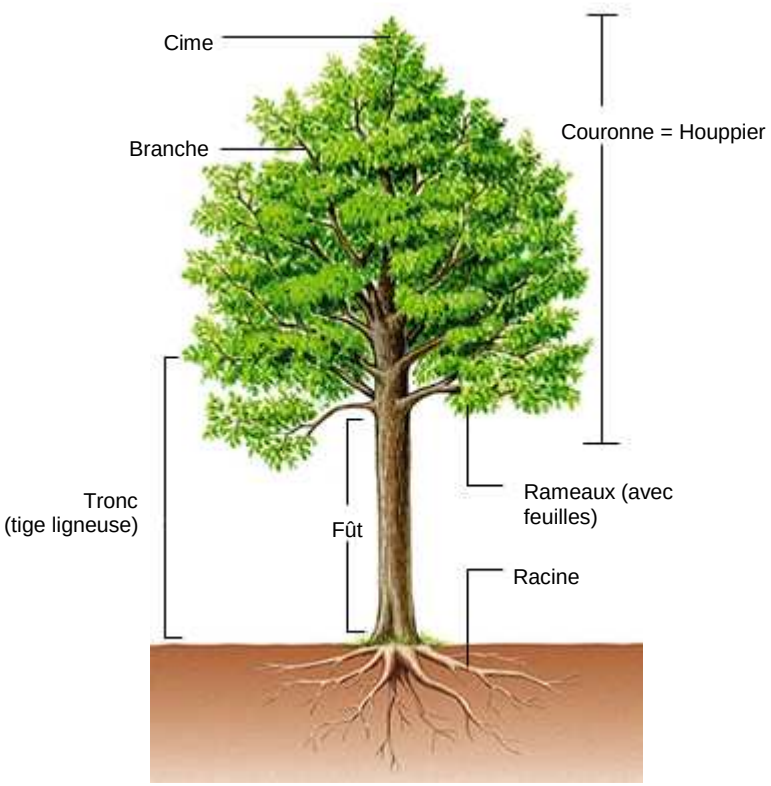
Les différents ports sont plus faciles à distinguer en hiver, lorsque la disposition relative des rameaux n'est pas masquée par le feuillage

Dans le type **arbre**, le **tronc** (tige principale) croît verticalement et n'est pas ramifié à sa base, à la suite d'une dominance apicale marquée les premières années. Les ramifications situées en haut du tronc ou des rameaux secondaires sont les plus longues : c'est le phénomène d'**acrotonie**. Sur les rameaux secondaires, qui croissent obliquement, les bourgeons de la face inférieure (abaxiale) sont plus gros que ceux de la face supérieure (adaxiale) : c'est le phénomène d'**hypotonie,** qui conduit à un étalement de la ramure.

Dans le type **buisson**, la tige principale s'allonge peu la première année et finit par s'orienter horizontalement. Le bourgeon terminal avorte sans être remplacé par un bourgeon axillaire. Seules les ramifications poursuivent leur croissance qui est d'abord verticale. Ce sont alors les bourgeons situés en bas de la tige principale (**basitonie**), puis ceux situés sur la face supérieure des rameaux secondaires (**épitonie**) qui se développent le plus. Il se forme ainsi un ensemble touffu.



La réalité est bien plus complexe. Les espèces d'arbre présentent divers modèles architecturaux. Au sein d'une même espèce, les facteurs du milieu contribuent à déterminer le port (par exemple, les arbres soumis à l'action du vent ont un port en drapeau). L'homme sait aussi modifier la silhouette des arbres par la taille. En résumé, chez les Angiospermes ligneuses, le mode de développement des bourgeons axillaires dépend à la fois des inhibitions exercées par le bourgeon terminal, par voie hormonale, et des facteurs de l'environnement dont le mode d'action n'est pas encore totalement compris.



Pour information : Les différentes parties d'un arbre.
http://5fr.eu/Encyclopedie_Universelle/page/ARBRE.1581/ (consultation novembre 2015)

E. Localisation de la croissance en longueur dans les racines et tiges primaires

1. Zones de croissance dans la racine (activité 3)

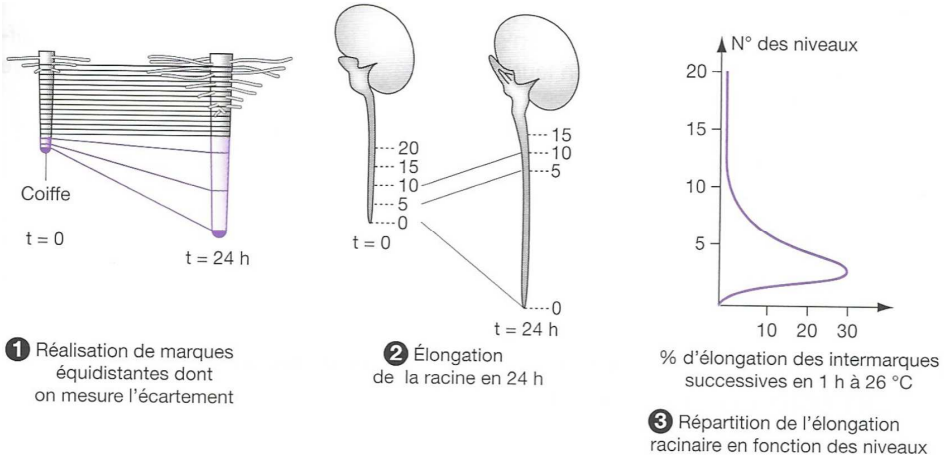
Où s'effectue la croissance racinaire ?

Activité 3. Localisation de la croissance en longueur dans une racine primaire

Savoirs à construire	Localisation de la croissance racinaire

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Analyser, observer et raisonner	

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Utilisez** les résultats ci-dessous (figure 18) pour **répondre** au problème.*



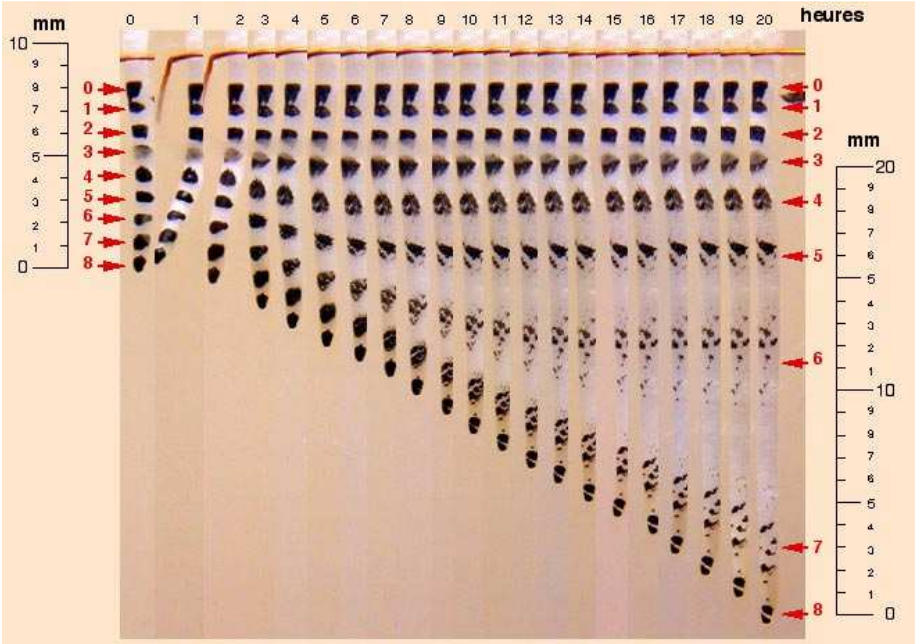


FIGURE 18. Expériences de marquage de racines (marques colorées à l'encre) (= Expérience de SACHS). D'après BREUIL (2007) et http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/racine/01-sachs.htm (consultation novembre 2015)

2. Zones de croissance dans la tige (activité 4)

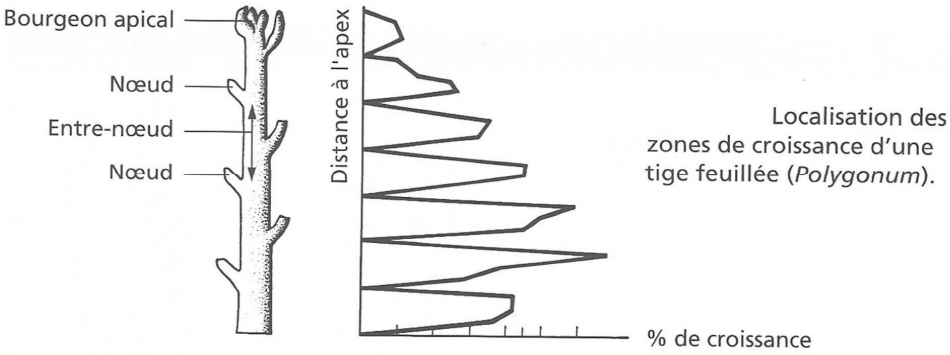
Où s'effectue la croissance caulinaire ?

