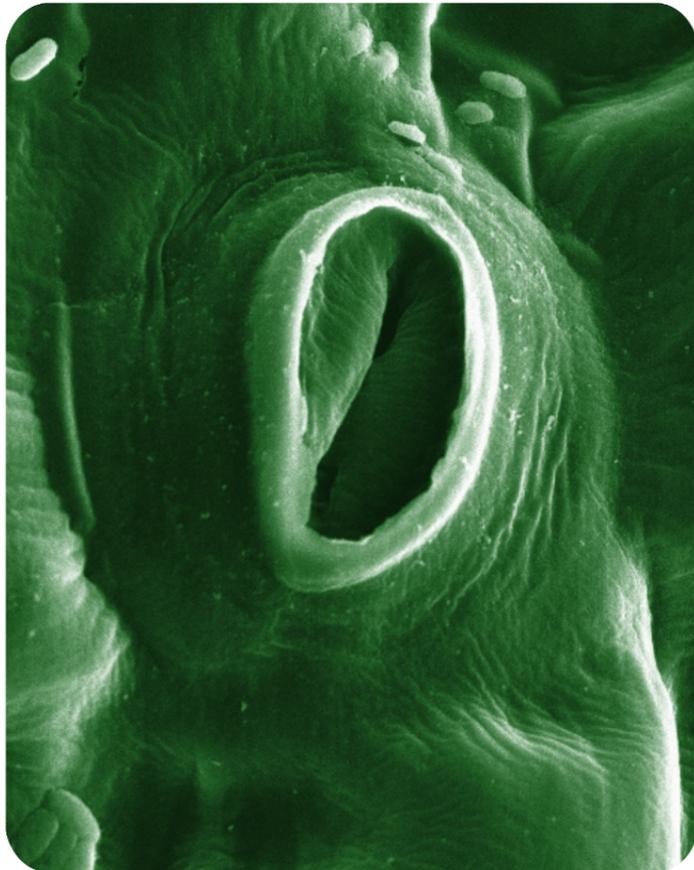


Anatomie du bois



Chapitre 3

Le bois, tissu conducteur de sève brute

- Les flux de sèves dans l'arbre
- Les cellules conductrices de sève brute
- Le mécanisme de montée de la sève brute dans le bois
- La circulation de la sève brute dans le bois
- L'embolie estivale
- L'embolie hivernale

- Les flux de sèves dans l'arbre
 - Animation



■ Les cellules conductrices de sève brute

Le bois a plusieurs fonctions dans l'arbre :

- Conduction de la sève brute
- Soutien mécanique et contrôle de la posture
- Stockage de réserves et défense

→ Cellules mortes

→ Cellules mortes

→ Cellules vivantes (parenchyme)

Le bois de feuillus se caractérise par la présence de cellules spécialisées dans la conduction de la sève : **les vaisseaux**.

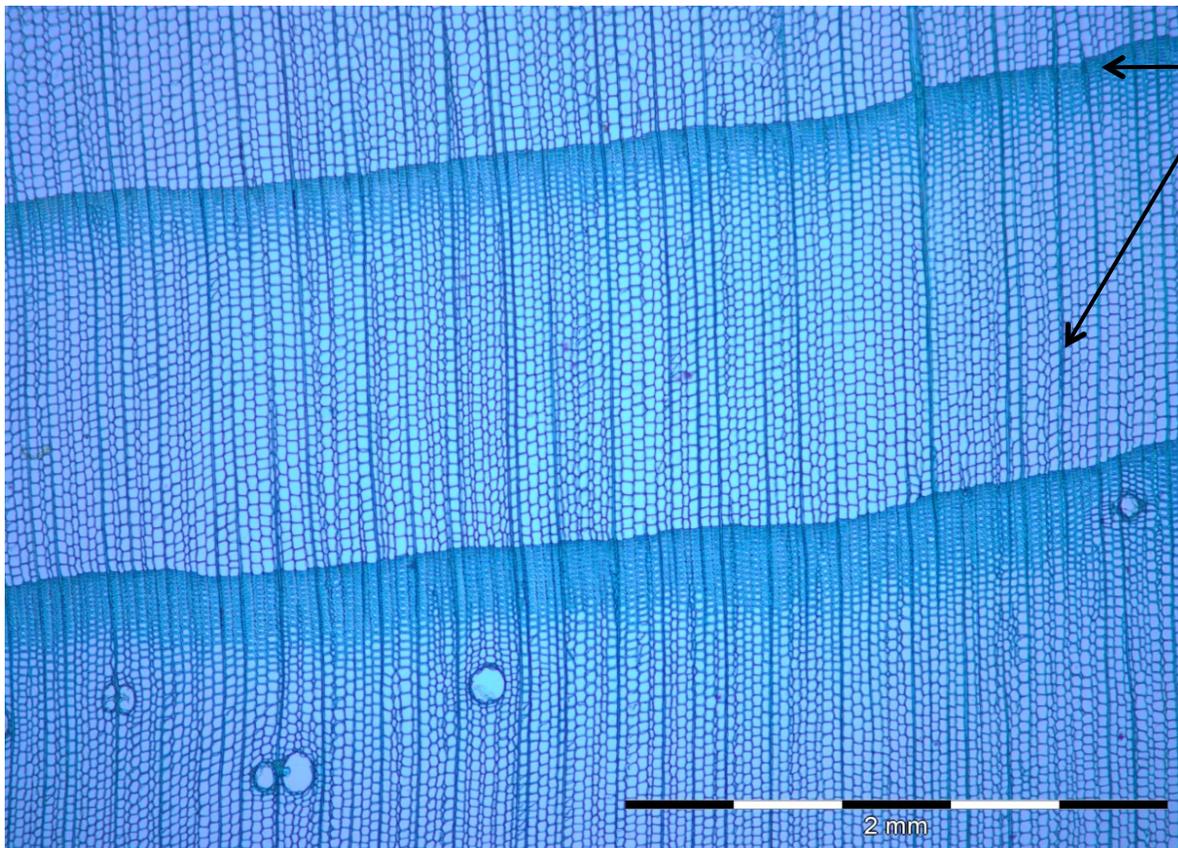
Bois de résineux : jamais de vaisseaux
Bois de feuillus : toujours des vaisseaux



