TP B1-2 – Développement des angiospermes en lien avec le milieu de vie

TP associés à la partie SV-B-3 (le développement post-embryonnaire des Angiospermes : adaptations et plasticité phénotypique)

Capacités exigibles :
- Identifier les zones de croissance apicales d'une Angiosperme
- Estimer sur un rameau le nombre d'unités de végétation
- Réaliser des coupes transversales colorées de tiges et de racines avec des structures secondaires et identifier les différents tissus secondaires (bois, liber, suber, phelloderme)
- Mettre en relation les modifications morpho-anatomiques observées sur des végétaux vivant en milieu sec ou aquatique avec les contraintes spécifiques liées aux conditions de milieu
- Identifier le bois de printemps et le bois d'été formant les cernes du bois à l'échelle macroscopique et/ou microscopique

I. Rappels de sup

Quand vous étiez jeunes, vous avez dû apprendre que…

Les **Angiospermes** sont le groupe monophylétique le plus vaste au sein des plantes vasculaires (ou Embryophytes). Ils sont caractérisés par un appareil aérien constitué de **tiges feuillées**, ainsi que des structures de **reproduction sexuée** (les **fleurs**, dont l'**ovaire**, constitué des carpelles, se transforme en **fruit** près fécondation), et par un appareil souterrain constitué d'un **réseau racinaire**.

Les tissus végétaux sont constitués de cellules possédant une paroi. Du centre vers l'extérieur de la paroi (donc vers l'intérieur de la cellule) :
- **lamelle moyenne**, constituée d'un **gel** de **pectine**
- **paroi primaire**, essentiellement constituée de **cellulose** (polymère de glucose β-1,4)
- **paroi secondaire**, plus ou moins enrichie en composés imprégnant la cellulose (**lignine** notamment).

Le niveau de **différenciation cellulaire** est essentiellement déterminé par la **présence** et/ou **l'épaisseur de la paroi secondaire**. On colore généralement la cellulose et la lignine par la coloration au **carmin-vert d'iode** (coloration de la cellulose en rose, et de la lignine en vert).

Les **tissus primaires** sont les tissus formés par les **méristèmes apicaux** (caulinaire pour les tiges, racinaire pour les racines). Attention : le fait qu'ils soient appelés primaires n'a rien à voir avec leur niveau de **différenciation**, ni avec l'absence de **paroi secondaire**. Par exemple :
- les **parenchymes primaires** sont peu différenciés, et n'ont pas ou peu de paroi secondaire.
- au sein du **xylème primaire**, le **protoxylème** est peu différencié (et paroi secondaire fine), alors que le **métaxylème** est très différencié (et paroi secondaire épaisse et très lignifié).
- le **collenchyme** et le **sclérenchyme primaires** sont très différenciés (paroi secondaire épaisse, riche en cellulose pour le collenchyme, en lignine pour le sclérenchyme).

Les **tissus secondaires** qui ont été évoqués en sup, mais seront développés dans ce TP, sont issus du fonctionnement des cambiums, qui sont des méristèmes cylindriques, responsables de la croissance en épaisseur des tiges et des racines. La représentation des tissus végétaux obéit à des codes conventionnels, qui doivent être connus.

Les fonctions des tissus végétaux le plus courants :
- **parenchyme** : remplissage (moelle des tiges), photosynthèse (feuilles), circulation des sels minéraux et de l'eau (cortex de la racine), port par turgescence des vacuoles (feuilles et tiges)…
- **xylème** : conduction de la sève brute, des racines aux feuilles
- **phloème** : conduction de la sève élaborée, des feuilles aux organes puits

CC BY NC

- **collenchyme et sclérenchyme** : soutien mécanique, lutte contre l'herbivorie
- **rhizoderme** : échanges hydro-minéraux avec la solution du sol
- **épiderme** : échanges gazeux photosynthétiques et respiratoires et évapotranspiration (stomates), protection contre le desséchement

Ces rappels étant faits, passons aux choses sérieuses.

II. Croissance des angiospermes et fonctionnement des méristèmes

Cette partie fait suite aux deux TP de BCPST1 consacrés à la morpho-anatomie des angiospermes, et en particulier à l'étude des tissus primaires. Nous verrons ici en particulier les structures issues du développement de la plante via ses méristèmes, et notamment les structures issues du fonctionnement des méristèmes secondaires. Au delà des capacités pratiques définies par le programme de BCPST, cette séance est aussi l'occasion de se perfectionner dans la réalisation de coupes végétales fines à la main.

1. La croissance en longueur chez les Angiosperme

Les zones de croissance des Angiospermes sont les **méristèmes**. Ils sont constitués de cellules **de petite taille**, **indifférenciées**, à **parois fines**, qui **possèdent une importante activité mitotique**. Les angiospermes possèdent deux principaux méristèmes apicaux : le **méristème apical caulinaire** (MAC) et le **méristème apical racinaire** (MAR).

Le MAC est un méristème à l'origine de la formation de nouveaux tissus, mais également de **nouveaux organes**. Il est donc dit à la fois **histogène** et **organogène**. On va s'attacher dans cette partie à montrer que les MAC est responsable de la formation des organes typiques de la tige.

a) Morphologie du rameau

Un **rameau** est une structure végétale définie généralement chez les espèces d'Angiospermes à port arborescent, et qui est constitué d'une ou plusieurs tiges et ramifiées à partir de l'axe caulinaire principal. Il est issu du développement d'un MAC.

L'apex du rameau est constitué du **bourgeon terminal**, contenant le **MAC**, et qui sera responsable du développement du rameau à l'année n + 1. Les structures sont d'autant plus anciennes que l'on s'éloigne du bourgeon terminal. On distingue différents **phytomères**, qui sont des unités végétatives fondamentales, constituées d'une **portion de tige**, d'un **nœud**, et d'un **entrenœud**. On peut y repérer également les cicatrices d'implantation des écailles du bourgeon, qui signent une **année de développement végétatif**.

Vous disposez d'un rameau d'angiosperme.

- **Réalisez un dessin de ce rameau, de façon à identifier les différentes unités de végétation et à retracer son histoire développementale.**

On rappelle qu'un **dessin d'observation** doit respecter quelques conventions :
- il est réalisé au **crayon gris** (crayon de couleur exceptionnel, seulement s'il apporte une nuance indispensable)
- il doit être **fidèle**
- il doit être **légendé** et **titré**
- il doit comporter une **échelle graphique**

Assurez-vous d'avoir identifié tout ce que vous voyez avant de dessiner quoi que ce soit. Et gardez en tête toujours en tête qu'un bon scientifique est feignant !

b) Structure d'un bourgeon et identification de la zone méristématique

Le bourgeon est une structure contenant le MAC, est qui est à l'état de dormance pendant une partie de l'année (qui peut être l'hiver en climat tempéré humide, comme à Paris, mais également l'été pour les climats à saison chaude et sèche).

