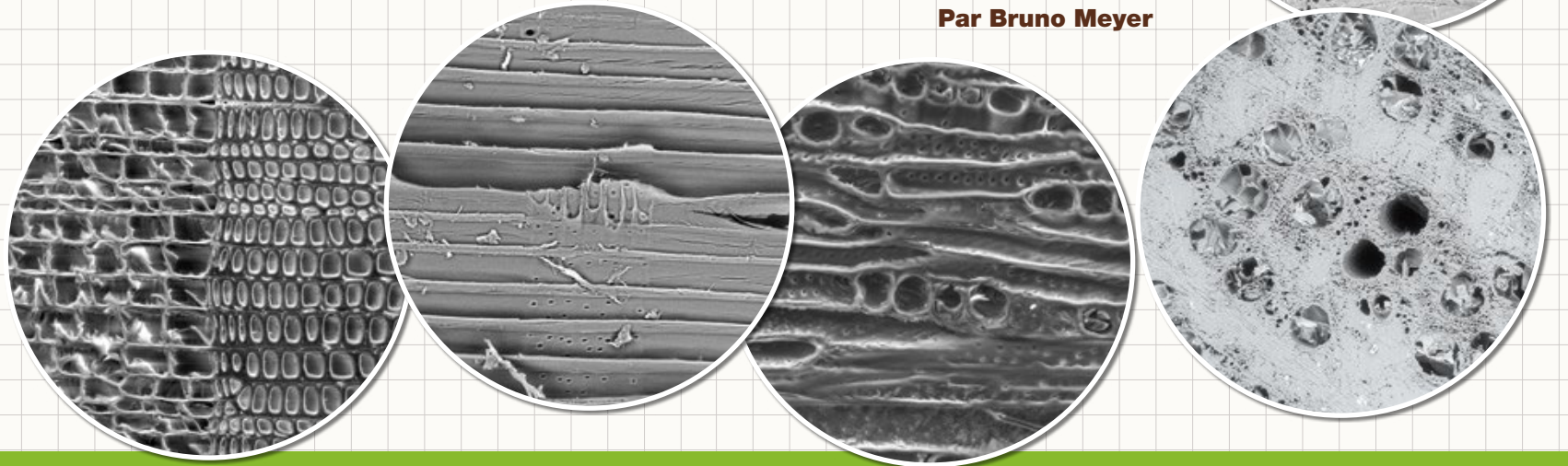


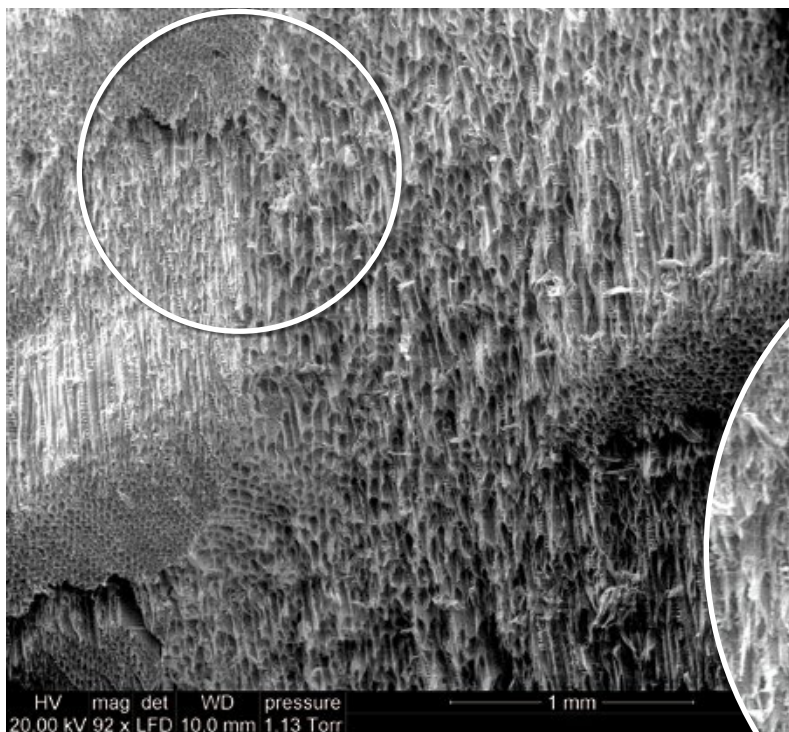
Un nouveau regard...