■ Les cellules conductrices de sève brute

LE BOIS DE RESINEUX

Rôles des trachéides : conduction et soutien mécanique.



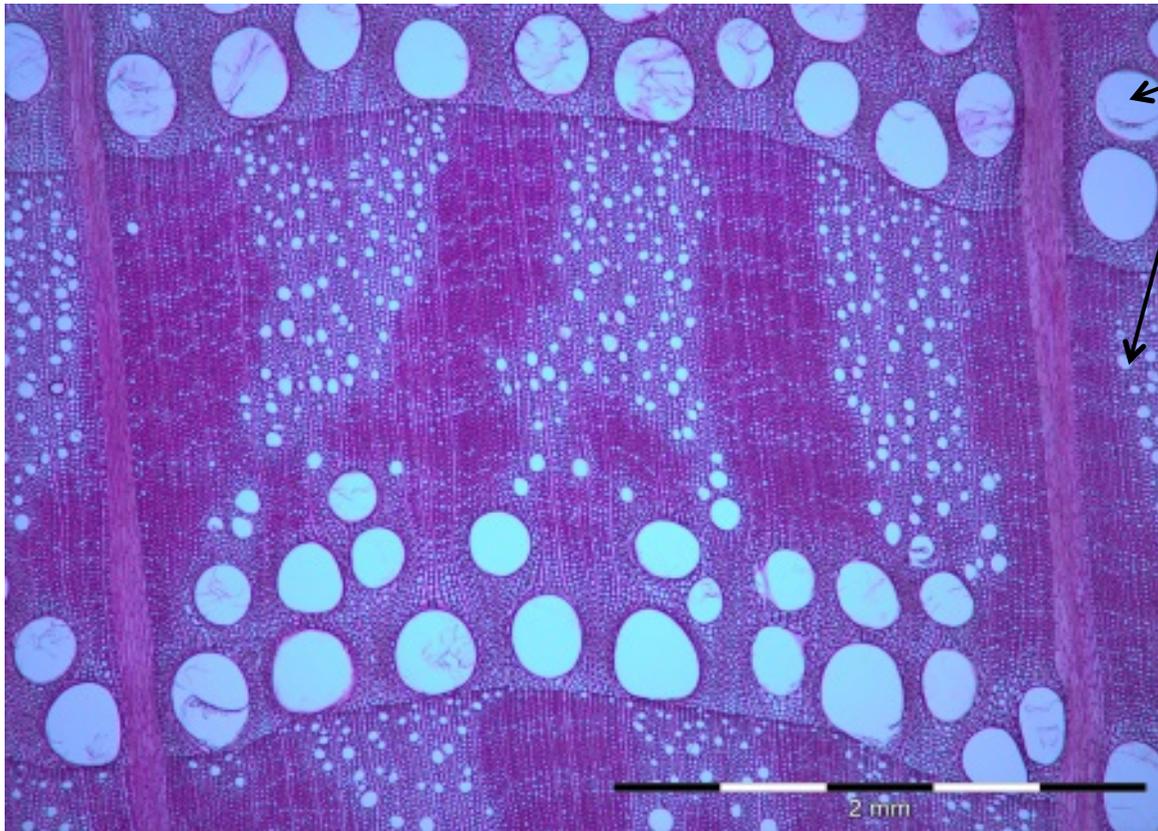
Celles formées au début de la saison de végétation sont plus larges, ont des parois plus minces et constituent un bois moins dense que celles formées à la fin.