Activité 4. Localisation de la croissance en longueur dans une racine primaire

Savoirs à construire	Localisation de la croissance caulinaire

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Analyser, observer et raisonner	

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Utilisez** les résultats ci-dessous pour **répondre** au problème.*



Localisation des zones de croissance d'une tige feuillée (*Polygonum*).

FIGURE 19. Estimation du pourcentage de la croissance dans une tige herbacée.
D'après PEYCRU *et al.* (2010a)

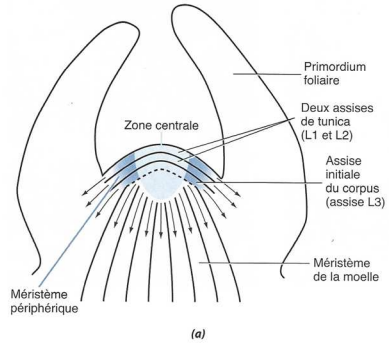
F. Étude de l'apex caulinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 5)

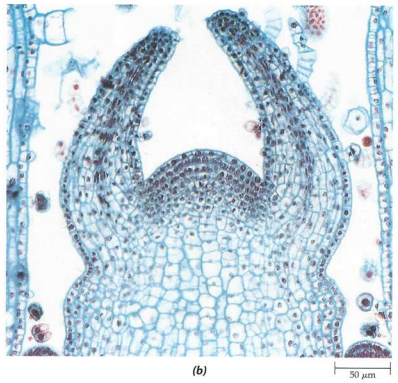
- La **description** de l'**organisation** et du **fonctionnement** de l'**apex caulinaire** est assurée par le cours (chapitre A2-2. Construction d'une Angiosperme Eudicotylédone). Il s'agit ici d'identifier les **types cellulaires** (cellules méristématiques, cellules en auxèse, cellules en différenciation) et la **zonation de l'apex** sur des échantillons concrets.
- ***Remarque : notez bien qu'il est impératif de savoir en outre repérer et schématiser les différents stades de la mitose.***

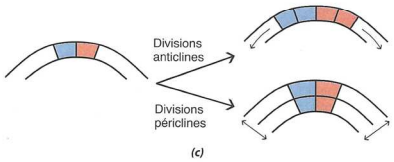
Comment s'organise l'apex caulinaire et notamment ses zones méristématiques ?
Comment les étapes de la mitose peuvent-elles être mises en évidence par l'étude de cet apex ?

Activité 5. Organisation et fonctionnement de l'apex caulinaire

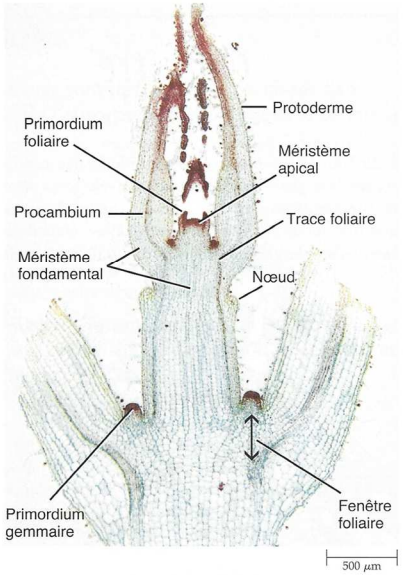
Savoirs à construire	Organisation du **méristème apical caulinaire** et plus généralement de l'apex caulinaire **Localisation** des processus de développement (**mérèse**, **auxèse**, **différenciation**) Observation de **figures de mitoses** | Mitoses **périclines** vs. **anticlines**







Organisation tunica-corpus *(a), (b) Détail de l'apex caulinaire de* Coleus blumei. Coleus *possède une tunica biassisiale, représentée par les assises L1 et L2 du méristème apical. L'assise initiale du corpus est représentée par L3. Le corpus et les parties des assises de la tunica qui l'entourent correspondent à la zone centrale. La zone périphérique est la partie mitotiquement la plus active du méristème apical. (c) Divisions anticlines et périclines. Les divisions cellulaires sont presque exclusivement anticlines dans les assises de la tunica. Celles de l'assise initiale du corpus sont anticlines et périclines. Grâce aux divisions périclines, les cellules de l'assise initiale ajoutent des cellules au corpus.*



***Pointe de la tige de* Coleus blumei** *Les feuilles de* Coleus, *plante commune d'appartement, sont opposées au niveau des nœuds. Chaque paire est perpendiculaire à la précédente (phyllotaxie décussée) ; les feuilles du nœud marqué dans la figure sont donc perpendiculaires au plan de la coupe.*

FIGURE 20. Méristème apical caulinaire (MAC) et apex de tige.
D'après RAVEN *et al.* (2007b)

Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Maîtriser un outil, geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

- **Étude microscopique** d'un apex caulinaire disponible.

Pistes de réflexion et d'exploitation
***Localisez** et **observez** les différentes zones d'un apex caulinaire et l'organisation d'un bourgeon herbacé. **Utilisez** votre cours et la figure 20 dont vous **ajouterez** les légendes manquantes.*

G. Étude de l'apex racinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 6)

- La **description** de l'**organisation** et du **fonctionnement** de l'**apex racinaire** est assurée par le cours (chapitre A.2-2. Construction d'une Angiosperme Eudicotylédone). Il s'agit ici d'identifier les **types cellulaires** (cellules méristématiques, cellules en auxèse, cellules en différenciation) et la **zonation de l'apex** sur des échantillons concrets.
- ***Remarque : notez bien qu'il est impératif de savoir en outre repérer et schématiser les différents stades de la mitose.***

Comment s'organise l'apex racinaire et notamment ses zones méristématiques ?
Comment les étapes de la mitose peuvent-elles être mises en évidence par l'étude de cet apex ?

Activité 6. Organisation et fonctionnement de l'apex racinaire

Savoirs à construire	Organisation du **méristème apical racinaire** et plus généralement de l'apex caulinaire **Localisation** des processus de développement (**mérèse**, **auxèse**, **différenciation**) Observation de **figures de mitoses** | Mitoses **périclines** vs. **anticlines**

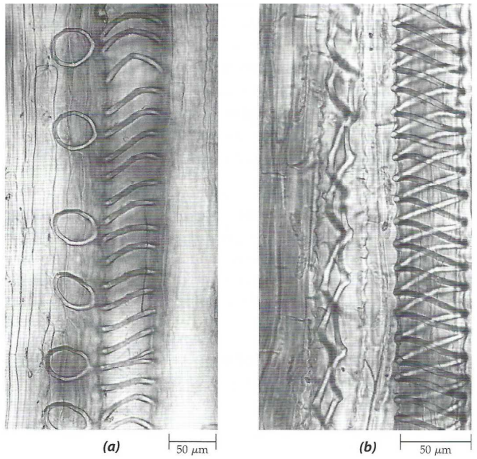
Savoir-faire sollicités	Capacité ou attitude visée	Évaluation
	Maîtriser un outil, geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

- **Étude microscopique** d'un apex racinaire disponible (Jacinthe, Ail…).

