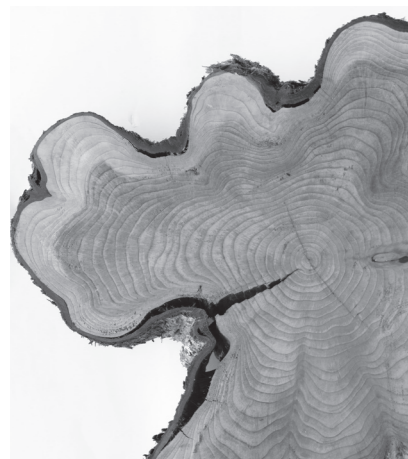


Les arbres à contreforts sont très fréquents dans les forêts tropicales humides et moins en climat tempéré. Dans notre région, on peut observer ce phénomène chez l'orme lisse (*Ulmus laevis*), le peuplier noir (*Populus nigra*) chez certains hêtres (*Fagus sylvatica*) et charmes (*Carpinus betulus*).

Section transversale de la base d'un tronc d'un Métasequoia de Chine (*Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C.Cheng) montrant des contreforts. ↓↓



9. Creux mais pas toujours condamné

À la suite d'une blessure, il peut arriver que le bois de cœur (duramen) soit attaqué puis décomposé par un champignon apte à dégrader la matière organique morte. Il en résulte la présence d'une cavité au cœur du tronc ou d'une branche. Ceci n'entrave en rien la vie de l'arbre puisque la circulation des sèves brute et élaborée s'opère en périphérie, dans l'aubier et sous l'écorce. Même si le duramen assure un rôle de soutien indéniable, un axe disposant d'une cavité fermée et centrée conserve malgré tout une bonne résistance mécanique tant que l'épaisseur de bois sain représente au moins 30% du rayon du tronc ou de la branche.

Section transversale d'une branche de Faux-noyer du Caucase (*Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach) munie d'une cavité centrée. ↓↓



À l'abri des intempéries et des grands froids, ces cavités au cœur du tronc disposent d'un microclimat favorable. Elles constituent des **dendrohabitats** indispensables, servant d'abris et de lieu de reproduction à de nombreuses espèces animales depuis les insectes jusqu'aux mammifères, notamment si elles sont ouvertes vers l'extérieur (par l'intermédiaire d'un trou de pic ou d'une branche sectionnée très altérée).

10. Déployer un cordon sanitaire

Au cours de sa vie, l'arbre peut subir de nombreuses agressions extérieures (arrachage de branches, foudroiement, dégâts du gel, tailles sévères, etc.). En résulte des lésions sur l'écorce et l'exposition des parties vivantes du bois (aubier, cambium, liber) à l'air extérieur et à de potentiels agents pathogènes comme des champignons lignivores. Grâce à des enzymes, ceux-ci sont capables de décomposer la lignine et la cellulose du bois qui devient alors altéré (texture spongieuse) avec des propriétés mécaniques amoindries. L'arbre établit une zone de protection permettant de **cloisonner** la portion endommagée. Il sacrifie le bois situé au plus près de la plaie ce qui isole la zone abîmée du reste du tronc qui sera ainsi préservé. Il bouche les vaisseaux de l'aubier ce qui évitera qu'ils ne véhiculent des champignons dans tout l'arbre. Dans le même temps, il synthétise autour de la blessure des **substances toxiques** (polyphénols, tanins, résines) qui constituent une barrière chimique infranchissable pour les agents pathogènes. Enfin, l'arbre tente de recouvrir la plaie. L'ensemble de ces phénomènes s'appelle la **compartimentation**.



↑↑ Altération à l'emplacement d'une plaie de taille chez un hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.). On distingue la barrière chimique (A) mise en œuvre en limite de la zone altérée (B) ainsi que le bourrelet cicatriciel (C) qui tente de refermer la zone blessée.