Cellules mortes
même dans l'aubier de l'arbre vivant

Coupe transversale d'Epicéa

■ Les cellules conductrices de sève brute

LE BOIS DE FEUILLUS

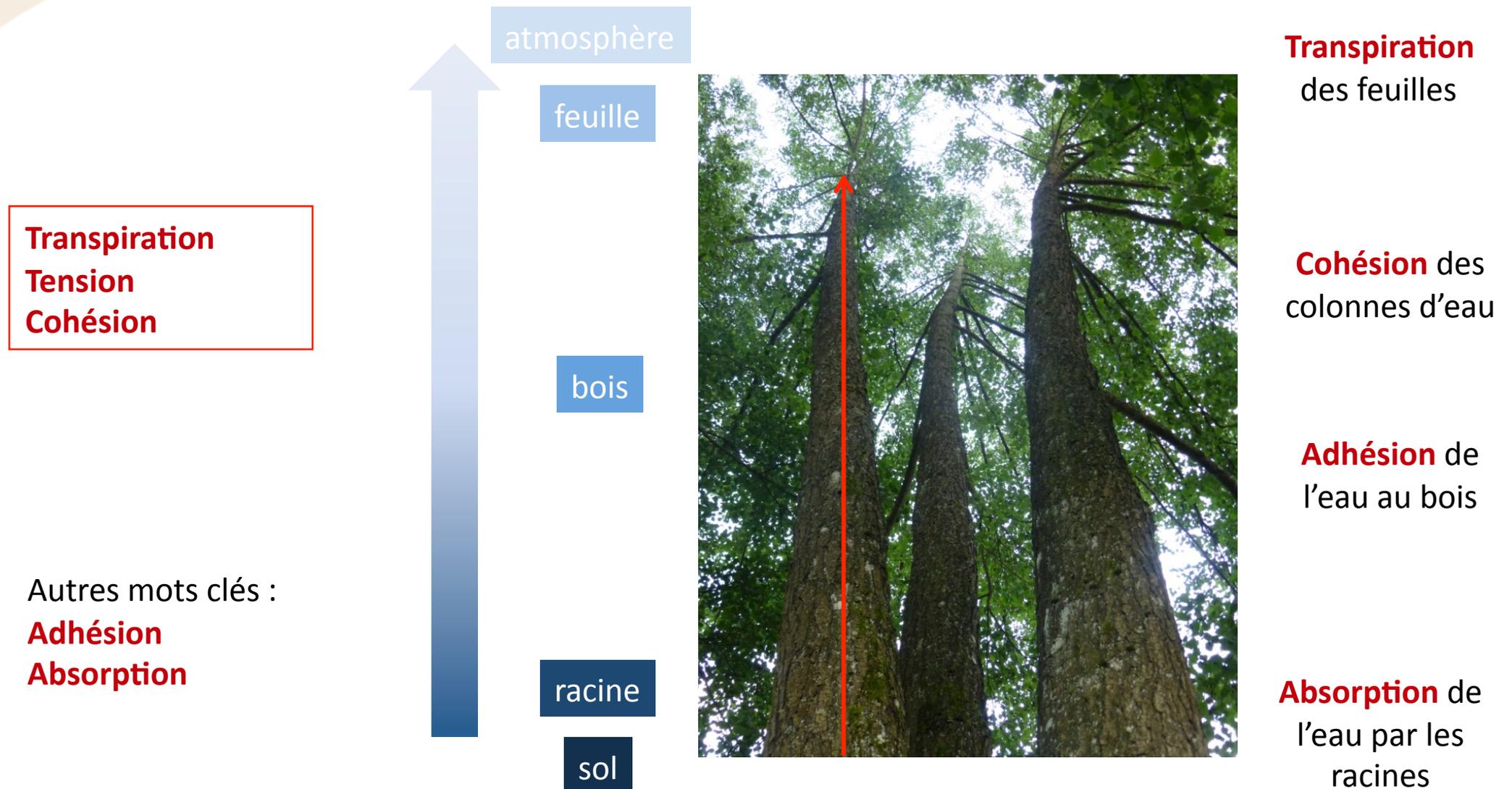


Les cellules les plus grosses sont spécialisées dans la conduction de sève : vaisseaux (plus gros en début de saison de végétation)