Le bois au microscope

Par Bruno Meyer

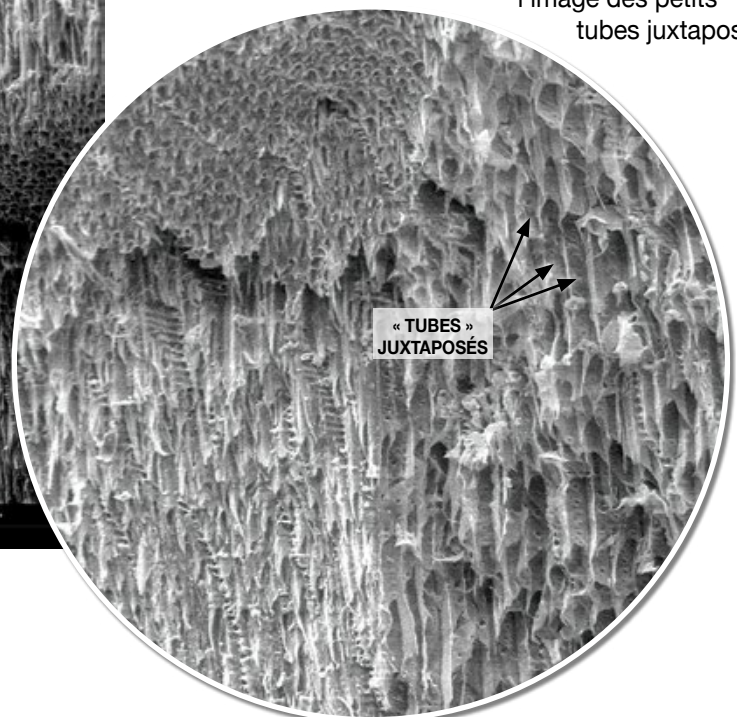


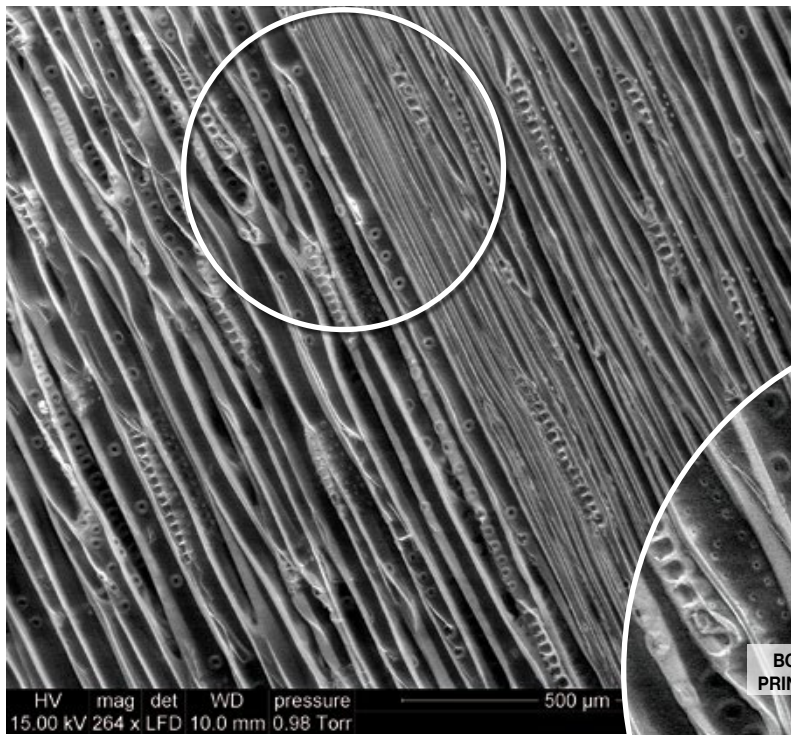
Le bois est un assemblage complexe d'objets microscopiques, créé par un processus biologique. Les propriétés particulières de ce matériau se comprennent mieux quand on voit ces images prises au microscope électronique.