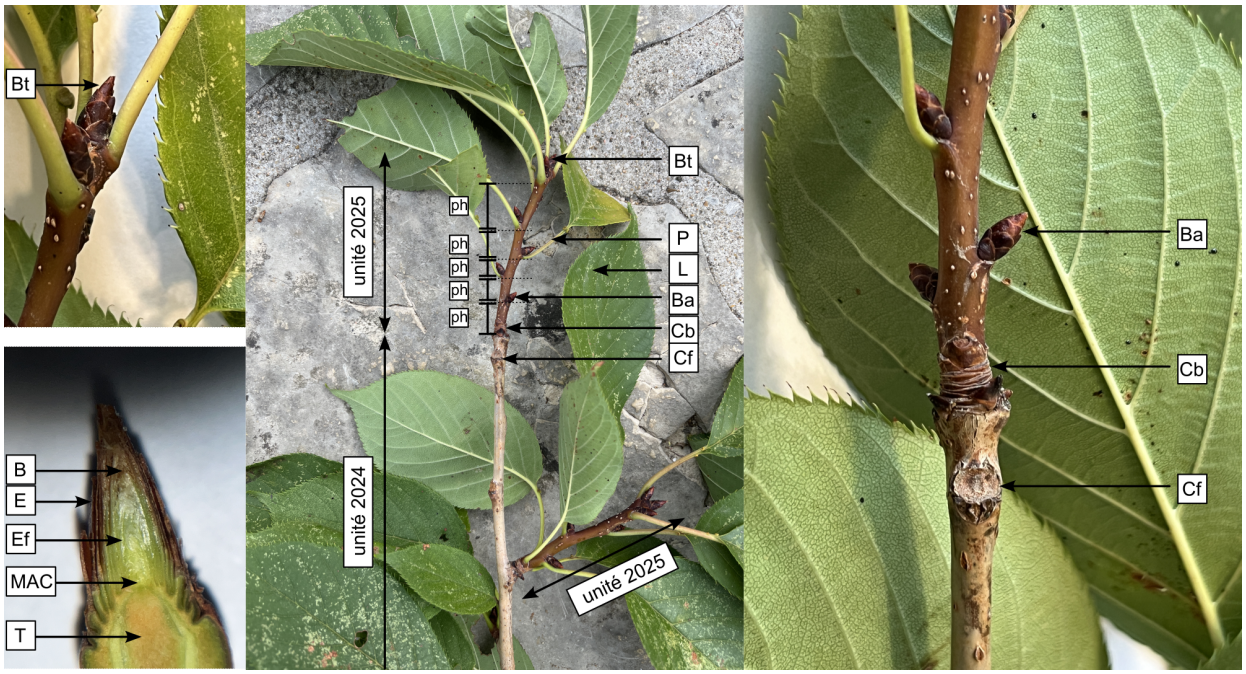
CC BY NC

Le bourgeon est constitué **d'écailles protectrices**, qui sont des feuilles transformées. Elles sont souvent enduites de **cérides** (composés lipidiques), qui assurent sa protection face à l'eau et aux éventuels microorganismes qu'elle pourrait véhiculer. Chez de nombreuses espèces, des **poils** (**bourre**) assurent une protection thermique, permettant de protéger le bourgeon des températures basses de l'hiver. Sa relative **déshydratation** empêche également la formation de cristaux de glace, qui pourraient détruire ses cellules. Enfin, et surtout, le bourgeon contient les structures à l'origine du rameau de l'année :

- tige réduite, à l'extrémité de laquelle se trouve le MAC ;
- ébauche foliaire
- parfois, déjà, des **méristèmes axillaires**, à l'origine d'une ramification du rameau.

➢ **Réalisez une présentation de ce bourgeon, de façon à mettre en évidence les structures associées à son rôle organogène et de protection.**

Rappel : en biologie, une **présentation** est un exercice visant à **mettre en évidence des structures** en les légendant, ce qui nécessite parfois un petit travail de dissection pour les structures masquées.



Document 1. Anatomie d'un rameau d'angiosperme (ici : un cerisier), identifiant les différentes structures en lien avec leur développement. Quelques zooms sont réalisés à droite et à gauche, ainsi qu'une coupe du bourgeon terminal (en bas à gauche). B : bourre ; Ba : bourgeon axillaire ; Bt : bourgeon terminal ; Cb : cicatrice de bourgeon ; Cf : cicatrice de feuille ; E : écaille ; Ef : ébauche foliaire ; L : limbe ; MAC : méristème apical caulinaire ; P : pétiole ; ph : phytomère ; T : tige miniature ; [1]

2. La croissance en épaisseur

On constate que chez de nombreuses Angiospermes, le diamètre des tiges et des racines augmente au cours de la vie de l'individu. Cette augmentation de diamètre peut prendre des proportions impressionnantes (le tronc de certains arbres, qui correspond à une tige, peut atteindre un diamètre de plusieurs mètres). La **croissance en épaisseur** est due au fonctionnement des **méristèmes secondaires**. Les monocotylédones ont perdu au cours de l'évolution leur capacité à engendrer des méristèmes secondaires, ce qui explique qu'ils soient dépourvus de croissance en épaisseur.

Le principal méristème secondaire est le **cambium libéro-ligneux**. Il dérive du procambium (tissu à l'origine du xylème et du phloème primaires). Il est initialement discontinu (entre le phloème et le xylème primaire), et forme

1 Joseph Démaret-Nicolas, *Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris*, s. d., consulté le 29 septembre 2024, http://josephnicolassvt.fr/.

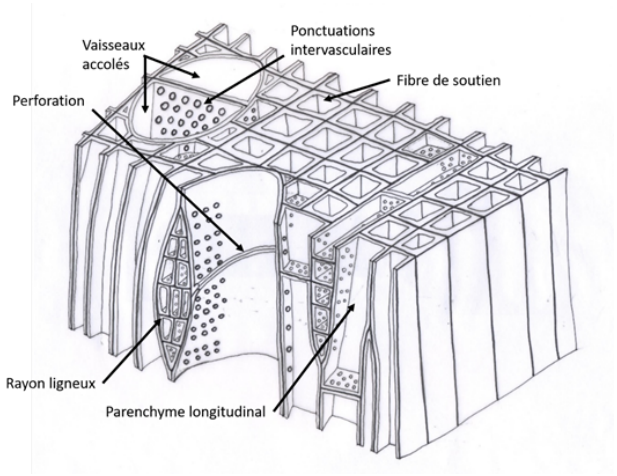
CC BY NC

progressivement un anneau continu qui sépare le phloème I (vers extérieur) du xylème I (vers l'intérieur). Le fonctionnement du cambium libéro-ligneux est à l'origine de trois tissus :