Cellules mortes
même dans l'aubier de l'arbre vivant

Coupe transversale de chêne

■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois



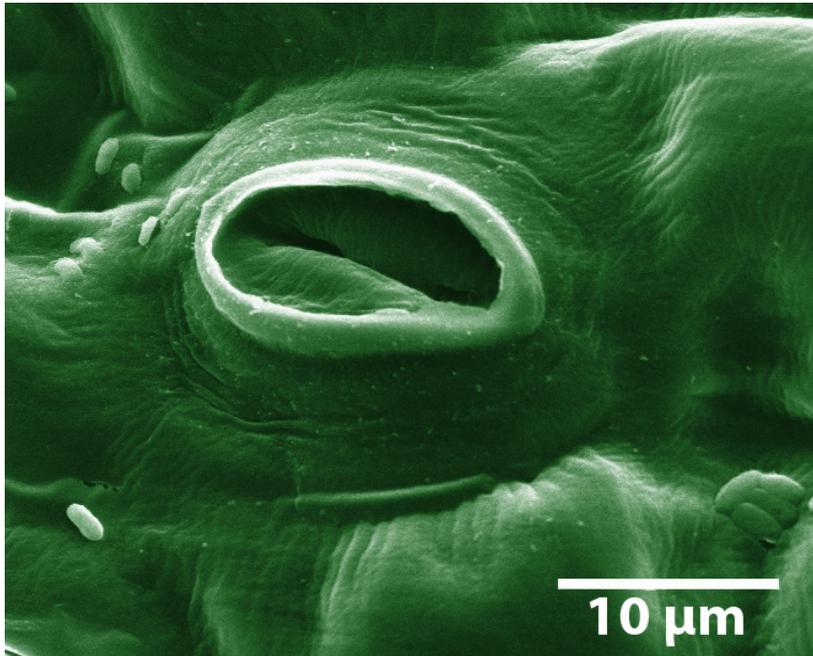
L'eau est tirée vers le haut, comme une corde. Elle est sous **tension**.

■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

LA TRANSPIRATION

La transpiration des feuilles est le moteur de la montée de sève brute dans les arbres.

La transpiration a lieu au niveau des feuilles à travers les stomates:



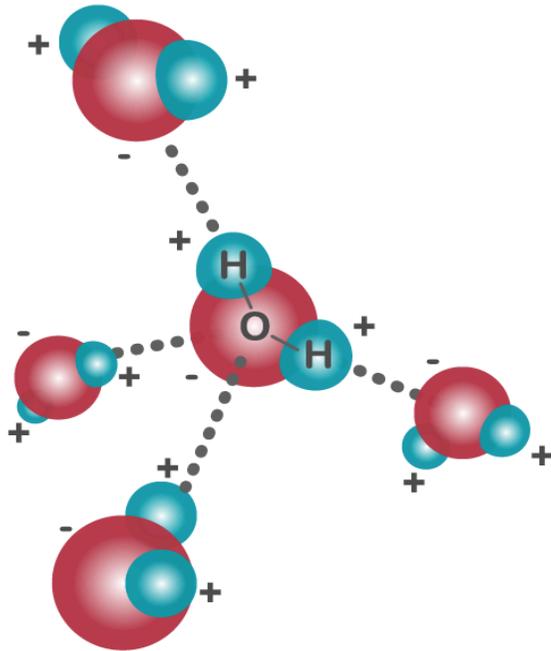
- sorte de petites bouches au niveau de l'épiderme des feuilles.
- permettent les échanges gazeux nécessaires à la photosynthèse.
- ouverts le jour, fermés la nuit.
- se ferment aussi en cas de risque de transpiration trop importante.