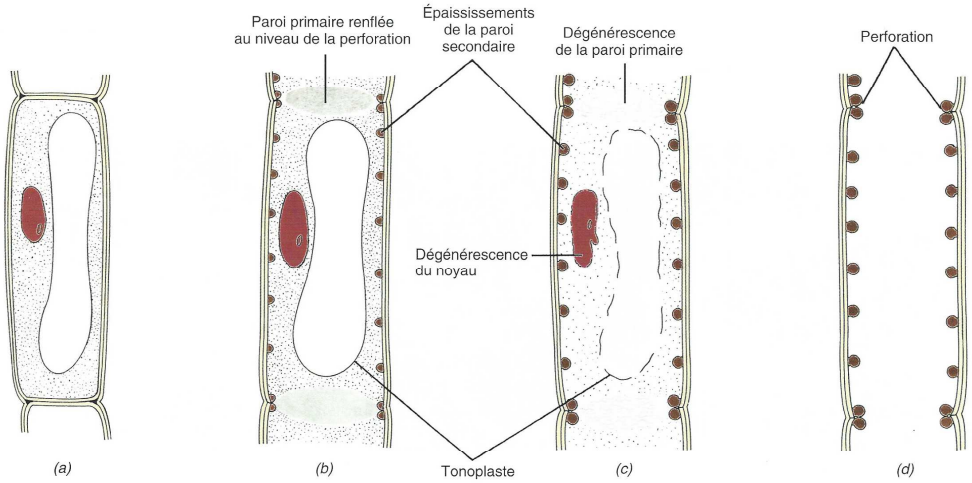
Pistes de réflexion et d'exploitation
***Localisez** et **observez** les différentes zones d'un apex caulinaire et l'organisation d'un bourgeon herbacé. **Utilisez** votre cours et ses figures.*

H. Étude d'un exemple de différenciation : les vaisseaux du xylème

- Il est demandé d'étudier des **documents permettant de comprendre la différenciation des vaisseaux du xylème** : ce point est traité dans le chapitre de cours (Chapitre A.2-2. Construction d'une Angiosperme Eudicotylédone). Nous rappelons néanmoins les **grands principes** de cette différenciation avec la figure 21.



Éléments de trachées *Portions d'éléments conducteurs du protoxylème (xylème primaire le plus ancien). chez le ricin (*Ricinus communis*). (a) Épaississements cellulaires annelés (en forme d'anneaux à gauche) et spiralés dans des éléments partiellement étirés. (b) Épaississement doublement spiralé dans des éléments étirés. L'élément de gauche a été fortement étiré et les spires des hélices se sont écartées.*



Différenciation d'un élément de vaisseau *(a) Jeune élément très vacuolisé, sans paroi secondaire. (b) La cellule s'est élargie, la paroi secondaire — spiralée quant on la voit en trois dimensions — a commencé à se déposer et la paroi primaire s'est épaissie au niveau d'une perforation. (c) Le dépôt de la paroi secondaire est terminé et la cellule est partiellement lysée. Le noyau dégénère, le tonoplaste est rompu et la paroi est en partie désintégrée au niveau de la perforation. (d) La cellule est arrivée à maturité, elle ne possède plus de protoplaste et elle est ouverte aux deux extrémités.*

FIGURE 21. Différenciation des éléments de vaisseaux. D'après BREUIL (2007)

III. Étude histologique des racines et tiges (activité 7) (TP A5)

Comment s'organisent tissulairement les tiges et racines d'Angiospermes ?

Activité 7. Organisation des tiges et racines en coupe transversale

Savoirs à construire	Organisation des tiges et racines

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

- **Étude microscopique** de coupes transversales de manière à comprendre l'organisation histologique et anatomique des tiges et racines de Monocotylédones et Eudicotylédones.
- ***Vous devez utiliser et maîtriser le complément 4 sur l'histologie végétale.***

Pistes de réflexion et d'exploitation
Complétez *les légendes des figures.*

A. Étude d'une racine de Monocotylédone

- Coupe transversale de racine de Monocotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de racine d'Iris (figure 22).

B. Étude d'une racine primaire d'Eudicotylédone

- Coupe transversale de racine primaire d'Eudicotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de racine primaire de Ficaire (figure 23).

C. Étude d'une racine secondaire d'Eudicotylédone

- Coupe transversale de racine secondaire d'Eudicotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de racine secondaire de Vigne (figure 24).

D. Étude d'une tige de Monocotylédone

- Coupe transversale de tige de Monocotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de tige de Maïs (figure 24).

E. Étude d'une tige primaire d'Eudicotylédone

- Coupe transversale de tige primaire d'Eudicotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de tige d'Aristoloche (figure 26).

F. Étude d'une tige secondaire d'Eudicotylédone

- Coupe transversale de tige primaire d'Eudicotylédone disponible.
- À compléter : coupe transversale de tige secondaire de Sureau (figure 27).

G. Zonation d'un tronc d'arbre en coupe transversale

- **Utilisez** l'échantillon disponible.
- À compléter : coupe transversale de tronc de Chêne (figure 28).

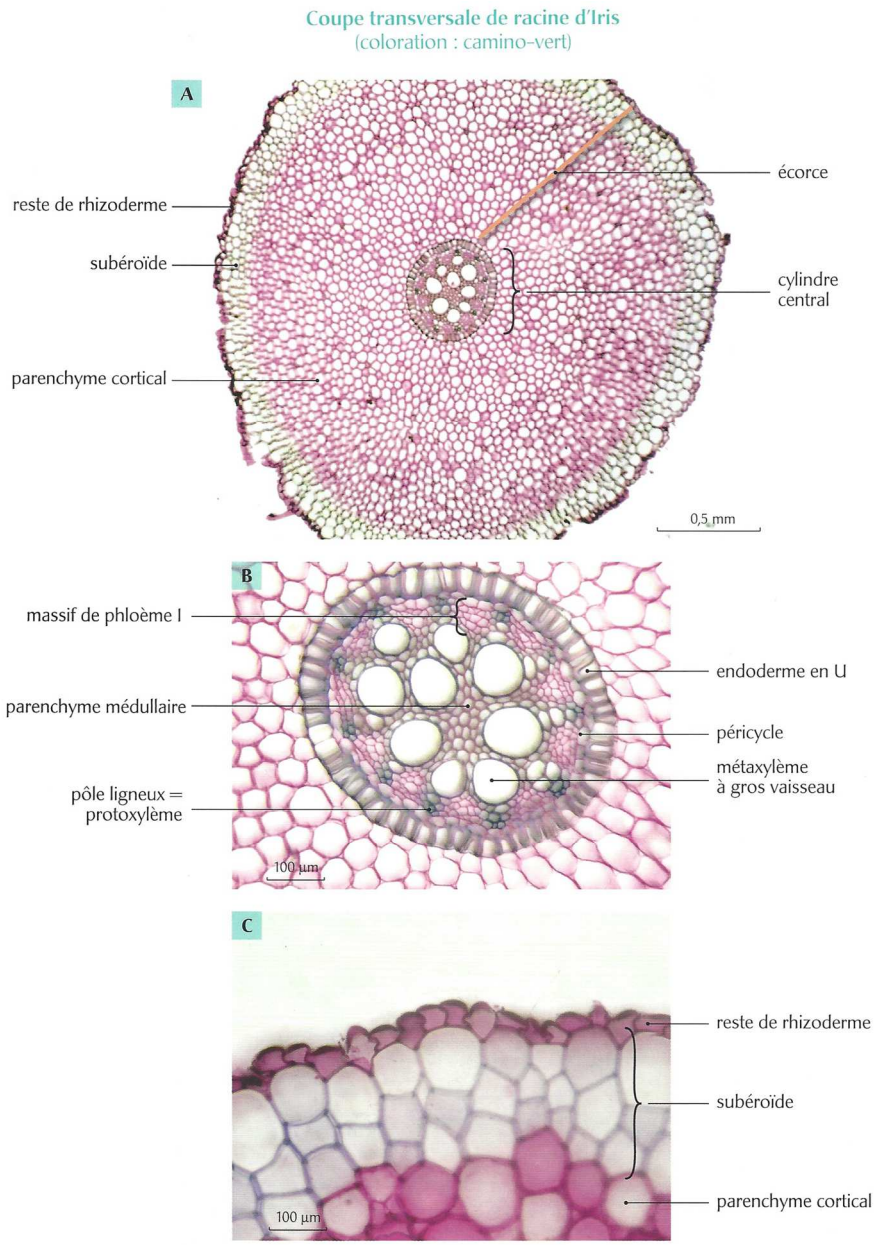


FIGURE 22. Coupe transversale d'une racine d'Iris (Monocotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A), donc une racine ou une tige.
- Les massifs de xylème I et de phloème I sont alternes (photo B).
- Les massifs de xylème I sont à différenciation centripète.