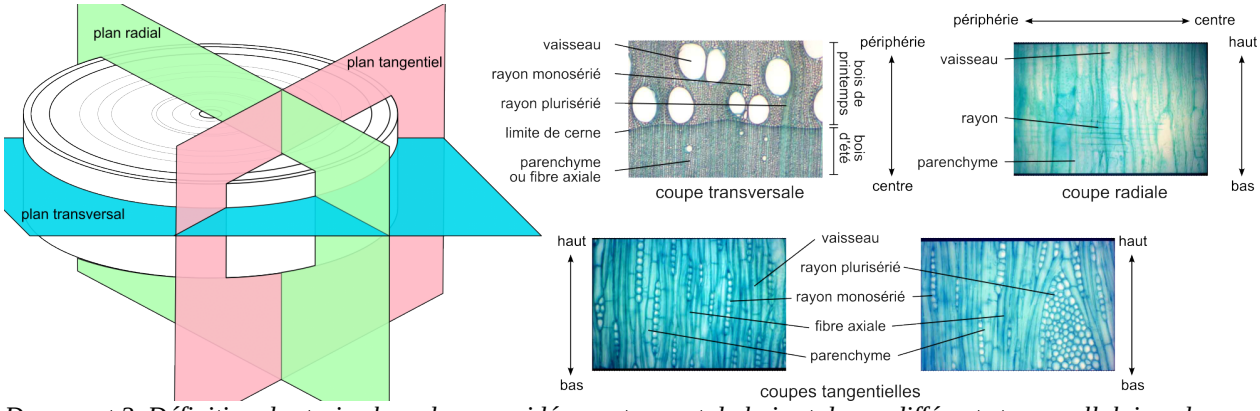
- **Il se renouvelle**, en produisant des cellules méristématiques.
- Il produit le **xylème secondaire**, vers l'intérieur. Les différentes couches de xylème secondaires s'accumulent au cours du temps, formant le **bois**.
- Il produit le **phloème secondaire**, vers l'extérieur, qui écrase progressivement le phloème primaire, jusqu'à ce qu'il ne soit plus reconnaissable. L'ensemble des phloèmes primaire et secondaire constitue le **liber**.

Dans le bois comme dans le liber, on trouve différents types cellulaires, ayant des fonctions différentes. Pour leur identification, il faut impérativement poser la question du plan de coupe : transversal, radial ou tangentiel, puisque la plupart des cellules sont allongées dans un axe particulier.

Document 2. Structure tridimensionnelle du bois d'angiosperme.



2



Document 3. Définition des trois plans de coupe idéaux, et aspect du bois et de ses différents types cellulaires dans chacun de ces trois plans. 3 4

Un deuxième méristème secondaire existe : le **phellogène**. Il est situé en périphérie de la tige ou de la racine. Comme le cambium libéro-ligneux, il est à l'origine de trois tissus :

- Il se renouvelle, en produisant des cellules méristématiques.
- Il produit le **phelloderme**, vers l'intérieur, un fin tissu parenchymateux, parfois absent.
- Il produit le **suber**, un tissu constitué de cellules mortes dont les parois sont abondamment imprégnées de composés lipidiques de haut poids moléculaires, en premier lieu desquels la **subérine**. Le suber, aussi appelé couramment **liège**, est rendu imperméable par cette subérine, et constitue un tissu de protection mécanique, bactériologique et hydrique. Chez certaines espèces, cette couche peut atteindre plusieurs centimètres (comme

2 Serge Billon, « Anatomie des éléments du système vasculaire des plantes », consulté le 28 août 2025, https://www.plantes-et-eau.fr/documentation/etats-et-transferts-hydriques-dans-et-a-travers-la-plante/19-anatomie-des-voies-de-transfert-de-l-eau-dans-la-plante/113-anatomie-des-elements-du-systeme-vasculaire-des-plantes.
3 Démaret-Nicolas, *Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris*.
4 « Accueil | Planet-Vie », 4 novembre 2024, https://planet-vie.ens.fr/.

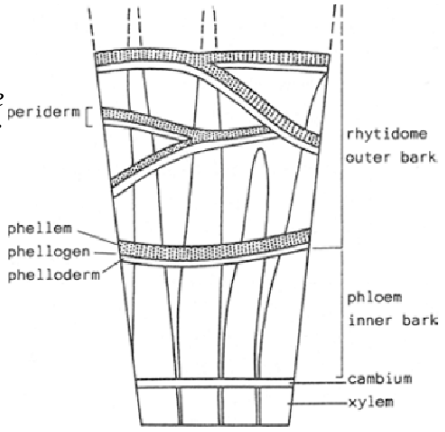
CC BY NC

chez le chêne liège).

tissu	type cellulaire	fonction
xylème secondaire = bois	vaisseaux	conduction de la sève brute
	trachéides	
	rayons ligneux	soutien mécanique
	fibres longitudinales	
	parenchyme axial	réserves, production de molécule de défense contre les parasites
phloème secondaire = liber	tubes criblés	conduction de la sève élaborée
	cellules compagnes	fonctions métaboliques
	rayons libériens	soutien mécanique
	fibres libériennes	
	parenchyme axial	réserves

Document 4. Types cellulaires et fonctions des cellules rencontrées dans le xylème et le phloème secondaires.

Chez de nombreuses espèces, le phellogène a un fonctionnement déterminé dans le temps, et délimité dans l'espace. Il se régénère par portions, si bien que plusieurs phellogènes peuvent coexister, le plus interne étant le plus actif, voire le seul encore vivant. On appelle **rhytidome** l'ensemble des tissus, généralement morts ou en sénescence, situés entre la surface de l'écorce et le phellogène le plus interne. La géométrie tridimensionnelle du rhytidome détermine la forme des plaques d'écorces, et donc l'aspect extérieur de l'écorce. Il s'agit d'un critère important de reconnaissances des espèces d'arbres, notamment lorsque ceux-ci sont dépourvus de feuilles pendant la période hivernale.



Document 5: Le rhytidome dans une coupe transversale de l'écorce. Outer bank : écorce au sens courant du terme, essentiellement constituée de tissus morts. Phellem : suber. Periderm : phelloderme et suber morts, issus du fonctionnement d'un ancien phelloderme.



Document 6. Trois écorces d'aspects très différents, dus à l'évolution très différente du phellogène, et donc du rhytidome.[5]

Le fonctionnement du cambium et du phellogène et le développement des structures secondaires font que les morphologies d'une racine et d'une tige âgée sont relativement similaires. Comment, alors, distinguer une **tige** d'une **racine** lorsqu'elles sont âgées (= lorsqu'elles ont subi une croissance en épaisseur) ? Comme vous l'avez vu en sup, il faut pour cela s'intéresser **aux structures primaires résiduelles**, donc il faut impérativement comprendre la façon dont les structures secondaires se construisent par rapport aux structures primaires préexistantes.