11. Du liège comme une peau morte

Les cellules de l'épiderme des jeunes organes de l'arbre ne suffisent pas, par leurs divisions, à compenser l'augmentation de la circonférence du tronc, des branches et des racines au fil de leur croissance. Une seconde assise prend le relais en périphérie: le **phellogène**. Constitué d'une couche de **cellules souches**, il fonctionne différemment du cambium, produisant le **phelloderme** (peu épais) vers le centre et le **suber** (ou **liège**) vers l'extérieur et dont la **fonction protectrice** est fondamentale pour l'arbre. En botanique, le mot écorce désigne en fait l'ensemble du **périderme**, et non pas uniquement l'épaisse couche de liège externe (ou suber). Cette dernière est constituée de cellules mortes, remplies d'air et aux parois imprégnées de subérine (une cire étanche riche en phénols). Au fil du temps, l'arbre peut initier (ou pas) plusieurs péridermes qui s'accumulent en couches successives et dont l'ensemble est appelé le **rhytidome**. Le liège est imperméable, isolant et souple, protégeant les tissus internes du tronc du froid, de la déshydratation, du feu, des chocs et des agents pathogènes. Il n'est toutefois pas complètement imperméable, car l'oxygène est nécessaire aux cellules du liber et de l'aubier. L'écorce est donc ponctuée çà et là d'ouvertures que l'on nomme les **lenticelles** et qui permettent les échanges gazeux.

↓↓ Écorce avec du liège

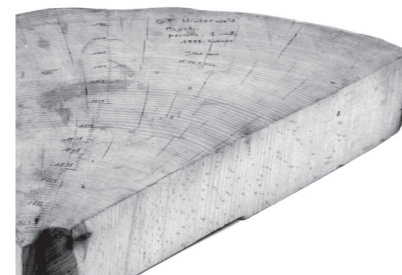


12. Lire la vie d'un arbre grâce à ses cernes

Chez les espèces ligneuses de régions tempérées aux saisons bien marquées, le fonctionnement du cambium suit un cycle saisonnier. Il s'interrompt à l'automne pour reprendre au printemps. Chaque année, le cambium produit une nouvelle couronne de bois à l'extérieur de la précédente. L'empilement de ces couronnes concentriques forment ce qu'on appelle les **cernes**. Un cerne de bois correspond à une année de croissance de l'arbre et permet ainsi d'estimer son âge.

La largeur des cernes est propre à chaque essence d'arbre (chacune ayant une vitesse de croissance particulière), mais elle est aussi nettement influencée par les conditions environnementales. Lorsque celles-ci sont défavorables, les cernes sont plus étroits.

Hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.) abattu par la tempête Lothar en décembre 1999. En comptant les cernes annuels, on estime son âge à 140 ans, avec une plantation effectuée vers 1859. ↓↓



13. Les palmiers : des arbres sans bois

Malgré leur solide apparence et leur hauteur, les palmiers (comme les fougères arborescentes et les bananiers) ne forment pas de véritable tronc. En effet, ils ne disposent pas de cambium, la fine couche circulaire de cellules souches qui permet la croissance en épaisseur des arbres et que l'on observe sous la forme de cernes annuels. Les palmiers forment un « faux-tronc » que l'on nomme un **stipe**. Il est composé de **faisceaux fibro-vasculaires** qui assurent la circulation des sèves brute et élaborée et qui ont un rôle de soutien grâce à de robustes fibres imprégnées de lignine. Ce sont ces faisceaux fibro-vasculaires associés à l'emboîtement des gaines foliaires coriaces produites au fur et à mesure de l'apparition de nouvelles palmes qui assurent la rigidité au stipe du palmier.

Section transversale d'un stipe de Palmier éventail de Chine (*Livistona chinensis* (Jacq.) R.Br. ex Mart.). En l'absence de cambium, on ne distingue pas de cernes. ↓↓



Faculté
des sciences de la vie
de l'Université
de Strasbourg

comme bois

Découverte du bois en 13 étapes dans l'arboretum du Jardin botanique

1. L'arbre : plus de bois mort que vivant

Au fil de la croissance de l'arbre, les cellules les plus internes de l'**aubier** (bois vivant abritant les vaisseaux conducteurs de la sève brute) sont le siège d'une activité chimique intense qui aboutit à leur transformation en **duramen** (bois mort ou bois de coeur). Ainsi, le duramen résulte de l'obturation des vaisseaux conducteurs de sève, de la transformation du contenu des cellules du parenchyme de l'aubier, puis de leur mort. Le duramen assure un **rôle de soutien** au fur et à mesure que le tronc s'élève. De plus, les **tanins**, **gommes** ou **résines** produites lors de la formation du bois de cœur le rendent **résistant aux pathogènes** (champignons, bactéries, insectes). Dans certains cas, ces substances sont composées de pigments qui colorent le duramen d'une **teinte prononcée et différente** de celle de l'aubier. Le bois vivant, qui nécessite une importante consommation d'énergie pour l'arbre, ne représente au final qu'une faible proportion de sa biomasse.