➡ C'est une racine

Ceci est confirmé par les caractères suivants :

- L'écorce est très développée et le cylindre central (dont la moelle) est réduit ;
- Il y a des assises subéreuses constituant le subéroïde (photo C) ;
- L'endoderme est bien différencié ;
- Il n'y a pas de tissu de soutien.

Position systématique

- Les massifs de xylème I et de phloème I sont en nombre élevé (> 8).
- L'endoderme présente des épaississements de lignosubérine en U (sauf au niveau des cellules de passage).

➡ C'est une racine de Monocotylédone

Ceci est conforté par les caractères suivants :

- Le métaxylème montre de larges vaisseaux.
- Il n'y a pas de formations secondaires.

Remarque : cette coupe a été réalisée au niveau de la zone subéreuse de la racine ce qui explique l'absence des poils absorbants (voir fiche 24 La racine de Ficaire).

Schéma en figurés conventionnel

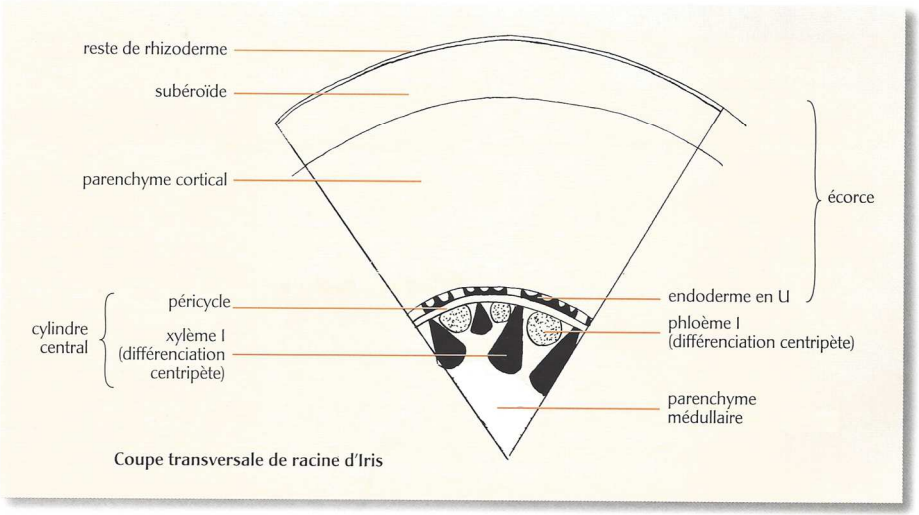


FIGURE 22. Coupe transversale d'une racine d'Iris (Monocotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié.

Coupe transversale de racine de Ficaire
(coloration : carmino-vert)

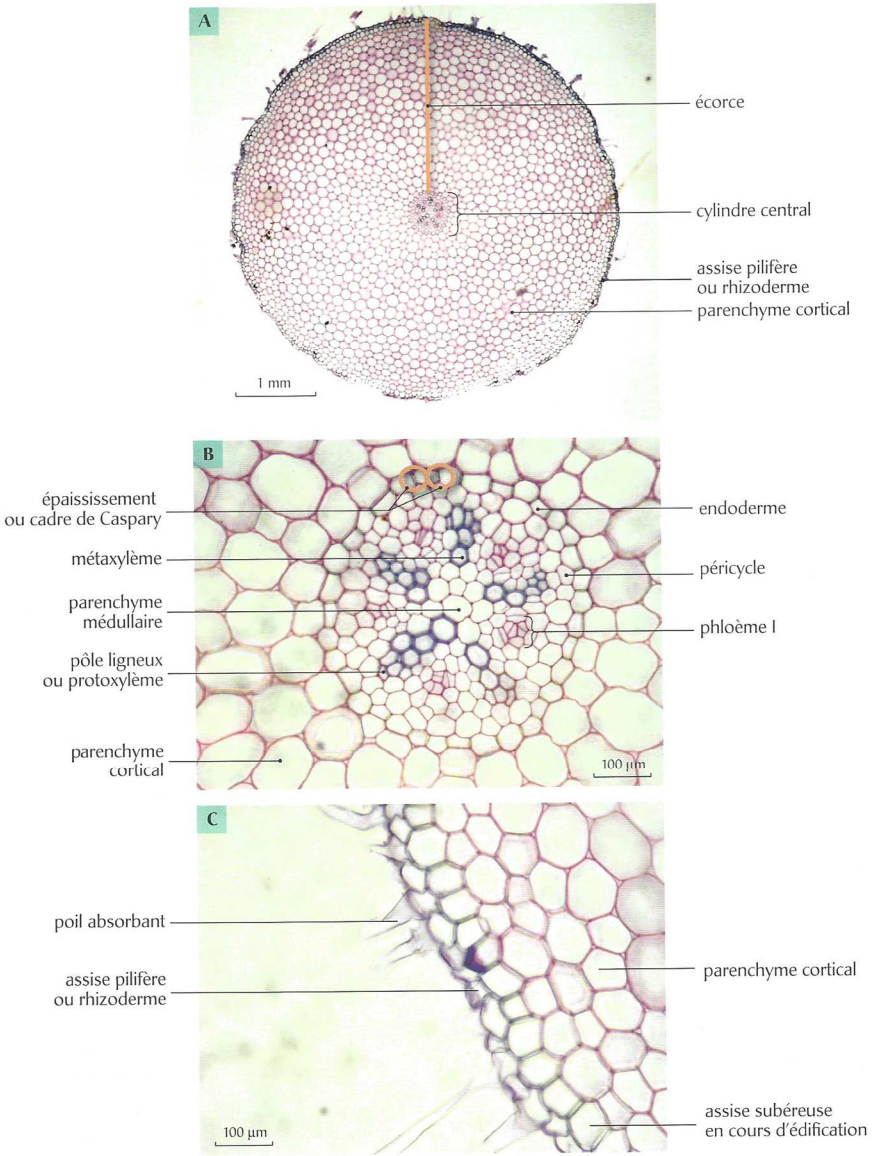


FIGURE 23. Coupe transversale d'une racine primaire de Ficaire (Eudicotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A), donc une racine ou une tige.
- Les massifs de xylème I et de phloème I sont alternes (photo B).
- Les faisceaux de xylème I sont à différenciation centripète.

➡ C'est une racine.

Ceci est confirmé par les caractères suivants :

- L'écorce est très développée et le cylindre central est réduit ;
- Il y a une assise pilifère (photo C) ;
- L'endoderme est bien différencié ;
- Il n'y a pas de tissu de soutien.

Position systématique

De plus, on peut noter que :

- Les massifs de xylème I et de phloème I sont en nombre réduit (<7) ;
- L'endoderme présente un cadre subérifié (appelé « cadre de Caspary »).

➡ C'est une racine de Dicotylédone.

- Il n'y a pas de formations secondaires.

➡ C'est une racine de Dicotylédone en structure primaire.

Caractères biologiques particuliers

Cette coupe a été réalisée au niveau de la zone pilifère de la racine. La forme allongée des poils absorbants et leurs parois très fines sont caractéristiques d'une surface d'échanges, spécialisée dans l'absorption d'eau et d'ions minéraux à l'origine de la sève brute. La présence d'un endoderme à cadre impose par ailleurs un transit symplasmique vers le cylindre central.