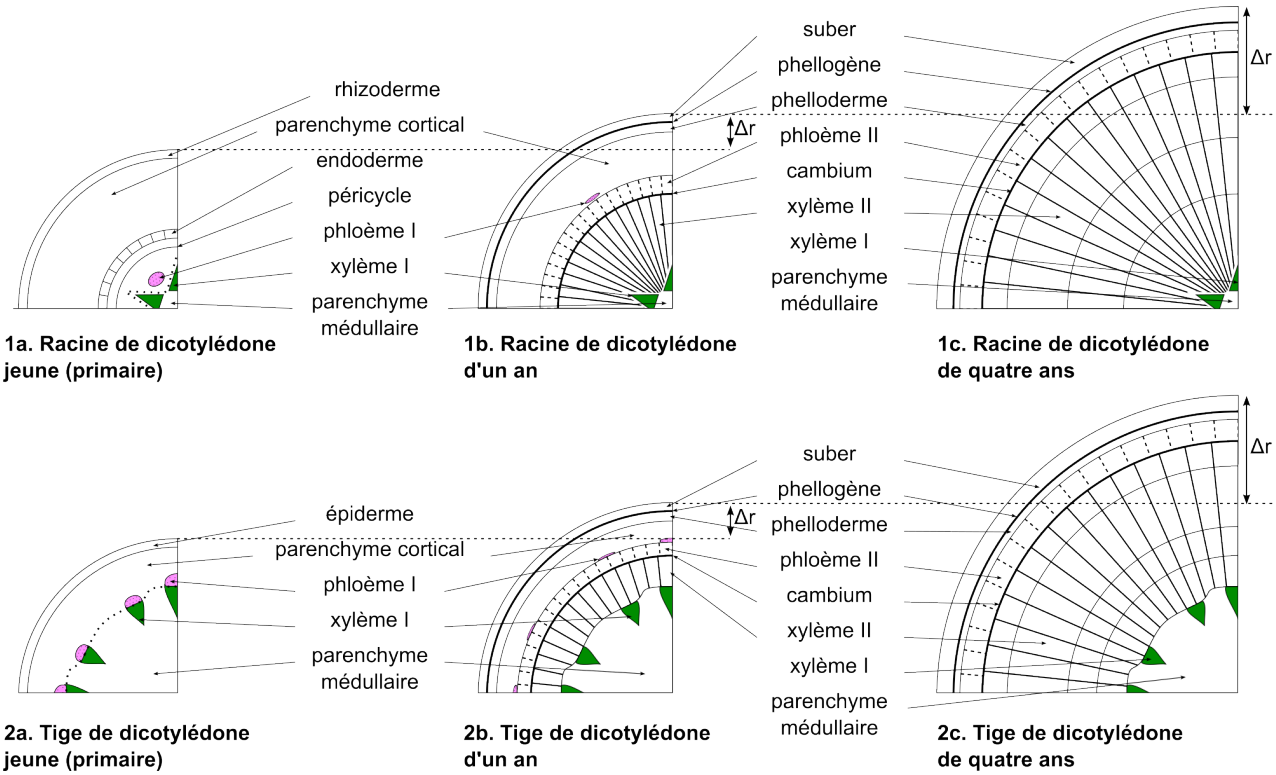
⚠ On s'intéresse à la différenciation du xylème **PRIMAIRE** ; dire « *le xylème est à différenciation centrifuge, donc*

5 Dr Leo M. K. Junikka, « Survey of English Macroscopic Bark Terminology », *IAWA Journal*, publication en ligne anticipée, 1 janvier 1994, https://doi.org/10.1163/22941932-90001338.

CC BY NC

on a une tige » n'a donc **AUCUN SENS** ! ⚠

Comme pour les tissus primaires, les tissus secondaires sont représentés à l'aide de figurés conventionnels. On rappelle dans l'annexe 2 les principaux figurés associés aux structures végétales, y compris les structures secondaires.
Vous disposez de coupes fines du commerce de tiges et de racines d'Angiospermes dicotylédones, ainsi que d'organes frais, colorables aux carmin-vert d'iode (voir annexe 1 pour la coloration au carmin-vert d'iode).



Document 7. Fonctionnement des méristèmes secondaires et développement des structures secondaires chez des tiges et racines de dicotylédones.

- **Réalisez les observations permettant de mettre en évidence les différents tissus secondaires, y compris méristématiques, de ces tiges et racines.**

- **Réalisez des dessins conventionnels de ces structures, et utilisez-les pour déterminer s'il s'agit de racines ou de tiges.**

6 Démaret-Nicolas, *Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris*.

Encart 1 – les palmiers, bambous et bananiers : des herbes géantes




Coupe transversale d'un tronc de chêne (dicotylédone, à gauche) et d'un stipe de palmier (improprement appelé « tronc, » monocotylédone, droite).

Si beaucoup de monocotylédones sont des plantes de taille modeste, l'absence de cambium (et donc de croissance en épaisseur) n'implique pas nécessairement un diamètre faible. Chez certaines espèces, les méristèmes apicaux sont à l'origine de tiges primaires de grand diamètre (plusieurs dizaines de cm), ce qui permet à ces tiges un soutien mécanique important ; les hauteurs atteintes par ces plantes peuvent être du même ordre de grandeur que celle des arbres (qui croissent en épaisseur). C'est le cas des palmiers (famille des Arécacées), des bananiers (famille des Musacées) et des bambous (famille de Poacées), qui peuvent à ce titre être considérées comme des herbes géantes. Les deux images ci-dessus permettent de visualiser les cernes de croissance du chêne, dues au fonctionnement du cambium, alors que ces cernes sont absentes chez le palmier.



Dendrocalamus giganteus, un exemple de bambou géant originaire d'Asie de l'Est. Un spécimen femelle d'Homo sapiens juvénile donne l'échelle.

Les moyens permettant aux monocotylédones géantes et aux arbres d'atteindre des hauteurs supérieures à 20 m ont beau être très différents, ils permettent chacun à ces espèces d'occuper des **niches écologiques** identiques : ils constituent dans leur écosystème la **strate arborée**. De même qu'il existe des forêts d'arbres dicotylédone (notamment en Europe tempérée), il existe des forêt de palmiers ou de bambous.

7 8

III. Plasticité phénotypique et adaptation au milieu de vie

1. Bois de printemps et bois d'été

Chez les Angiospermes arbustives vivant dans les régions à contrastes climatiques marqués, on note que le bois a une structure différente selon qu'il s'est formé pendant la période de reprise de croissance (le printemps en climat tempéré) ou pendant la période de pleine photosynthèse (l'été en climat tempéré).

Le **bois de printemps** est constitué de vaisseaux de xylème à gros diamètre, nombreux, avec peu de rayons ligneux. Il est adapté à une période de flux hydrique important à destination des méristèmes en cours de développement, avec une production organique cependant limitée (températures et ensoleillement moyens, surface foliaire limitée).

Le **bois d'été** est constitué de vaisseaux de xylème à diamètre plus faible, moins nombreux, avec des rayons ligneux importants. Il permet d'apporter un grand soutien mécanique à ce tissu, et sa densité est permise par l'abondante production organique d'une photosynthèse à son maximum d'efficacité.

Au sein du bois, on distinguera également l'**aubier** (partie corticale), et le **duramen** (partie médullaire).

- L'**aubier** constitue le xylème secondaire fonctionnel, qui remplit effectivement le rôle de conduction de la sève brute.
- Le **duramen**, plus vieux, a généralement perdu cette fonction, et ses cellules sont imprégnées de **tanins**, des composés chimiques bruns provoquant la coagulation des protéines, et qui sont toxiques pour de nombreux

7 « Circular wood slab with bark and growth rings. Colorful oak tree... », iStock, 19 juillet 2019, https://www.istockphoto.com/fr/photo/dalle-circulaire-en-bois-avec-des-anneaux-d%C3%A9corce-et-de-croissance-texture-color%C3%A9e-gm1162616975-318966021.

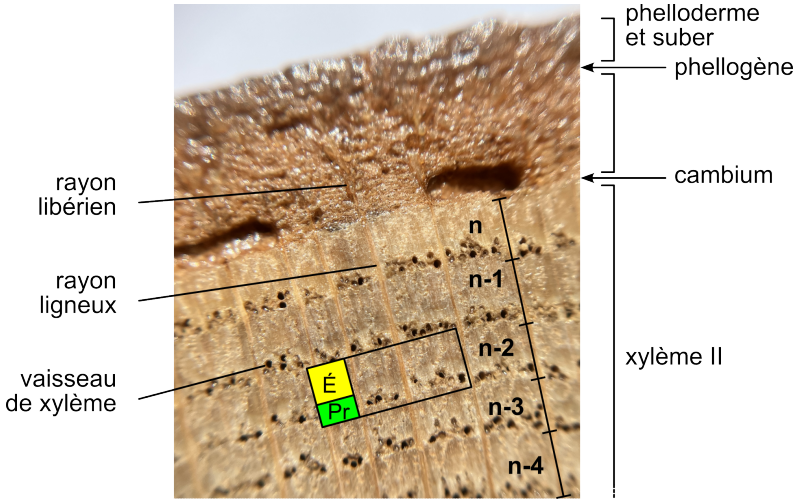
8 « Wikimedia Commons », consulté le 29 août 2024, https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil.