ÉPICÉA RABOTÉ À CONTREFIL

Regardons la première image ci-contre : un bout d'épicéa, raboté à contrefil. La lame du rabot n'a pas pu couper les fibres du bois mal orientées, provoquant une succession de cassures. On distingue dans l'image des petits tubes juxtaposés.



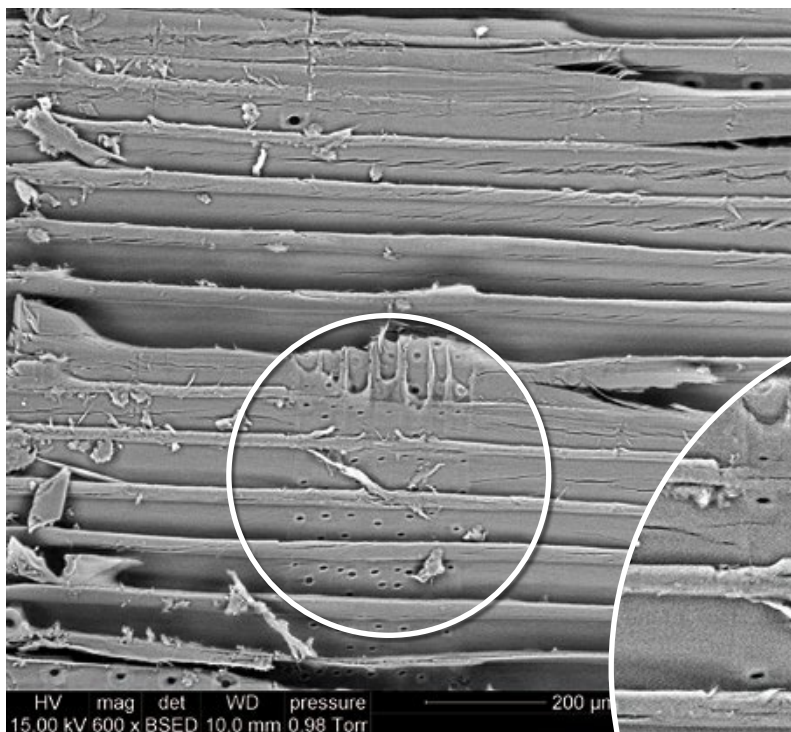
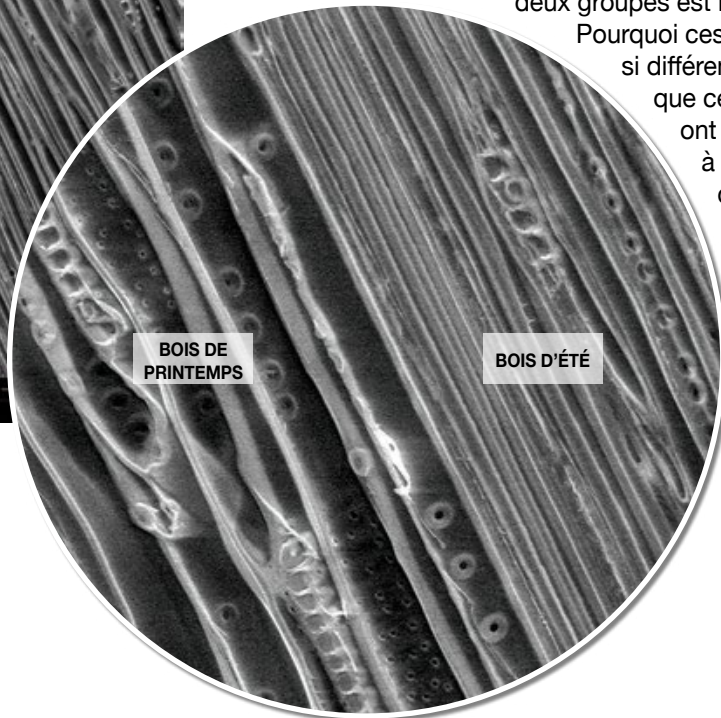


ÉPICÉA RABOTÉ FIL COUCHÉ

Cette fois, le bois est coupé bien propre ! L'image confirme que la matière est constituée de tubes creux, appelés **trachéides** chez les résineux. Ces cellules ont été fabriquées par le cambium en périphérie de l'arbre, à l'époque plus petit. Puis elles sont mortes, leur paroi de **cellulose** constituant le bois de l'arbre.