■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

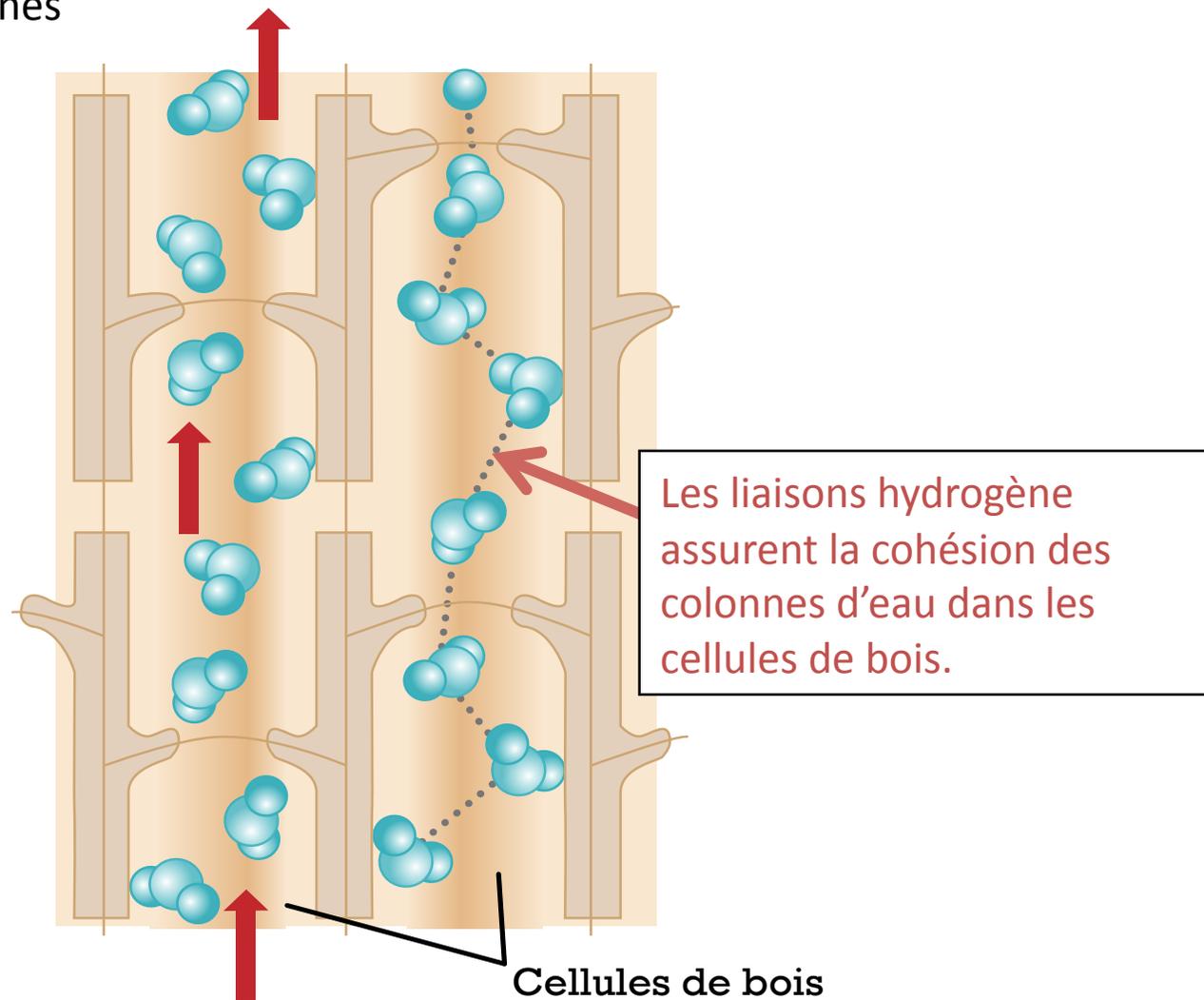
LA COHESION

Les molécules d'eau H_2O sont polaires avec :

- un pôle négatif : l'oxygène
- deux pôles positifs : les deux hydrogènes



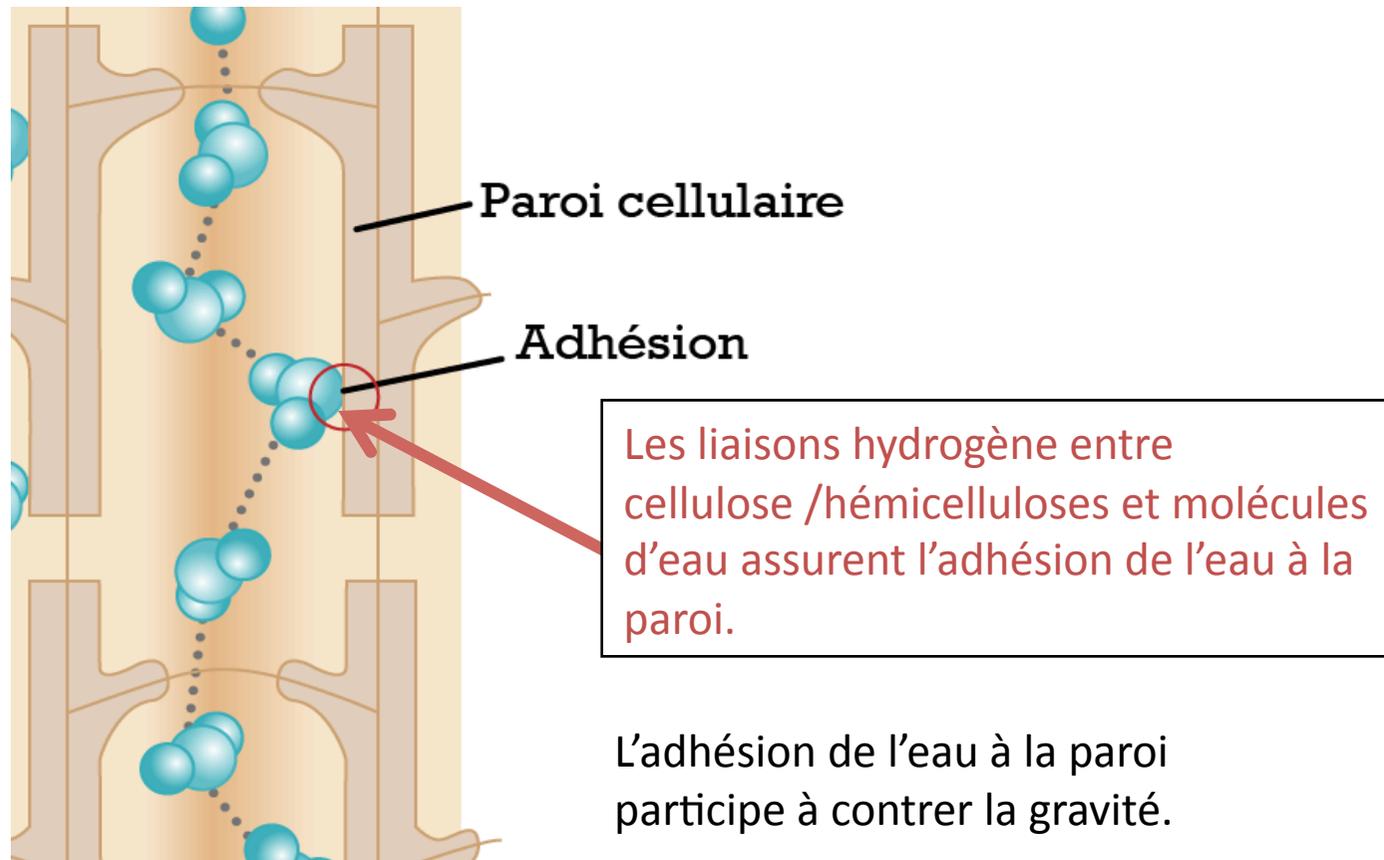
Liaison hydrogène : attirance entre les pôles opposés de deux molécules d'eau voisines