CC BY NC

insectes et champignons potentiellement xylophages.
Le duramen est généralement discret chez les espèces colonisatrices à croissance rapide et à stratégie r (bouleaux, peupliers), où il reste très clair. Il est en revanche particulièrement développés chez les arbres à croissance lente et à stratégie K, comme les chênes, les hêtres et les châtaigniers. Le bois utilisé en ébénisterie est généralement du duramen d'arbres à croissance lente : il est plus sec, plus dur, moins sujet aux attaques par les xylophages, et de couleur souvent jugée décorative.

Vous disposez de coupes de rameaux d'Angiospermes arborescents de plusieurs années.

Document 8. Identification de bois de printemps et d'été sur rameau âgé de charme.



9

- **Identifiez les différents tissus (bois, rayons ligneux, xylème secondaire, liber, phelloderme, phellogène, cambium…)**
- **Identifiez les bois de printemps et d'été.**

2. Les adaptations aux milieux secs

Les Angiospermes sont des plantes aériennes pour la plupart, et sont à ce titre adaptées à la vie en milieu aérien. Cependant, une variété de climats importante existe à la surface du globe, y compris des climats où les précipitations sont rares (climats arides, comme le climat désertique) ou cantonnées à une période (climats à été sec et chaud, comme le climat méditerranéen). Dans ces climats, la faible disponibilité de l'eau est une importante contrainte pour le développement et la survie des plantes. On va voir ici de que nombreuses adaptations permettent à des angiospermes de vivre dans des régions soumises à ces climats.

a) Assurer le port même quand l'eau est rare

L'eau est responsable de la **turgescence** des vacuoles, et donc du port dressé des feuilles de la plupart des Angiospermes. Une adaptation remarquable aux climats arides est constituée par des **tissus de soutien** (sclérenchyme, collenchyme) qui assurent le **port** du végétal, **et donc la photosynthèse**, même dans des conditions de faible disponibilité de l'eau. Exemple : laurier rose (*Nerium oleander*, famille des Apocynacées), olivier (*Oleus europeus*, famille des Oléaéces).

b) Limiter l'herbivorie

9 Démaret-Nicolas, *Joseph Nicolas – SVT – BCPST2 – Lycée Chaptal - Paris*.

CC BY NC

Document 9. L'astragale de Marseille (ou « coussin de belle-mère »), une fabacée très épineuse des garrigues calcaires méditerranéennes.


10

La photosynthèse est généralement moins active chez les plantes de milieu aride, en raison de la vie ralentie provoquée par la pénurie en eau, et la production organique est donc faible. Les herbivores peuvent donc potentiellement gravement endommager les végétaux, alors que cette pression est moins importante dans un climat humide. Les **tissus de soutien**, qui sont rigides et coriaces, ainsi que les **épines** courantes chez les plantes de milieu sec, diminuent l'appétence de ces plantes pour les herbivores, et leur permet de moins en souffrir. Exemple : astragale de Marseille (*Astragalus tragacantha*, famille des Fabacées).

c) Limiter l'évaporation

Les feuilles sont le principal poste de perte d'eau, par évapotranspiration. De nombreuses adaptations à la sécheresse concernent les feuilles.

Le **port en rosette** désigne une implantation des feuilles toutes à la base d'une courte tige au ras du sol. Les feuilles sont ainsi protégées du soleil par la végétation plus haute qui l'entoure, et le vent (qui renouvelle l'air sec) a moins de prise sur ces structures très basses.



Document 10. Feuilles en rosette d'une vipérine commune (Echium vulgare), dans le climat aride des Calanques de Marseille. 11



Document 11. Le romarin et ses feuilles en aiguilles. 12



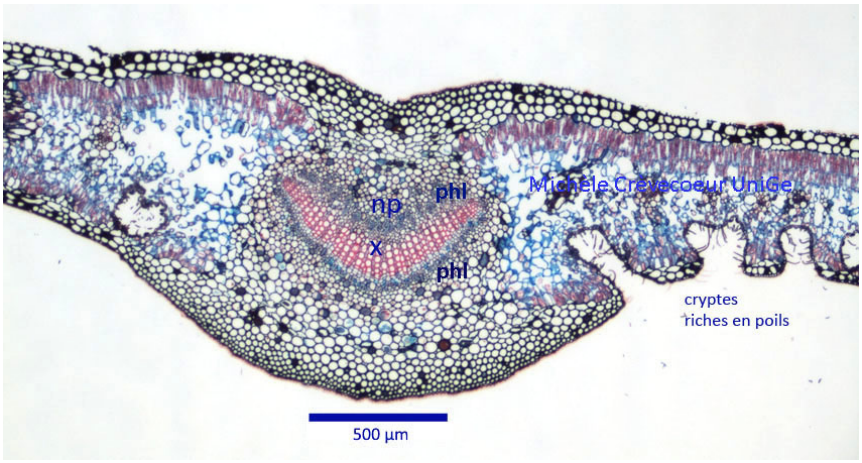
Document 12. Les feuilles luisantes, enduites d'une épaisse cuticule, chez le nerprun alaterne (Rhamnus alaternus) ; 13

Les faces supérieures des feuilles sont généralement dépourvues de **stomates**, limitant ainsi la perte d'eau. Elles sont en revanche recouvertes d'une épaisse **cuticule**, couche de lipides de haut poids moléculaire, qui imperméabilisent la surface des feuilles. Les cuticules épaisses sont souvent reconnaissables à l'œil nu par leur **aspect luisant**.

10 « FLOREALPES : Astragalus tragacantha / Astragale de Marseille / Fabaceae / Fiche détaillée Fleurs des Hautes-Alpes », consulté le 2 septembre 2024, https://www.florealpes.com/fiche_astragalustraga.php.
11 Renarde alpine, « Sortie dans les Calanques 10. », La Renarde des Alpes, consulté le 2 septembre 2024, http://grimoirescarnets.canalblog.com/archives/2016/04/28/33720852.html.
12 « Wikimedia Commons », consulté le 29 août 2024, https://commons.wikimedia.org/wiki/Accueil.
13 « FLOREALPES : Comparaison de Phillyrea latifolia et Rhamnus alaternus subsp. alaternus », consulté le 2 septembre 2024, https://www.florealpes.com/comparaison.php?compar_code_1=philllati&compar_code_2=nerprunalaterne&zoomph1=0&zoomph2=3#visiga.

CC BY NC

Document 13: Coupe transversale d'une feuille de laurier rose. Noter les cryptes pillifères, au fond desquelles sont localisés les stomates. phl : phloème. np : nervure principale. NB : coloration bleu-astra (lignine), fuchsine basique (cellulose).