La largeur de ces cellules est variable : 0,05 à gauche de l'image, et 0,02 mm à droite. La limite entre les deux groupes est nette.

Pourquoi ces deux zones si différentes ? Parce que ces trachéides ont été formées à deux saisons différentes. À gauche : **bois de printemps**, à droite : **bois d'été**.

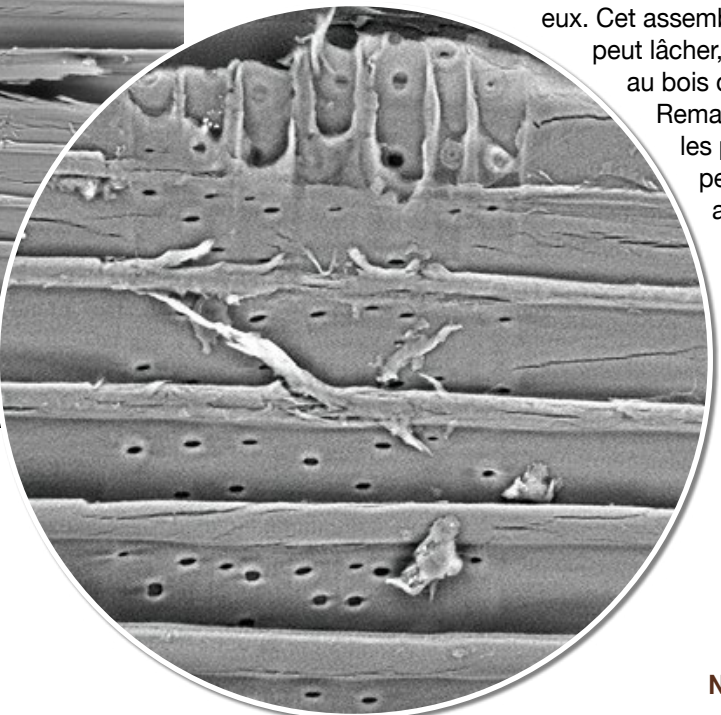


ÉPICÉA AVEC UN PLUS FORT GROSSISSEMENT

Cette image de la même pièce d'épicéa, vue sous un autre angle et dans un autre mode électronique, montre que le bois est constitué principalement d'air ! C'est pour ça qu'il flotte, alors que la cellulose est plus dense que l'eau. Les fines cloisons semblent homogènes. Néanmoins, on voit par endroits qu'elles

sont doubles : des tubes collés entre eux. Cet assemblage collé peut lâcher, ce qui permet au bois de fendre.

Remarquez aussi les **punctuations**, petits trous ayant assuré le transport de la sève d'une cellule à sa voisine pour conduire l'eau des racines aux aiguilles.



LE « MEB »

Le Microscope Électronique à Balayage est un outil magique ! Placez un échantillon dans la chambre, et à l'écran apparaît un autre monde. Il est possible d'examiner un cheveu grossi comme un tronc d'arbre, se perdre dans la surface dallée d'un œil de mouche, ou explorer le monde du bois. Quand j'ai écrit mon livre sur l'affûtage, des scientifiques m'ont donné accès à un MEB. Ce fut pour moi une révolution ! Séances après séances, j'ai compris beaucoup de choses sur le bois, les abrasifs, les tranchants, qui sont tous des objets ou assemblages d'objets microscopiques. C'est là que j'ai vu ce qu'une pierre d'établi faisait à un ciseau à bois, pourquoi une meule passée au dégrasse-meule est plus abrasive et chauffe moins qu'une meule sale. Ou pourquoi il est conseillé de brosser le bois avant de le passer à la dégauchisseuse.