Duramen coloré du mûrier noir (Morus nigra L.). ↓↓



2. Des arbres qui pratiquent la soudure

Le cambium est une assise de cellules méristématiques qui assure la croissance en diamètre des troncs, des branches et des racines. Grâce à lui, certains arbres ont la capacité de souder ces organes telle une greffe spontanée. On appelle ce phénomène une **anastomose**. Le frottement mécanique entre deux axes entraîne par abrasion une altération de l'écorce, suivie d'un élargissement de la zone de contact puis d'une **fusion des cambiums** des deux branches qui entraînera la formation de cernes de croissance communs. Dès lors, les axes soudés continueront à croître simultanément formant un ensemble mécaniquement plus robuste que deux branches altérées balancées par les vents.

Ces soudures naturelles aériennes sont néanmoins assez rares, mais elles sont bien plus abondantes entre les racines d'arbres d'une même espèce situées à proximité.

Branches anastomosées d'un pin sylvestre (Pinus sylvestris L.). ↓↓



3. L'arbre défie la gravité

L'arbre, comme toutes les plantes terrestres, perçoit la gravité. Certaines de ses branches latérales qui croissent à l'horizontale s'infléchissent inévitablement vers le sol à mesure de leur développement et de l'augmentation de leur masse. Pour conserver un port érigé afin d'exposer son feuillage à la lumière du soleil, l'arbre va effectuer une croissance différentielle en développant du bois dit « de réaction ». À la face supérieure de certaines branches, les feuillus forment ainsi du **bois de tension** qui, comme des ressorts tendus, opère leur **redressement**. Ce bois particulier se rétracte en vieillissant, provoquant une forte tension mécanique vers le haut. Cette accumulation de bois de tension uniquement dans la **partie supérieure** de la branche entraîne une **croissance asymétrique** qui lui confère une section ovoïde. Chez les conifères, le bois de réaction fonctionne à l'inverse de chez les feuillus. Un **bois de compression** se forme sur la **face inférieure** d'une branche horizontale ou d'un tronc incliné. Il se dilate avec le temps courbant l'axe vers le haut.

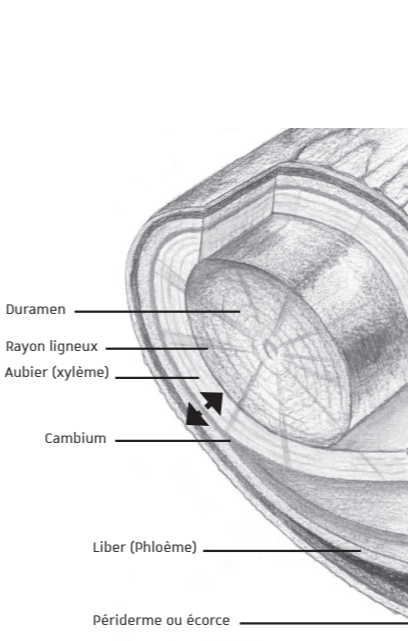
Section transversale ovoïde d'une branche d'un platane commun (Platanus × hispanica Mill. ex Münchh.). Le bois de tension (A) se trouve dans la partie supérieure. ↓↓