14

Chez certaines espèces, les feuilles ont une **surface réduite**, et adoptent une **forme en aiguille**, comme chez le thym ou le romarin. Elles peuvent même dans certains cas être totalement absente ou réduites à l'état d'écailles ou d'épines ; dans ce cas, c'est la **tige** qui assure le rôle de photosynthèse. On pourra citer dans cette catégorie l'exemple des cactus (Cactacées) et des euphorbes succulentes (Euphorbiacées).

Les zones de transpiration, constituées par les stomates, peuvent être protégées par des **poils** (trichomes), parfois dans des **cryptes** (comme chez le laurier rose *Nerium oleander*), ou par **repliement de la feuille** toute entière (comme chez l'oyat *Ammophila arenaria*). Ces adaptations diminuent la vitesse de diffusion de l'eau de l'intérieur vers l'extérieur de l'organisme. Cela explique également la faible production organique de ces plantes.

d) Stocker l'eau

Enfin, certaines plantes vivant en milieu sec **stockent l'eau**. Elles possèdent des tissus aériens riches en polyosides très hydrophiles qui abaissent fortement le **potentiel hydrique** des cellules. Associées à une très grande efficacité d'absorption de l'eau par les racines, elles permettent un stockage massif d'eau pendant les courtes périodes pluvieuses, et une survie sans apport d'eau pendant des périodes de plusieurs mois ou années. Ces plantes sont appelées **malacophytes**, ou **plantes succulentes**. Exemples : Cactacées (cactus), Crassulacées.

De façon moins spécifique, le stockage d'eau peut se faire dans des structures souterraines, souvent utilisées pour la reproduction asexuée, comme les tubercules ou les bulbes. Dans certains cas, les structures végétatives aériennes peuvent disparaître, et ne restent que les structures souterraines riches en eau.

On rappelle que le potentiel hydrique mesure la capacité d'un milieu à attirer l'eau. Il est défini de la façon suivante :

$$\psi = \psi_p + \psi_h + \psi_o + \psi_m = (P - P_0) + \rho\, g\, z - RT \sum C + \psi_m$$

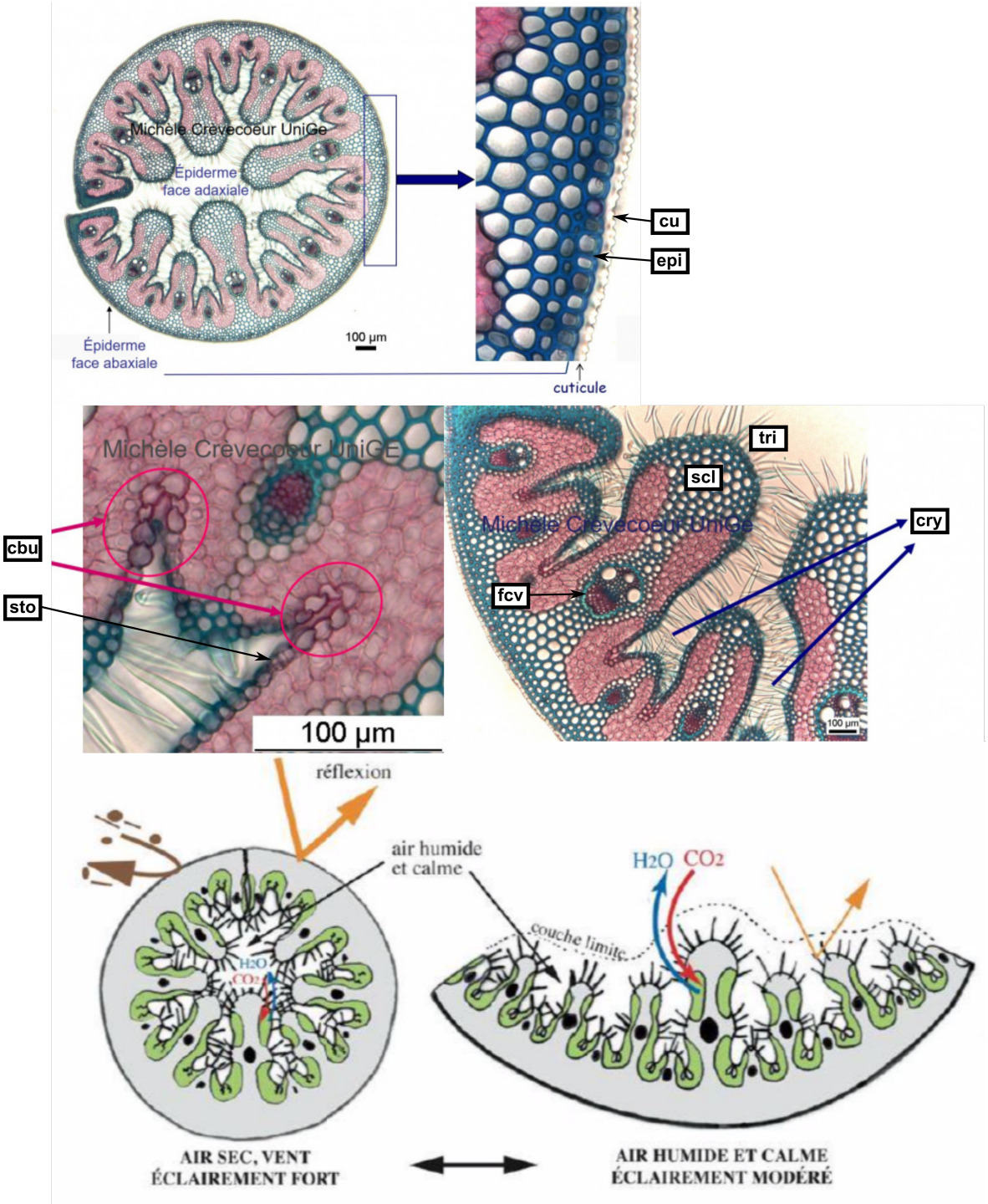
avec ψ le potentiel hydrique, ψ_p, ψ_h, ψ_o et ψ_m les composantes de pression, hydrostatique, osmotique et matricielle respectivement, avec P la pression du compartiment, P_0 la pression atmosphérique moyenne, ρ la masse volumique de l'eau, g l'accélération de la pesanteur, z la hauteur de la colonne d'eau au dessus du compartiment, R la constante des gaz parfaits, T la température absolue et C la concentration molaire de tous les solutés.

Vous disposez de plusieurs plantes portant des adaptations aux milieux secs.

- **Par des présentations, dessins et/ou observations microscopiques, mettez en évidence les adaptations de ces plantes aux milieux secs.**

14 « Site de Michèle Crevecoeur », consulté le 29 août 2024, https://www.unige.ch/sciences/biologie/bioveg/crevecoeur/.