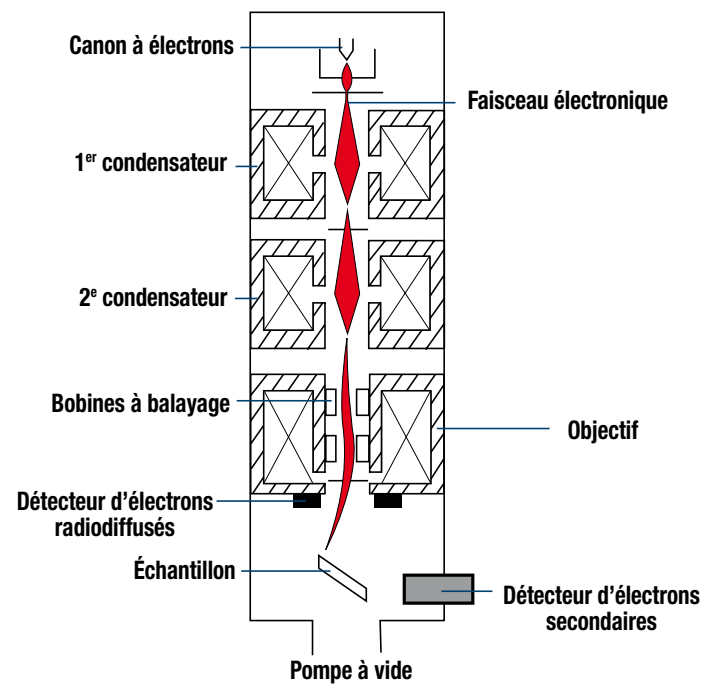
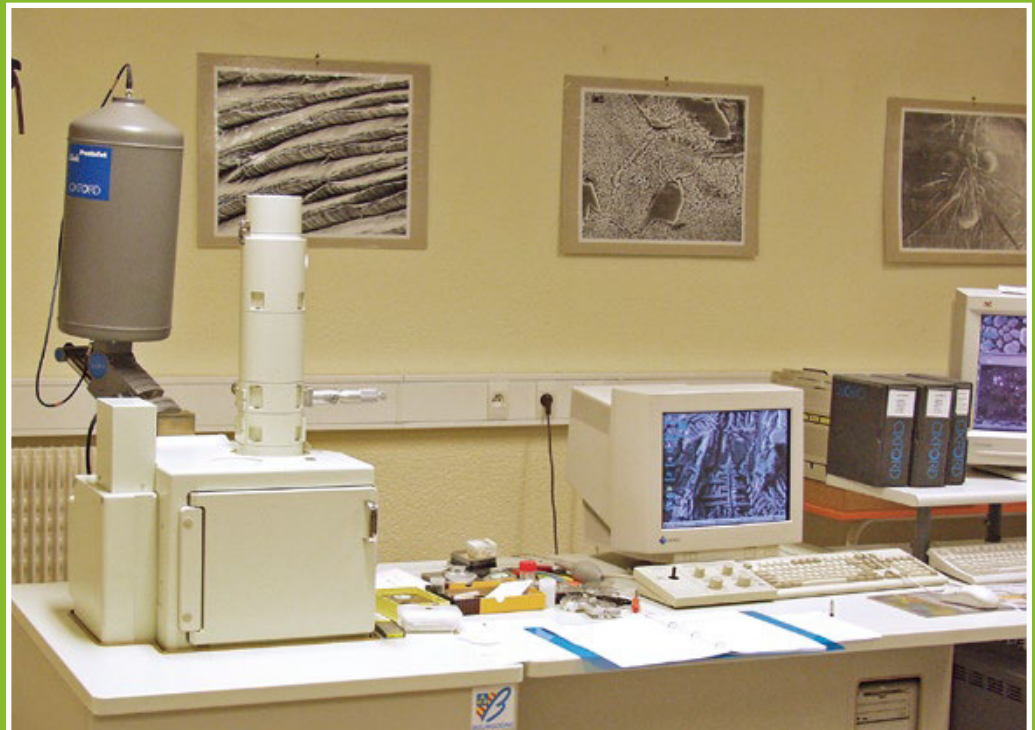
Le principe : dans une enceinte où on a fait le vide, un faisceau d'électrons est focalisé sur le plan où on place l'échantillon par des « lentilles électroniques » ou bobines de focalisation. D'autres bobines dévient le trajet des électrons, de façon à balayer la surface étudiée, ligne après ligne, comme dans les tubes cathodiques des téléviseurs d'autrefois. Des capteurs reçoivent les électrons renvoyés par les atomes de l'échantillon.