■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

L'ADHESION

Constituants hydrophiles de la paroi : la cellulose et les hémicelluloses.



■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

LA TENSION

La sève brute est aspirée, elle est sous tension.

Il y a un risque d'implosion de la cellule conductrice de sève = risque d'effondrement de la cellule sur elle-même.

Comme lorsque l'on aspire trop fort dans une paille : elle s'aplatit et ne laisse plus passer le liquide...



■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

LA TENSION

Pour résister à l'implosion (= collapse), les parois des cellules de bois sont lignifiées (c'est-à-dire imprégnées de lignine qui les rigidifie).

On ne la trouve que dans les tissus conducteurs de sève brute : notamment le bois et les nervures des feuilles.

La lignine résiste bien à la biodégradation



■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

UNE COMPOSITION CHIMIQUE AD HOC

Dans la paroi de la cellule de bois il y a donc :

De la cellulose et des hémicelluloses

- **en surface** pour la rendre hydrophile
- permettre l'adhésion de la sève.

De la lignine

- **en profondeur** pour la rigidifier
- éviter qu'elle n'implose sous l'effet de la tension.

Non hydrophile, la lignine est peu présente à la surface de la paroi.



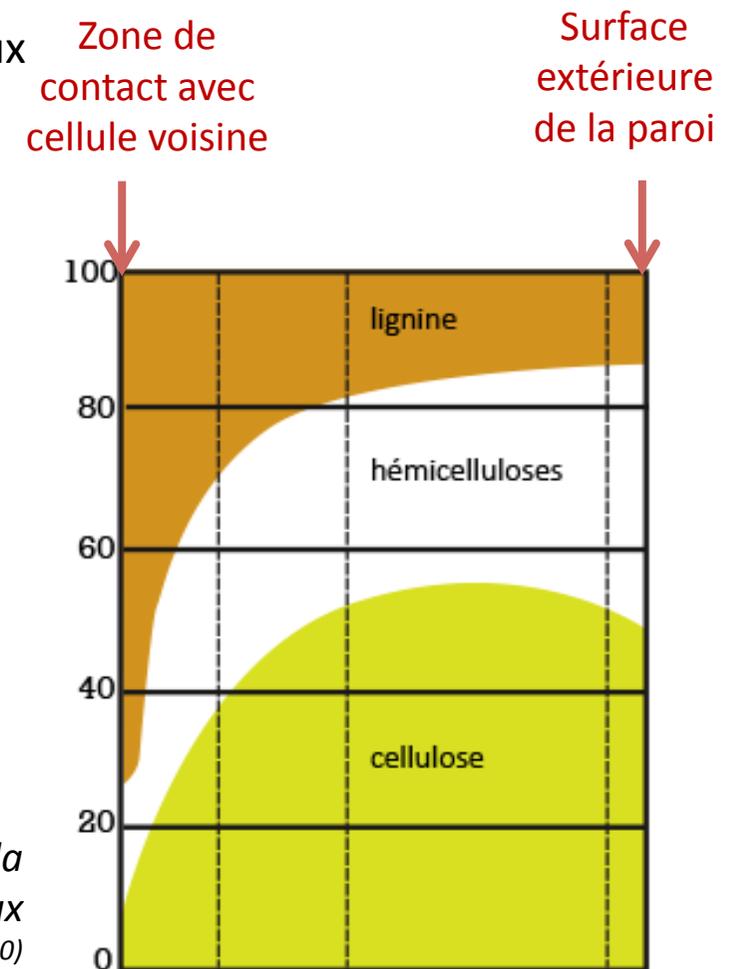
■ Le mécanisme de montée de sève brute dans le bois

UNE COMPOSITION CHIMIQUE AD HOC

La lignine est une colle naturelle !