CC BY NC



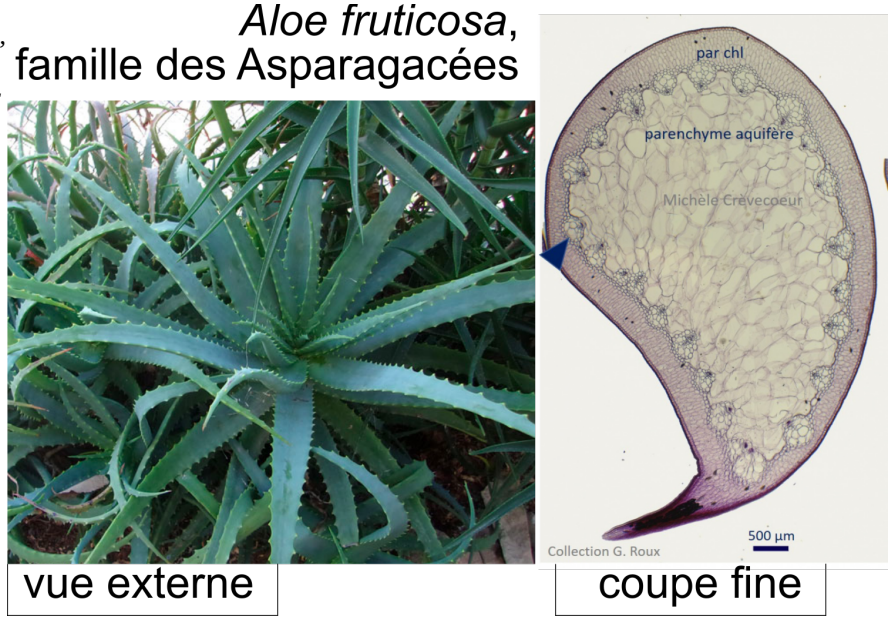
Document 14: L'oyat (Ammophila arenaria), famille des Poacées, une plante adaptée à une sécheresse pédologique et physiologique (milieu sableux, venté et salé). Haut : coupe transversale, et détail sur l'épiderme et la cuticule. cu : cuticule. epi : épiderme. Milieu gauche : détail sur une crypte pillifère. cbu : cellule bulliforme, à l'origine du repliement de la feuille par perte de la turgescence. sto : stomate. Milieu droite : coupe transversale. cry : crypte pillifère. fcv : faisceau cribrovasculaire. scl : sclérenchyme. tri : trichomes (= poils épidermiques). Bas : repliement de la lame foliaire dans des conditions de sécheresse à gauche (faible apport en eau, éclairement important, vent) et déploiement dans des conditions plus humides à droite. [15] [16]

15 « Sciences de la Vie et de la Terre SVT Nathalie Fabien Lycée Classe inversée », consulté le 1 septembre 2024, https://www.nfabien-svt.fr/.

16 « Site de Michèle Crevecoeur », consulté le 29 août 2024,

CC BY NC

Document 15: Aloe fruticosa, une plante malacophyte adaptée aux milieux secs par stockage d'eau. Noter l'abondance du parenchyme aquifère.



[17]

3. Les adaptations aux milieux aquatiques

Certaines Angiospermes vivent en milieu aquatique (totalement ou partiellement immergées). Ce milieu impose des contraintes particulières, mais il offre aussi des atouts.

- Le milieu aquatique est relativement **anoxique**, dans la mesure où le dioxygène est relativement peu soluble dans l'eau. C'est la principale **contrainte** du milieu aquatique.
- Le milieu aquatique est cependant **porteur**, alors que le milieu aérien ne l'est pas, ce qui est un atout.
- Bien entendu, le milieu aquatique n'est **pas desséchant**, contrairement au milieu aérien, ce qui est un autre atout.

On va voir que diverses caractéristiques morphologiques existent chez les plantes de milieux aquatiques, qui répondent à ces contraintes (**adaptations**), ou constituent des **réversions évolutives** (disparition des contraintes du milieu aérien).

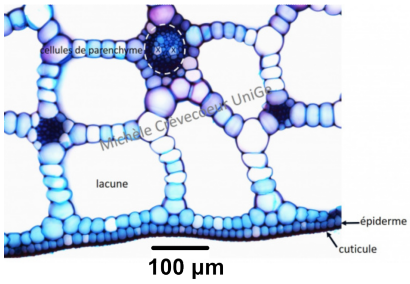
*NB : on parle bien ici d'**Angiospermes**, et **non d'algues**. Ces Angiospermes descendent d'espèces vivant en milieu aérien, et qui se sont progressivement adaptées au milieu aquatique. Il faut donc voir l'absence de certains caractères comme une perte au cours de l'évolution.*

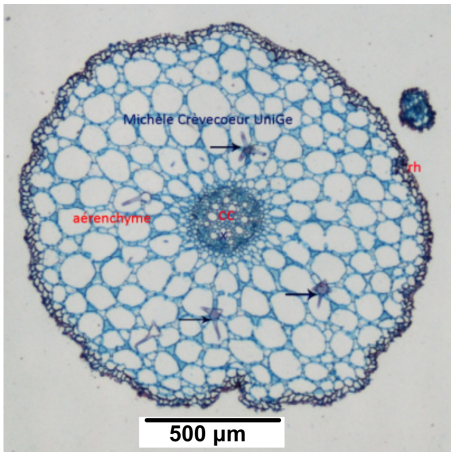
https://www.unige.ch/sciences/biologie/bioveg/crevecoeur/.

17 « Site de Michèle Crevecoeur », consulté le 29 août 2024, https://www.unige.ch/sciences/biologie/bioveg/crevecoeur/.

CC BY NC

Document 16. Deux aérenchymes, sur une tige de potamot (Potamogeton, gauche), et une racine de nénufar (Nymphea, droite).





18

Un parenchyme comportant des lacunes particulièrement développées, le parenchyme aérifère, est **rempli d'air**, et permet d'une part la flottaison de tissus (les fleurs sont souvent aériennes), mais également la circulation (par diffusion simple) du dioxygène depuis l'extérieur vers les tissus immergés, notamment les bases de tiges et les racines.

Les plantes de milieux aquatiques ont des feuilles généralement totalement dépourvues de cuticule, et les tissus caulinaires sont par ailleurs relativement perméables : les échanges hydrominéraux ont lieu partiellement à travers les épidermes, et non via les racines, qui sont peu développées.

Enfin, les tissus conducteurs de sève sont discrets, en particulier le xylème. Généralement, il est quasiment totalement dépourvu de lignine, ce qui est une régression due à l'absence de contraintes mécaniques qui s'exercent sur le xylème de plantes de milieu aérien.

Vous disposez d'échantillons de plantes de milieux aquatiques.

- **Par des présentations, dessins et/ou observations microscopiques, mettez en évidence les adaptations de ces plantes au milieu aquatique.**

Annexe 1 : protocole de la coloration de coupes végétales au carmin-vert d'iode

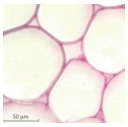
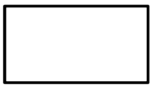
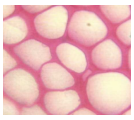
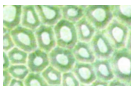
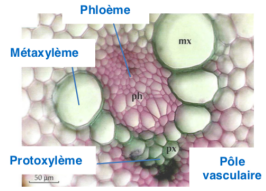
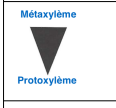
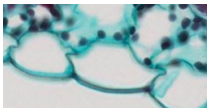
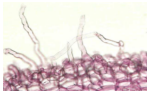
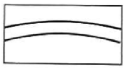
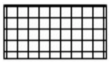
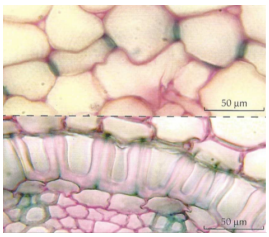
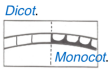
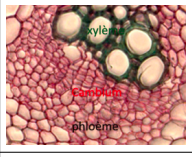
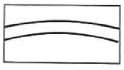
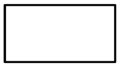
Pour cette coloration, les tissus doivent être **très finement coupés**, de façon à ce que les cellules puissent être vidées efficacement, et que les colorants puissent pénétrer dans les parois, y compris pour les parois épaisses de lignine.