Schéma en figurés conventionnels

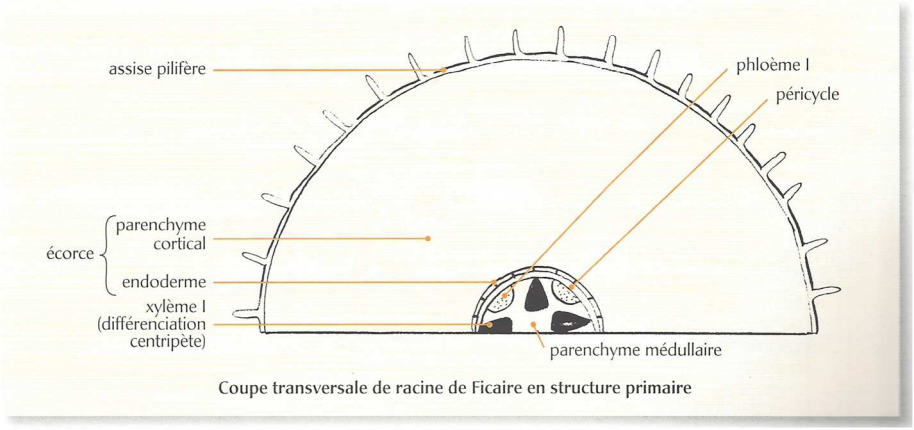


FIGURE 23. Coupe transversale d'une racine primaire de Ficaire (Eudicotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Coupe transversale de racine de Vigne âgée
(coloration : carmino-vert)

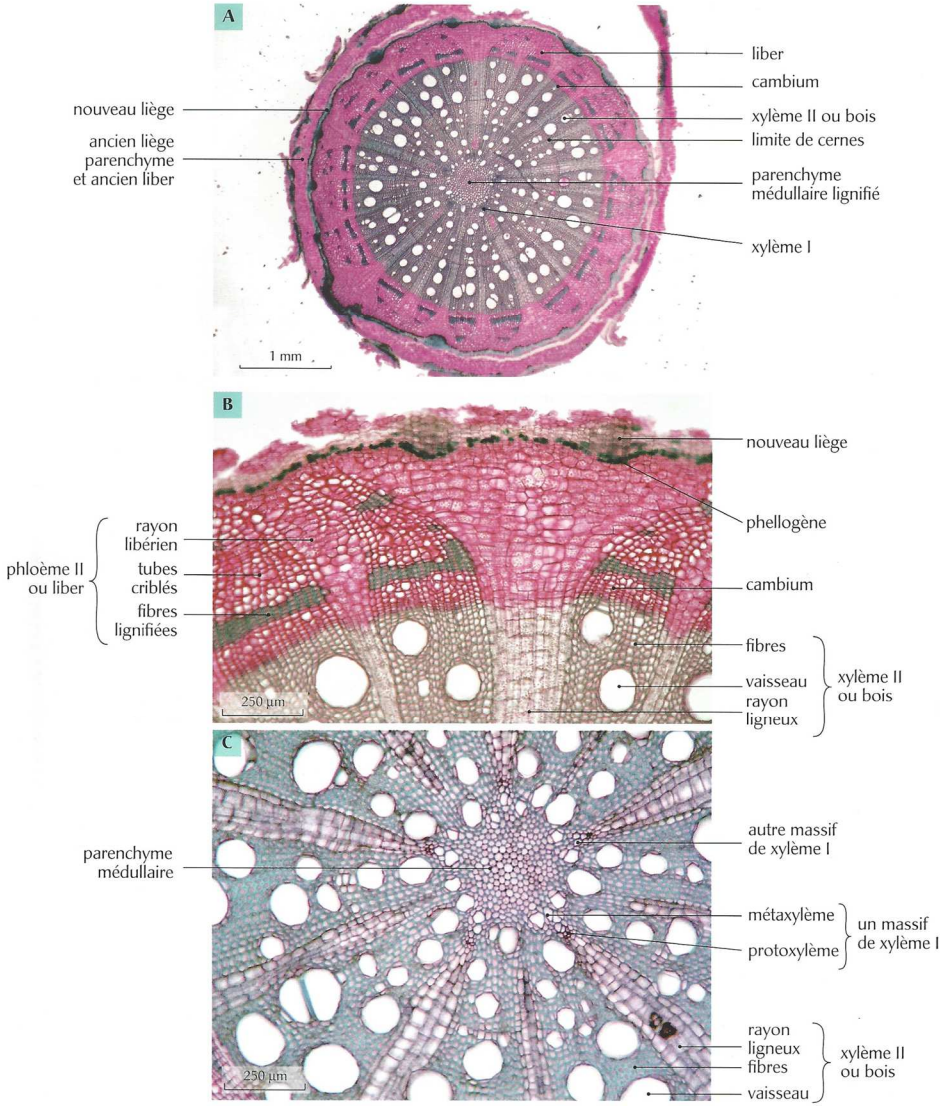


FIGURE 24. Coupe transversale d'une racine secondaire de Vigne (Eudicotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A), donc une racine ou une tige.
- Les massifs de xylème I sont à différenciation centripète (photo C) et le parenchyme médullaire est réduit.

➟ C'est une coupe de racine

Position systématique

De plus, on peut noter que :

- Les formations secondaires (photo B) sont nombreuses ; le bois est à fibres et à vaisseaux donc hétéroxylé ;

➟ C'est une racine de Dicotylédone en structure secondaire

Caractères biologiques particuliers

Le bois présente des cernes (trois nets) et l'ancien liège (photo B) est en cours de renouvellement. Cet organe est donc âgé de trois ans. On remarque par ailleurs qu'il y a eu lignification du parenchyme médullaire (photo C) ce qui n'était pas le cas la première année.

Le fait que le bois constitue une couronne (ou pachyte) continue à couches successives permet de conclure qu'il s'agit d'une racine de plante vivace arbustive ou arborescente.

Schémas en figurés conventionnels

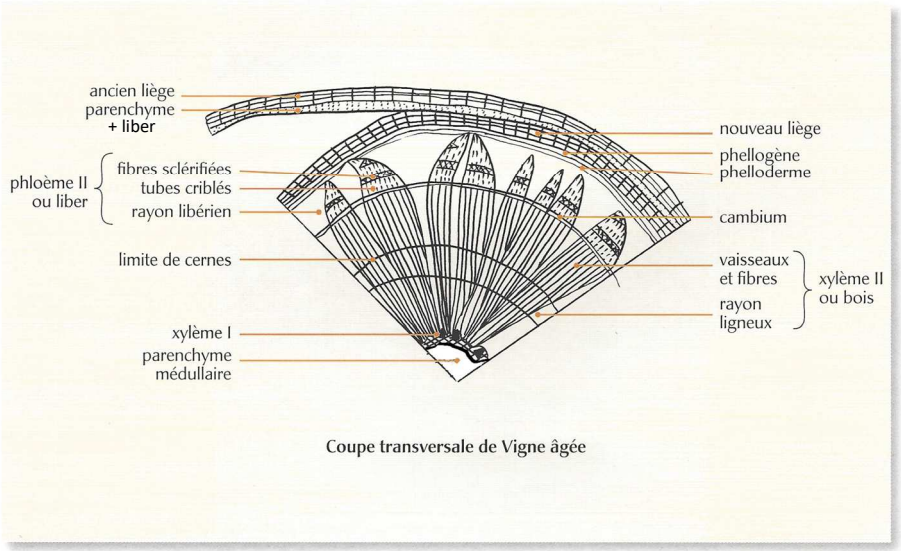


FIGURE 24. Coupe transversale d'une racine secondaire de Vigne (Eudicotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié

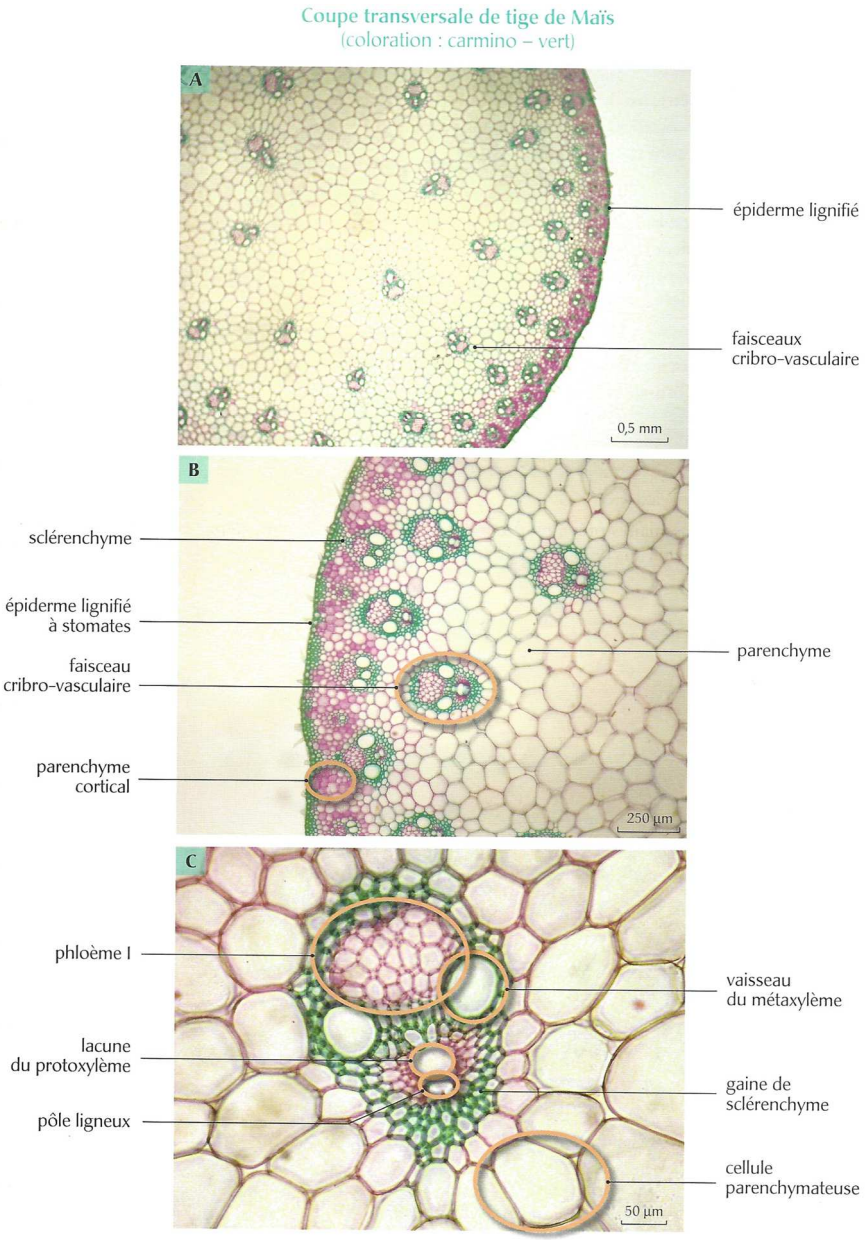


FIGURE 25. Coupe transversale d'une tige de Maïs (Monocotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A), donc une racine ou une tige.
- Le xylème I est à différenciation centrifuge (photo C).
- Xylème I et phloème I sont superposés (photo B et C).

➠ C'est une tige

Le caractère aérien de cet organe est confirmé par les points suivants :

- La moelle est relativement importante ;
- Il existe des tissus plus spécifiquement aériens que sont les tissus de soutien (sclérenchyme dans le cas présent, photo B) et de protection-échanges, l'épiderme en l'occurrence.

Position systématique

- Les faisceaux cribro-vasculaires, nombreux, sont disposés sur plusieurs cercles concentriques (photo A).
- Dans les faisceaux cribro-vasculaires, le cambium est toujours absent ; il n'y a pas de tissus conducteurs secondaires (photo C).

➠ C'est une tige de Monocotylédone

Caractères particuliers

- Les faisceaux cribro-vasculaires présentent une large lacune à la place du protoxylème : celle-ci résulte de la résorption du protoxylème lors de la différentiation des faisceaux.
- La lignification de l'épiderme suggère que cette plante est amenée à limiter sa transpiration.

Schéma en figurés conventionnels

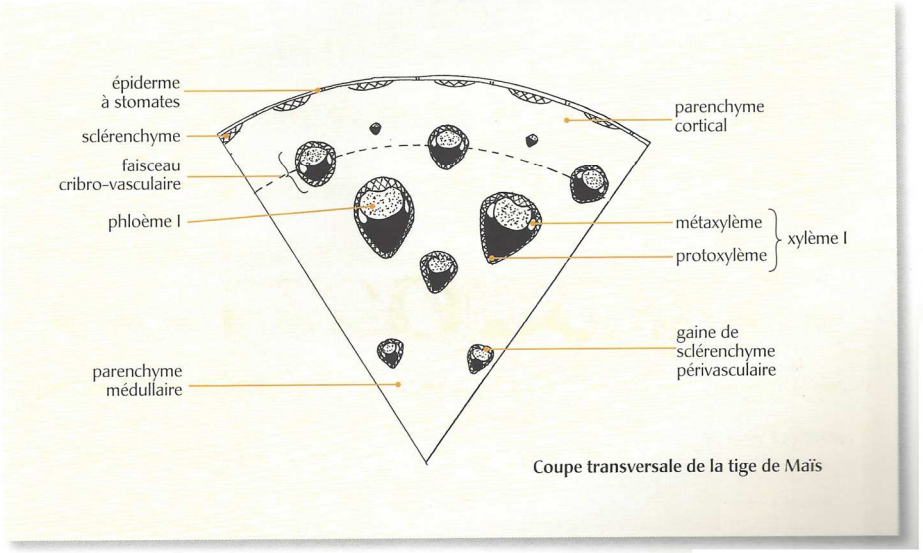


FIGURE 25. Coupe transversale d'une tige de Maïs (Monocotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Coupe transversale de tige d'Aristoloche
(coloration : carmino-vert)

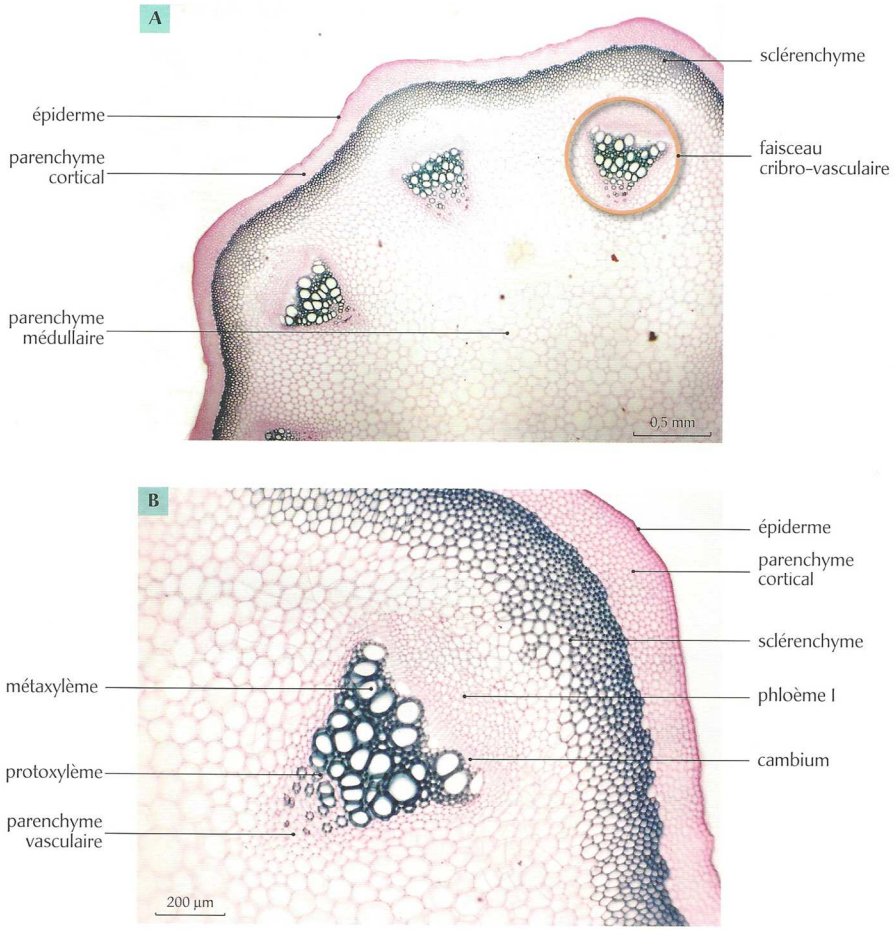


FIGURE 26. Coupe transversale d'une tige primaire d'Aristoloche (Eudicotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A) donc une racine ou une tige.
- Le xylème I est à différenciation centrifuge.
- Xylème I et phloème I sont superposés (photo B).

➡ C'est une tige.

Le caractère aérien de cet organe est confirmé par les points suivants :

- La moelle est très importante comparativement au cortex (photo A) ;
- Il existe des tissus plus spécifiquement aériens que sont les tissus de soutien (sclérenchyme dans le cas présent) et de protection-échanges, l'épiderme en l'occurrence (photo B).