4. Arbre : de quel bois es-tu fait ?

Chez les plantes ligneuses, la croissance en épaisseur a pour origine une couche annulaire de cellules non différenciées à divisions actives. Cette assise génératrice est appelée **cambium**. À partir de cette zone, naissent à la fois les cellules du phloème (vers l'extérieur) et celles du xylème (vers l'intérieur). Les cellules du phloème forment le **liber**, responsable du transport de la **sève élaborée** produite dans les feuilles et contenant des **sucres** synthétisés lors de la **photosynthèse**. Celles du xylème constituent l'**aubier** et assurent la conduction de la **sève brute** formée dans les racines à partir d'**eau** et des **sels minéraux** du sol. Le **duramen** (bois de cœur), composé de cellules mortes, est issu de la transformation progressive de l'aubier au fil du temps. Les vaisseaux de l'aubier comme les fibres qui les entourent sont imprégnés de **lignine**. Cette substance leur apporte une grande rigidité formant, le long de l'axe du tronc, un squelette très robuste qui permet à l'arbre de tenir debout et de s'élever en hauteur sans rompre. Ce système vertical s'entrecroise avec les **rayons parenchymateux intra-ligneux** (dits, rayon ligneux) qui sont eux perpendiculaires et qui confèrent au tronc comme aux branches une résistance à la flexion. Une seconde assise génératrice appelée **phellogène** est présente juste au-dessus du liber. Elle produit une fine épaisseur de **phelloderme** vers l'intérieur et du **suber** (ou **liège**) vers l'extérieur. Le tout est nommé le **périderme**. L'écorce de l'arbre est constituée d'une partie externe qui est morte et d'une portion vivante formée du phellogène et du phelloderme.

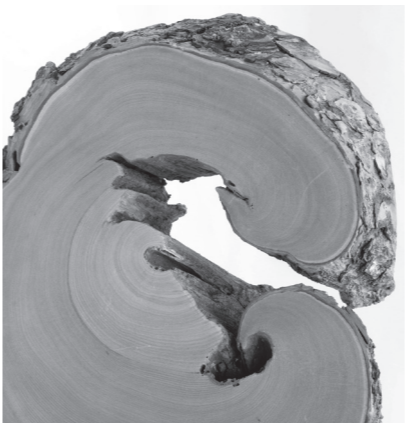
Section transversale d'un tronc avec les différents tissus qui le constituent. Les flèches représentent le sens de croissance en épaisseur au niveau du cambium et du phellogène. ↓↓



5. Des bourrelets sur les plaies

Une coupe lors d'une taille, un arrachement de branche lors d'une tempête ou une blessure sur un tronc mettent à nu le bois de l'arbre qui est alors très vulnérable, à la merci des spores de champignons lignivores. Après avoir établi des barrières physiques et chimiques autour de la partie abîmée pour contrecarrer le développement des pathogènes, l'arbre s'emploie alors à recouvrir la blessure. Dès que le cambium est au contact de l'air, son activité, ainsi que celle du phellogène qui produit le liège, est accélérée. Il s'édifie alors lentement, aux rebords de la plaie, un cal, puis un **bourrelet de recouvrement** se forme alors à partir de la périphérie, et progresse jusqu'à envelopper progressivement et, plus ou moins dans son intégralité, la zone blessée.

La blessure sur ce tronc de Catalpa commun (Catalpa bignonioides Walter) était bien trop importante pour que les deux lèvres du bourrelet ne la referment complètement. Elles se sont alors enroulées sur elles-mêmes formant comme des « oreilles ». ↓↓

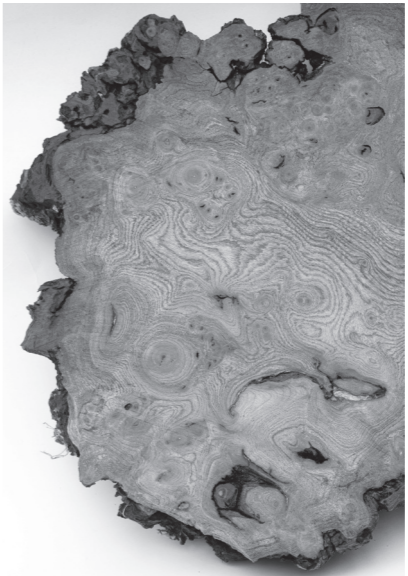


Cependant, lorsque la blessure est trop béante pour être recouverte, les bourrelets s'enroulent sur eux-mêmes formant comme des cornes ou des oreilles qui renforcent le tronc tels des étais de part et d'autre de la plaie.