- Préparer 4 verres de montre contenant, dans l'ordre : une solution d'hypochlorite concentré (eau de Javel) ; de l'eau distillée ; de l'acide acétique ; un mélange de carmin et de vert d'iode.
- Placer les échantillons dans un petit panier, afin de les transférer dans les divers bains de coloration.
- Placer les échantillons au moins 10 min dans l'hypochlorite, de façon à détruire les contenus cytoplasmiques.
- Effectuer un court rinçage dans l'eau distillée.
- Placer les échantillons pendant 10 min dans l'acide acétique. Ce traitement permet d'acidifier les parois et de fixer le colorant.
- Placer les échantillons pendant au moins 20 min dans le colorant (carmino-vert).
- Récupérer les échantillons, les placer entre lame et lamelle avec une goutte d'eau distillée.
- Observer.

18 « Site de Michèle Crevecoeur ».

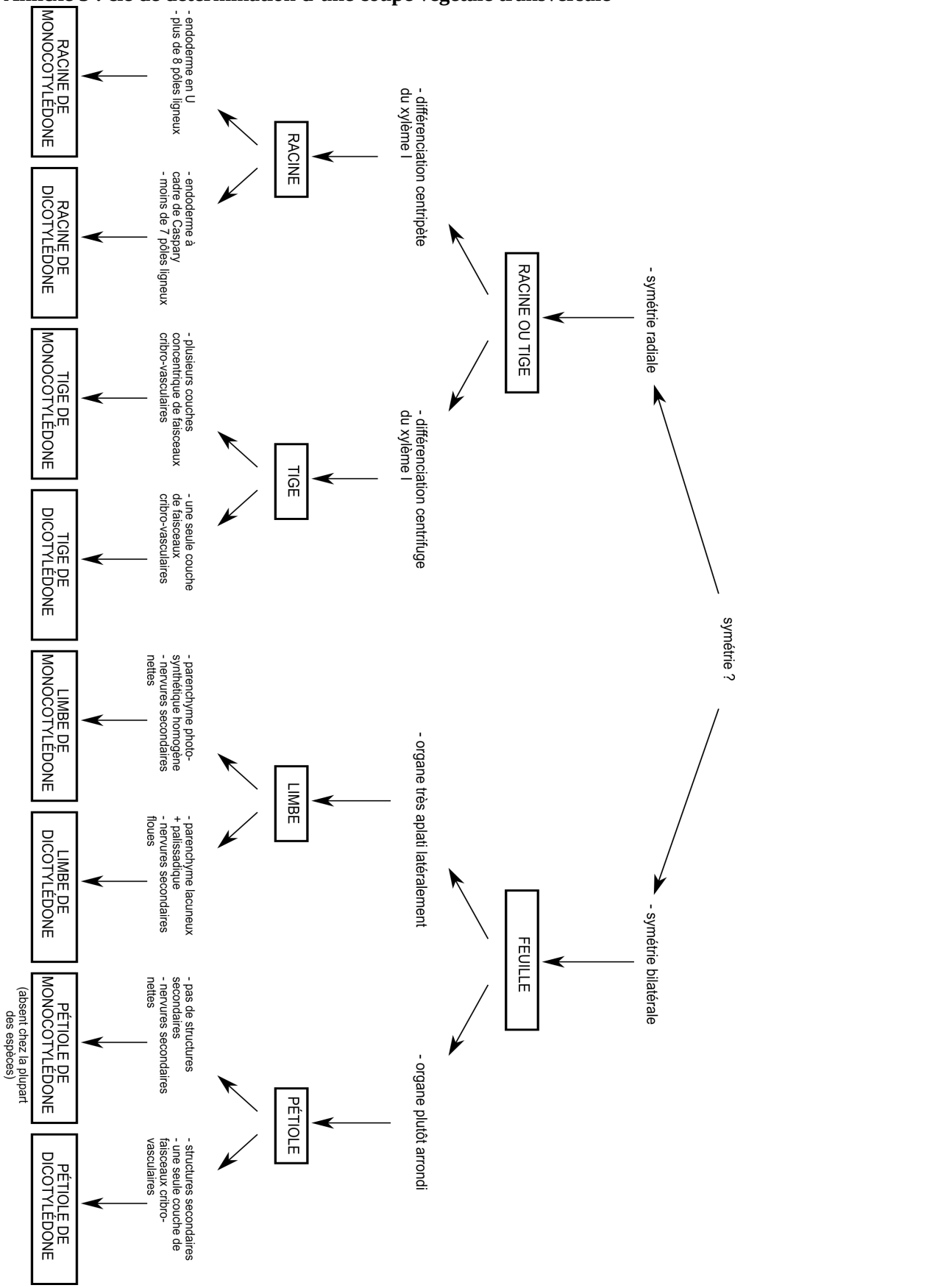
CC BY NC

Annexe 2 : les principaux tissus primaires et secondaires chez les angiospermes – figurés conventionnels en coupe transversale (inspiré de Tanguy Jean, BCPST1, lycée Châteaubriand, Rennes)

type	nom	rôle	description (CT)	photographie	figuré
remplissage	paren-chyme	photosynthèse, réserves, remplissage	cellules ± rondes, à paroi fine, pecto-cellulosique		
soutien	collen-chyme	soutien mécanique, lutte contre l'herbivorie	cellules ± rondes, à paroi épaisse, pecto-cellulosique		
	scléren-chyme		cellules ± géométriques, à paroi épaisse, lignifiée		
tissu conducteur	phloème I	circulation de la sève organique (élaborée)	cellules arrondies, parfois aplaties, à paroi pecto-cellulosique	faisceau cribro-vasculaire : 	
	phloème II				
	xylème I	circulation de la sève minérale (brute)	cellules rondes, de grande taille, paroi de lignine		
	xylème II				
revêtement	épiderme	revêtement des tissus caulinaires, échanges gazeux	couche de cellules à parois fines cellulosiques, avec stomates, éventuellement cuticule		
	rhizoderme	revêtement des tissus racinaires, nutrition	couche de cellules à parois fines cellulosiques, avec poils absorbants		
	liège = suber	tissu secondaire de protection des tiges et racines	couche externe multiple de cellules mortes à parois imprégnées de subérine		
nutrition	endoderme	contrôle de l'entrée dans le cylindre central de la solution hydrominérale	couche unique qui entoure le cylindre central, épaississements latéraux (haut sur la photo) ou en U (bas sur la photo)		
méristème	péricycle	à l'origine des racines latérales	couche unique juste sous l'endoderme		
	cambium, phellogène	méristème secondaire	cellules très aplaties, entre le xylème et le phloème		
	méristème apical	allongement des tiges et racines	cellules de très petite taille, dans l'apex		

CC BY NC

Annexe 3 : clé de détermination d'une coupe végétale transversale



CC BY NC