Elle est très abondante au niveau de la zone de contact entre deux cellules voisines.

Cette zone de contact est appelée la lamelle moyenne.



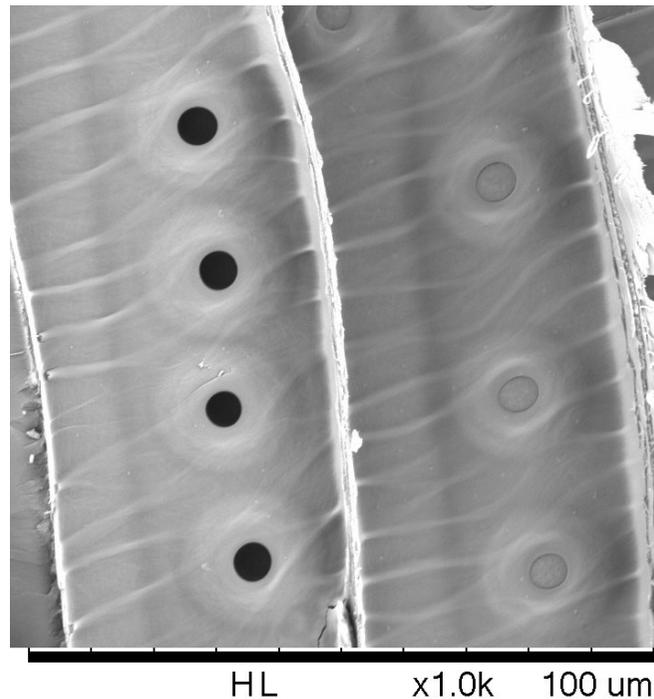
*Distribution en pourcentages de la lignine, des hémicelluloses et de la cellulose à l'intérieur de la paroi d'une cellule de bois de résineux
(d'après Panshin et Zeeuw, Textbook of Wood Technology, 1980)*

■ La circulation de la sève brute dans le bois

CAS DES RESINEUX

La sève brute monte d'une trachéide à l'autre à travers des ponctuations dites aréolées, car elles ont une forme d'aréoles lorsqu'on les observe de face sur une coupe radiale.

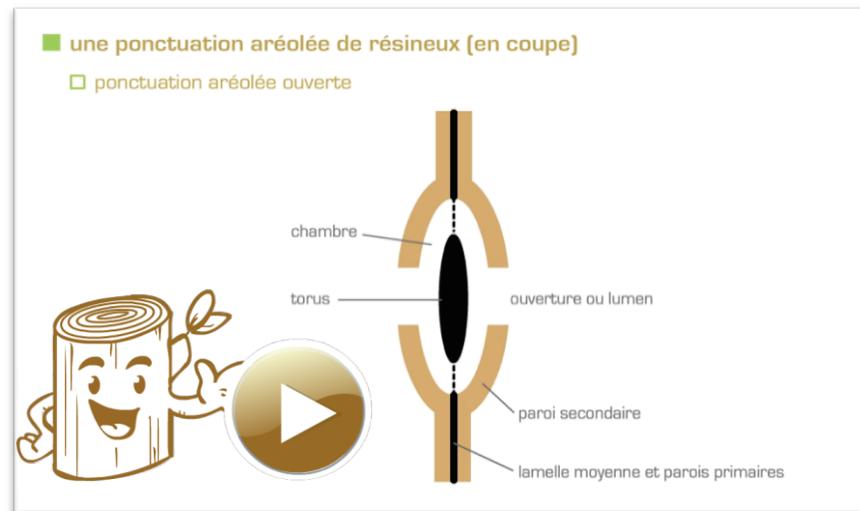
Ponctuation = point de communication entre 2 cellules voisines (paroi primaire amincie et paroi secondaire interrompue)