6. Quand le cambium et les bourgeons s'emballent

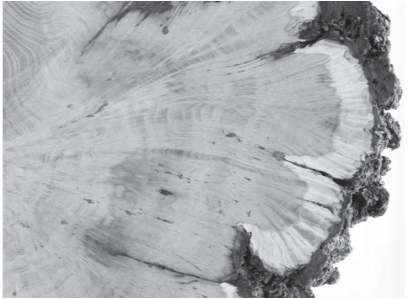
De manière peu commune, les arbres forment des boursouflures sur leur tronc. Ces excroissances sphériques sont de deux types : Les **loupes** sont plutôt lisses à leur surface. Leur cambium ne génère pas du bois de façon régulière, en cercles concentriques, mais de manière complètement désordonnée, produisant ainsi des cernes annuels déformés, sinueux et orientés dans de nombreuses directions.

Loupe d'orme champêtre (Umus minor Mill.) et ses remarquables circonvolutions. ↓↓



Les **broussins** sont quant à eux des excroissances hérissées de bourgeons naissant sous l'écorce, serrés les uns contre les autres. Leur surface est ainsi recouverte de départs de branchettes dont la croissance stoppe rapidement et qui sont ensuite « ingérés » par le bois produit par le cambium. Les branchettes avortées forment des taches plus sombres au sein du bois déformé en « pattes de chat ». Selon les cas, ces excroissances seraient d'origine génétique ou la réponse de l'arbre à un stress (attaque parasitaire, blessure, modification brusque de l'environnement, etc.). Ce bois difforme à l'aspect singulier est très recherché en ébénisterie et en marqueterie.

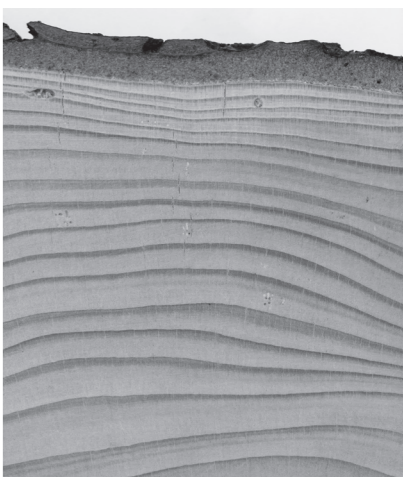
Déformations en « pattes de chats » sur un broussin de robinier faux-acacia (Robinia pseudoacacia L.). ↓↓



7. Des cernes pour remonter le temps

L'épaisseur d'un cerne de bois qui définit une année de croissance de l'arbre est en réalité composé de deux anneaux de couleurs différentes. En effet, il convient de distinguer la couche de **bois initial** (aussi appelé **bois de printemps**) de celle de **bois final** (ou **bois d'été**). Le bois de printemps plus poreux, est constitué de vaisseaux de fort diamètre à parois minces soutenant la demande importante de flux de sève brute. Il correspond à la partie claire d'un cerne annuel. Le bois d'été, représenté par une bande moins large, est formé de cellules plus petites aux parois plus épaisses et qui correspond à la partie plus sombre du cerne. C'est un bois moins apte à faire circuler la sève, mais plus dense et confère un rôle de soutien plus important. La **dendrochronologie** (du grec *dendron* « arbre » et *chronos* « temps ») est la science qui étudie les cernes des arbres. Leur analyse précise (épaisseur de l'accroissement annuel, proportion de bois initial et final, etc.) permet de dater un échantillon de bois et d'étudier les évènements climatiques passés. Des cernes étroits peuvent ainsi témoigner de difficultés de croissance de l'arbre dues au froid ou à la sécheresse.

La différence de teinte entre le bois de printemps et d'été est bien marquée. ↓↓



8. Des contreforts en renfort

Tous les troncs n'ont pas à leur base une section transversale parfaitement circulaire. Certains disposent d'accotements aplatis plus ou moins hauts à leur pied appelés **contreforts**. Ces expansions, qui agissent tels des étais, se prolongent à la fois verticalement sur le tronc et horizontalement sur de larges racines traçantes. Les contreforts, par la plus large assise qu'ils procurent, assurent aux arbres une bonne **stabilité** ainsi qu'une meilleure **résistance au vent** et au **déracinement**, particulièrement si le sol est très humide ou que leur réseau de racines l'explore peu profondément.