Position systématique

- Entre xylème I et phloème I, on observe l'apparition du cambium voire une ébauche de structure secondaire (photo B).
- Les faisceaux cribro-vasculaires sont disposés sur un seul cercle (photo A).

➡ C'est une tige de Dicotylédone présentant une ébauche de structure secondaire

Caractères biologiques particuliers

Seul s'observe un cambium fasciculaire qui n'a pas produit de tissus secondaires. Le cambium interfasciculaire est absent. Cette coupe correspond donc à une tige herbacée, de première année vraisemblablement.

Schéma en figurés conventionnels

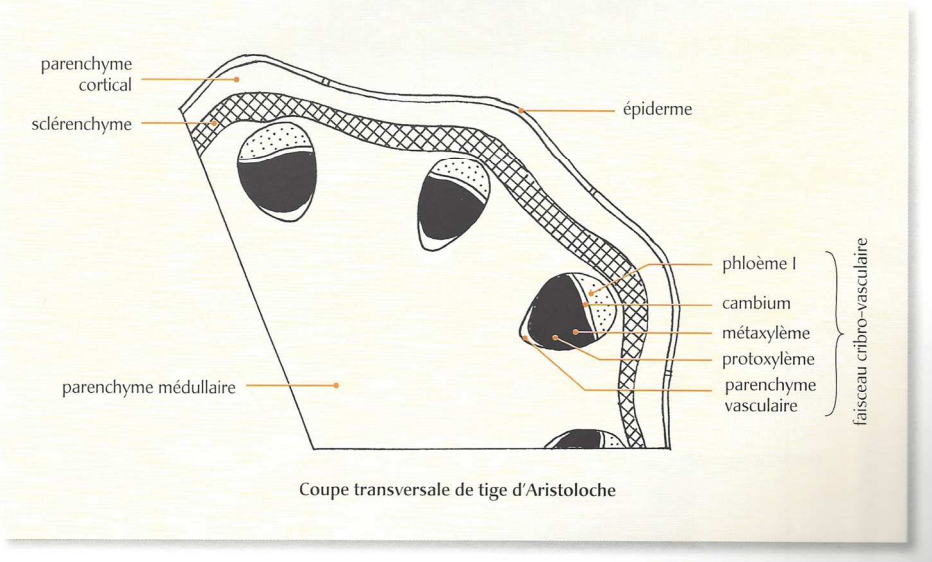


FIGURE 26. Coupe transversale d'une tige primaire d'Aristoloche (Eudicotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010)

Coupe transversale de tige de Sureau
(coloration : carmino–vert)

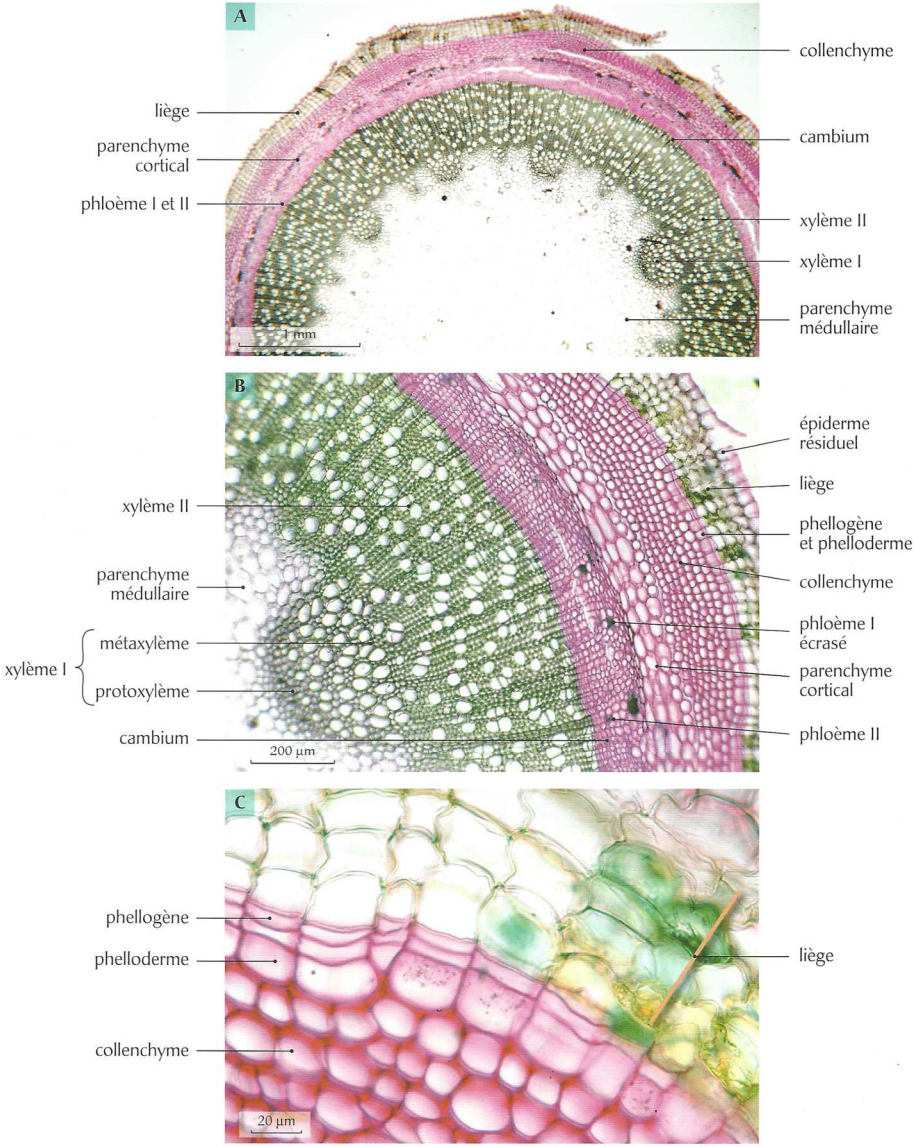


FIGURE 27. Coupe transversale d'une tige secondaire de Sureau (Eudicotylédones) 1/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié

Diagnose

Nature de l'organe

- C'est un organe à symétrie axiale (photo A) donc une racine ou une tige.
- Le xylème I est à différenciation centrifuge (photo B).
- Xylème I et phloème I étaient initialement superposés avant le développement des tissus secondaires.
- La moelle est abondante et le cortex est peu développé.

➡ C'est une tige.

Le caractère aérien de cet organe est confirmé par quelques restes de tissu primaire de soutien que sont les îlots de collenchyme en périphérie.

Position systématique

- Les tissus secondaires sont abondants, qu'il s'agisse du cambium continu (photo B) et de ses productions, bois et liber, ou du phellogène recouvert de liège (photo C).
- Le bois est constitué de vaisseaux et de fibres donc est hétéroxylé.

➡ C'est une tige de Dicotylédone en structure secondaire.

Caractères biologiques remarquables

La couche continue et uniforme de bois (pachyte continu) issue du fonctionnement simultané des cambiums fasciculaire et interfasciculaire ainsi que la présence de liège en surface dénotent le caractère arbustif ou arborescent de cette tige. Néanmoins l'absence de cernes au sein du bois et les restes de tissus primaires corticaux traduisent le fait que cette tige a été prélevée à la fin de sa première année. On peut donc présumer le caractère vivace de cette plante.

La mise en place du phellogène s'est réalisée dans ce cas au niveau de l'assise sous-épidermique (photos B et C).