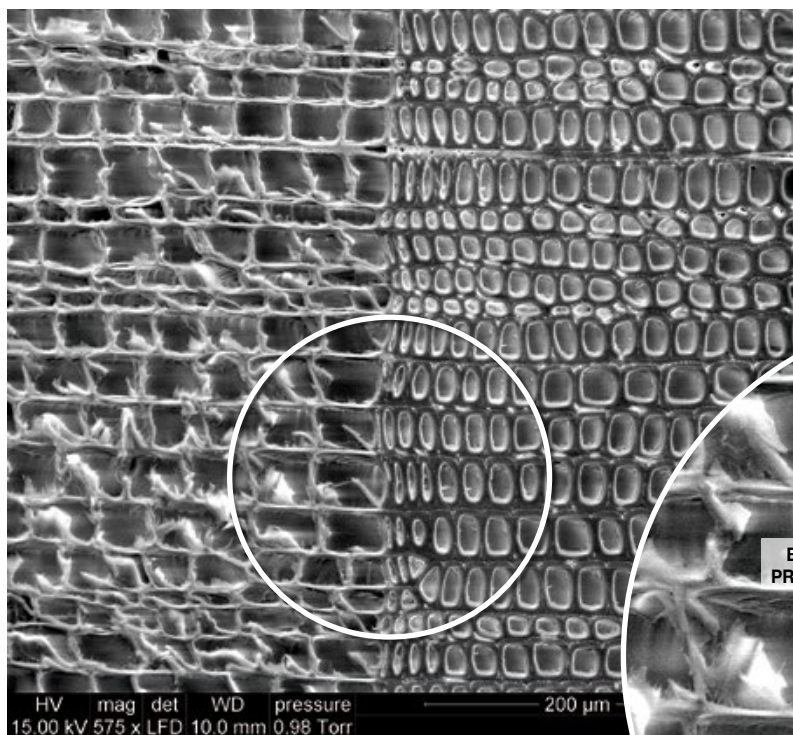
Ces capteurs sont de deux sortes :

- L'un capte les électrons réémis par les atomes, lorsqu'un des électrons du faisceau a pris leur place : on parle d'**électrons secondaires**. L'image obtenue est assez semblable à ce que l'on verrait avec de la lumière, mais en noir et blanc, et un effet de contre-jour dépayçant.
- L'autre capte les électrons du faisceau qui ont fait demi-tour après avoir orbité autour d'un noyau d'atome, qu'on appelle **électrons rétrodiffusés**. L'image obtenue est plus plate, mais donne une information sur la chimie de l'échantillon : plus la matière est dense, plus les gros noyaux renvoient d'électrons et plus elle apparaît claire.

Quand des électrons sont freinés par de la matière, ils émettent des **rayons X**. Ces derniers peuvent être analysés par un **spectroscope** monté sur la machine, qui pourra déterminer précisément quels sont les atomes composant l'échantillon au point étudié. Si une tache claire contient de l'aluminium et de l'oxygène, c'est probablement un bout d'alumine venant d'un abrasif. Si c'est du fer et un peu de chrome : une particule abandonnée par un tranchant d'outil.

Les MEB sont aussi, comme les machines à café, des lieux de rencontre. Des spécialistes très divers y passent et repassent : chercheurs de toutes disciplines, ingénieurs d'entreprises voisines, médecins en virologie, policiers scientifiques, et même parfois des menuisiers ! ■





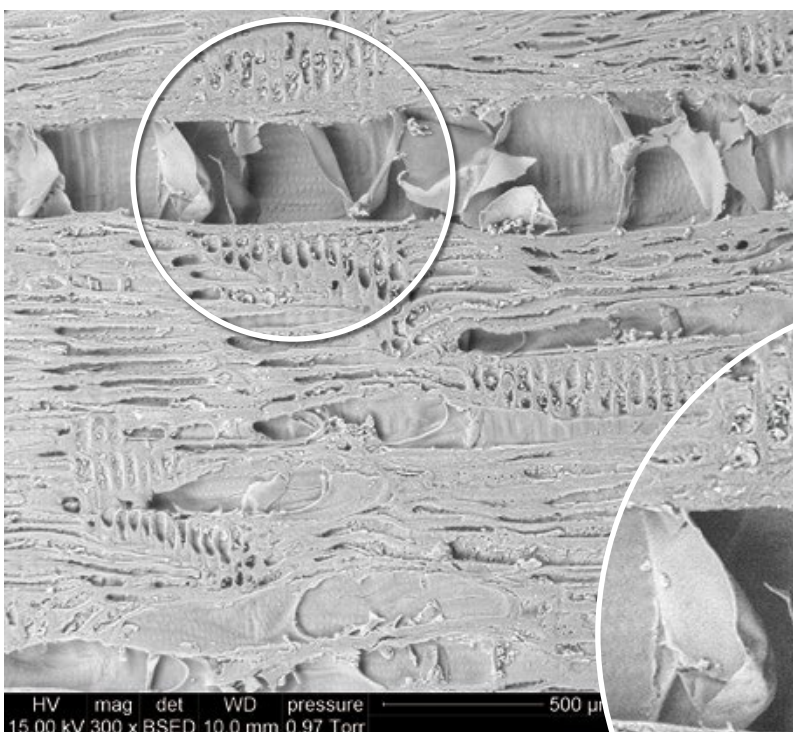
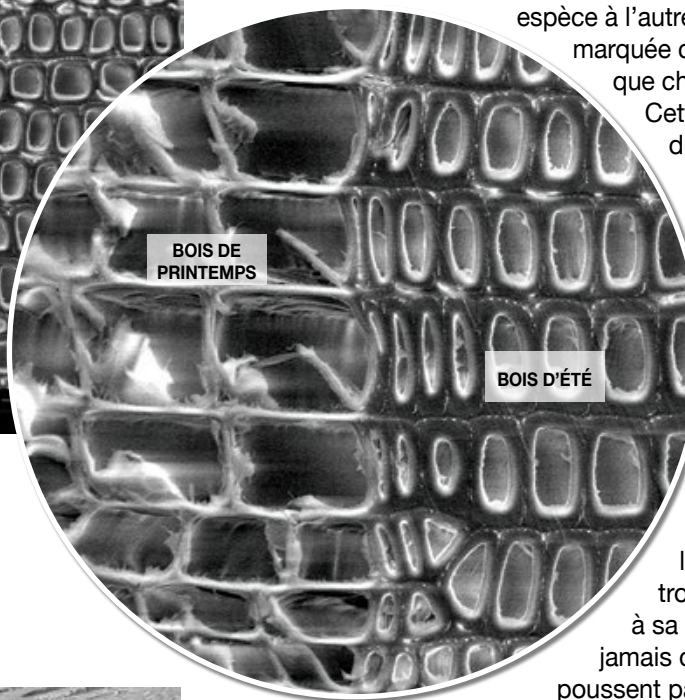
ÉPICÉA EN BOIS DE BOUT

Cette coupe d'épicéa montre de façon spectaculaire la différence entre bois de printemps et bois d'été. Au printemps, l'arbre a besoin de plus d'eau, et produit des cavités plus grandes. En été, la priorité est donnée à la fabrication d'une structure rigide à parois épaisses, pour la résistance mécanique. Ce sont ces alternances de couches tendres et dures qui forment les **cercles annuels**.

La différence de densité varie d'une espèce à l'autre, en général plus marquée chez les résineux que chez les feuillus.

Cette différence de dureté peut avoir des conséquences sur le travail.

Par exemple, il n'est pas rare que, lors du perçage d'un avant-trou dans du pin, le foret glisse sur une couche de bois dur, ce qui déplace légèrement l'axe du trou : la vis n'est pas à sa place. N'oublions jamais que les arbres ne poussent pas pour nous !