Schéma en figurés conventionnels

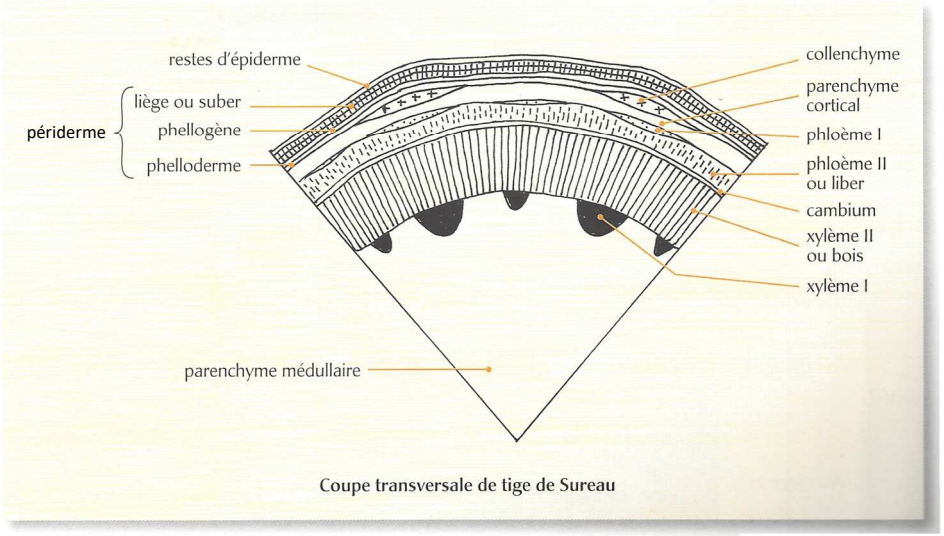


FIGURE 27. Coupe transversale d'une tige secondaire de Sureau (Eudicotylédones) 2/2.
D'après BOUTIN *et al.* (2010), modifié

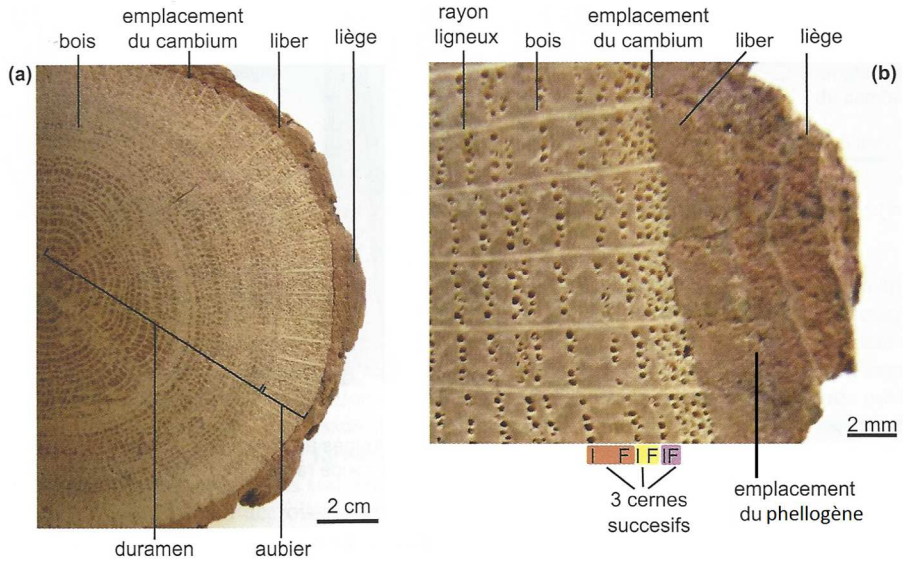


FIGURE 28. Coupe transversale d'un tronc de Chêne (Eudicotylédones).
D'après PEYCRU *et al.* (2014)

Références

ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition.* Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUTIN, V., J.-F. FOGELGESANG, J.-F. BEAUX & F. RIBOLA (2010). *Atlas de Biologie végétale BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BOUTIN, V., L. GERAY, Y. KRAUSS & C. VILBERT (2015). *Atlas de biologie BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMEFORT, H. (1977). *Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie. Anatomie. Adaptations.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1962).

CAMEFORT, H. & H. BOUÉ (1980). *Reproduction et biologie des végétaux supérieurs. Brophytes. Ptéridophytes. Spermaphytes.* Doin, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

CHASSANY, V., M. POTAGE & M. RICOU (2012). *Mini manuel de Biologie végétale.* Dunod, Paris.

CLESSE, B. (2006). *Glossaire botanique illustré*. Entente nationale pour la Protection de la Nature, Bruxelles (B).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
DUCREUX, G. (2002). *Introduction à la botanique.* Belin, Paris.
GALIANA, D., C. LE ROUX & I. MONCHÂTRE (coord. T.-M. BOTREAU) (2015). *Biologie-Écologie Module M72. Bac technologique STAV. La gestion du vivant et des ressources.* Éducagri, Dijon.
GUIGNARD, J.-L. & F. DUPONT (2004). *Botanique. Systématique moléculaire.* Masson, Issy-les-Moulineaux (92), 13e édition (1e édition 1974).
GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
KLEIMAN, C. (2001). *La reproduction des Angiospermes.* Belin, Paris.
LABERCHE, J.-C. (2004). *Biologie végétale.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).
LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.
LIZEAUX, C., D. BAUDE (dir.), A. ANDRÉ, C. BRUNET, J.-Y. DUPONT, B. FORESTIER, E. FRANÇOIS, Y. JUSSERAND, G. LÉVÊQUE, P. PILLOT, S. RABOUIN & A. VAREILLE (2012). *Sciences de la Vie et de la Terre Terminale S. Enseignement spécifique.* Bordas, Paris.
MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales.* Maloine, Paris, 2e édition (1e édition 2004).
MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie.* Frison-Roche, Paris.
PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).
PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2007).
PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG, & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).
PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).
RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007*a*). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.
RAVEN, P. H., R. F. EVERT & S. E. EICHHORN (2007*b*). *Biologie végétale*. De Boeck, Bruxelles. Traduction de la 7e édition américaine par J. Bouharmont, révision C. Evrard.
RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 2010).
RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2015). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2010).
ROBERT, D. & J.-C. ROLAND (1998*a*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **1**. Organisation cellulaire.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1989).
ROBERT, D., C. DUMAS & C. BAJON (1998*b*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **3**. La reproduction.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1994).
ROBERT, D. & A.-M. CATESSON (2000). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes. **2**. Organisation végétative.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1990).
SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.
SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ, C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.
VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1reM'*. Vuibert, Paris.
VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2eM'*. Vuibert, Paris.
VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1eD*. Vuibert, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme **1**
Introduction **1**

I. Graines et développement embryonnaire (TP A3) **2**
A. Dissection de graines : graines albuminées, exalbuminées et à périsperme **2**
1. Les graines, organes de résistance et de dissémination 2
2. Travail pratique à effectuer (activité 1) 2
3. Exploitation : organisation des graines 2
a. Organisation de la graine de Haricot (exalbuminée, réserves amylacées) 2
b. Organisation de la graine de Ricin (albuminée, réserves protéo-lipidiques) 4
c. Organisation du caryopse de Maïs (albuminée, réserves amylacées – et protéiques) 5
B. Étude micrographique de l'embryogenèse et de l'albuminogenèse **7**

II. La croissance en longueur de l'appareil végétatif et les processus associés (TP A4) **8**
A. Préalable : organisation générale d'une Angiosperme adulte herbacée **8**
B. Organisation et structure des bourgeons herbacés **9**
1. Étude d'un cas d'école : le bourgeon du Chou de Bruxelles (activité 2) 9
2. Généralisation 9
C. Organisation des bourgeons ligneux **10**
D. Organisation et croissance des rameaux ligneux : croissance monopodiale vs. sympodiale **10**
E. Localisation de la croissance en longueur dans les racines et tiges primaires **14**
1. Zones de croissance dans la racine (activité 3) 14
2. Zones de croissance dans la tige (activité 4) 15
F. Étude de l'apex caulinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 5) **15**
G. Étude de l'apex racinaire : localisation des zones de mérèse, auxèse et différenciation (activité 6) **16**
H. Étude d'un exemple de différenciation : les vaisseaux du xylème **16**

III. Étude histologique des racines et tiges (activité 7) (TP A5) **17**
A. Étude d'une racine de Monocotylédone **17**
B. Étude d'une racine primaire d'Eudicotylédone **17**
C. Étude d'une racine secondaire d'Eudicotylédone **17**
D. Étude d'une tige de Monocotylédone **17**
E. Étude d'une tige primaire d'Eudicotylédone **17**
F. Étude d'une tige secondaire d'Eudicotylédone **17**
G. Zonation d'un tronc d'arbre en coupe transversale **17**

Références **23**
Plan du TP **24**

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.
Document produit en novembre 2015 • Dernière actualisation : août 2017.
Je remercie très vivement Brigitte DUTRIEUX pour ses clichés.
Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : http://tanguyjean.businesscatalyst.com/

Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.