CHÊNE

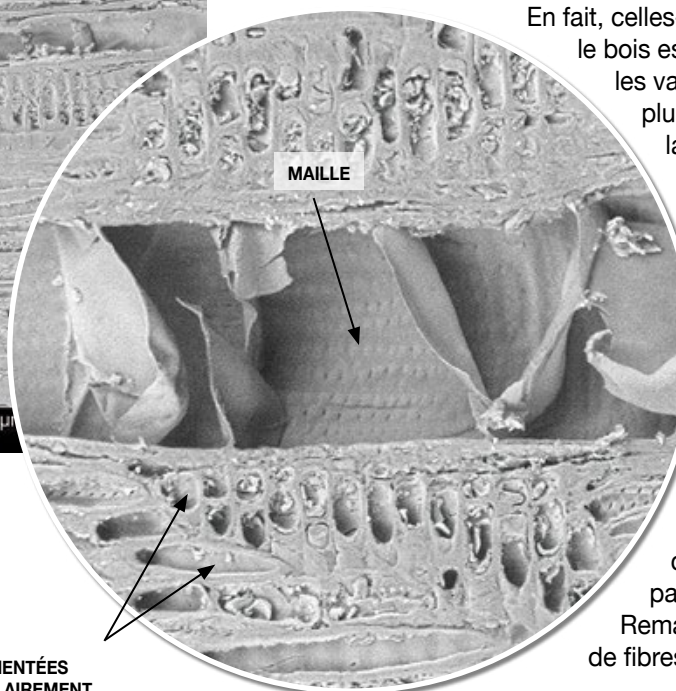
Chez les feuillus, le soutien mécanique est assuré par des fibres plus trapues et la conduction de la sève est assurée par des cellules différentes, les **vaisseaux**. Dans le cas du chêne, ces canaux semblent encombrés de **cloisons**, rendant la circulation impossible.

En fait, celles-ci sont créées quand le bois est plus ancien, et que les vaisseaux n'assurent plus la conduction de la sève. Ces cloisons permettent de limiter les attaques fongiques.

On comprend mieux pourquoi le chêne absorbe si mal les produits de finition, malgré ses gros pores.

Les fibres du chêne ne sont pas droites, ce qui ne facilite pas le rabotage.

Remarquez les groupes de fibres orientées



FIBRES ORIENTÉES
PERPENDICULAIREMENT

perpendiculairement à la direction générale : ce sont des **rayons ligneux**, cellules permettant le stockage de réserves et la synthèse des éléments chimiques du bois de cœur. La « maille » de certains bois comme le chêne ou le hêtre est due à ces rayons ligneux appelés **parenchymes radiaux** par les biologistes. Leur matière est constituée de cellules restant vivantes, contrairement aux trachéides poussant dans l'axe du tronc. Ce qui explique, par exemple, la capacité d'un arbre à soigner une blessure lorsqu'une petite surface d'écorce a disparu. Ils expliquent aussi certaines particularités mécaniques du bois :

- Quand il perd de l'eau, le bois se rétracte plus dans le sens **tangentiel** (parallèlement aux cercles annuels) que dans le sens **radial** (direction cœur-écorce). C'est ce qui fait que les bûches fendent, que les plateaux tuilent, que les angles face-chant perdent leur équerrage. Ceci est dû à ce que les parenchymes sont peu compressibles dans le sens longitudinal des cellules, comme d'ailleurs les trachéides.
- Les bois bien maillés, comme le chêne, fendent moins bien que ceux où les rayons ligneux sont plus discrets, comme le châtaignier. C'est aussi vrai pour le rabotage : dans du chêne, il faut pousser le rabot plus fort sur une surface parallèle aux cercles annuels que sur une perpendiculaire : il faut couper quelques parenchymes en bois de bout.

CHÊNE EN BOIS DE BOUT

Cette image de chêne en bois de bout montre l'inhomogénéité de cette essence : cellulose presque massive loin des vaisseaux, et parenchymes bien aérés à proximité. Ce qui a des conséquences sur son aspect : regardez un bout de chêne bien poncé, à la loupe si nécessaire : vous repérerez vite ces alternances bois dur - bois tendre.

Les points blancs sont probablement des particules d'abrasif ayant servi à préparer l'échantillon. Remarquez aussi la présence d'un gros rayon ligneux en bas à gauche.

RÉSINEUX

Gros plan sur un résineux : cette coupe sur dosse (tangente aux cercles annuels) montre des trachéides avec d'abondantes ponctuations. Des rayons ligneux, vus en coupe, se faufilent entre les trachéides. Ils sont organisés en faisceaux plats de quelques cellules de large et une seule d'épais.

Sur cette essence, ces rayons sont trop fins pour être visibles à l'œil nu (on ne voit pas de maille dans les résineux). Mais ils sont bien là, rendant, sur cette essence aussi, le retrait du bois inhomogène. ■

Remerciements
à Bruno Clair,
du Laboratoire
de Mécanique et
Génie Civil, Université
Montpellier 2,
et à Claude Gril,
Directeur du Service
Microscopie
Électronique,
Université Montpellier 2.