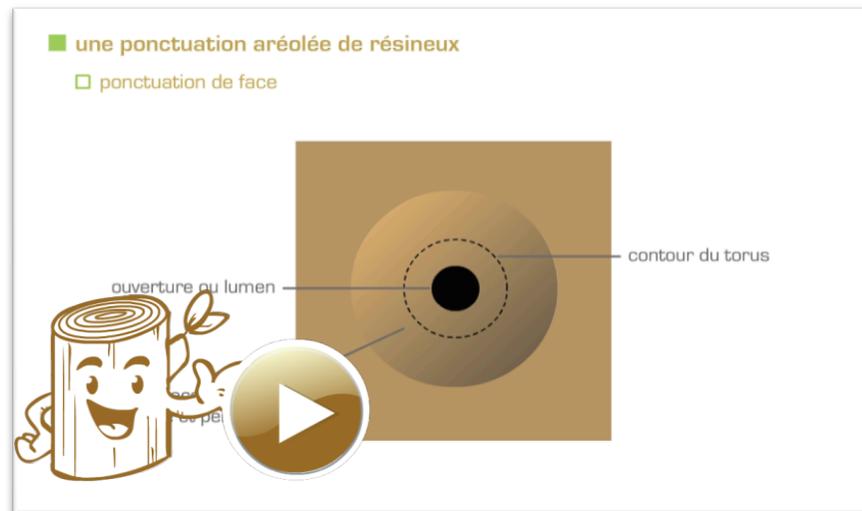
Ponctuations aréolées visibles de face sur une coupe radiale (Douglas)

■ La circulation de la sève brute dans le bois

■ Animation **CAS DES RESINEUX**

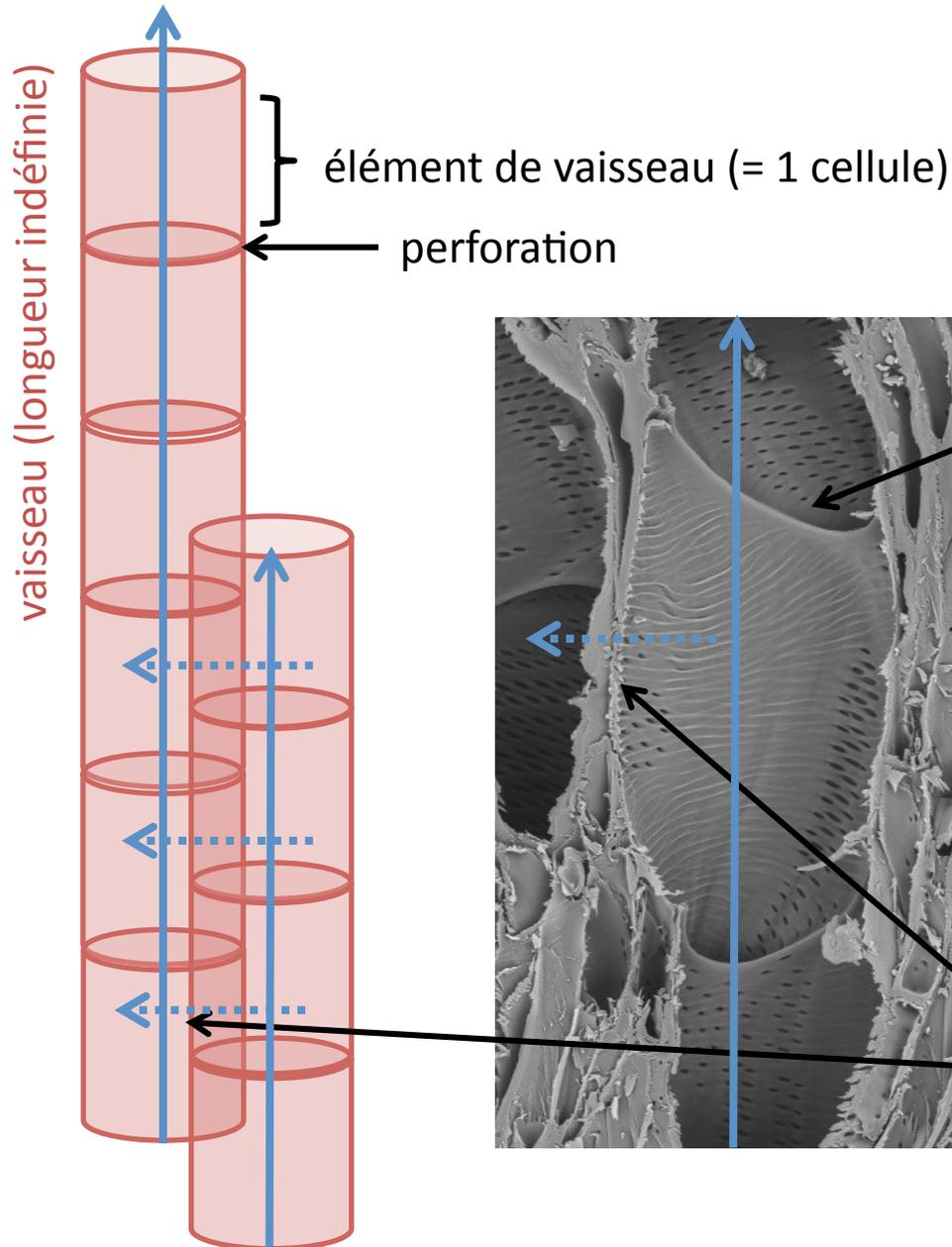


- La circulation de la sève brute dans le bois
 - Animation **CAS DES RESINEUX**

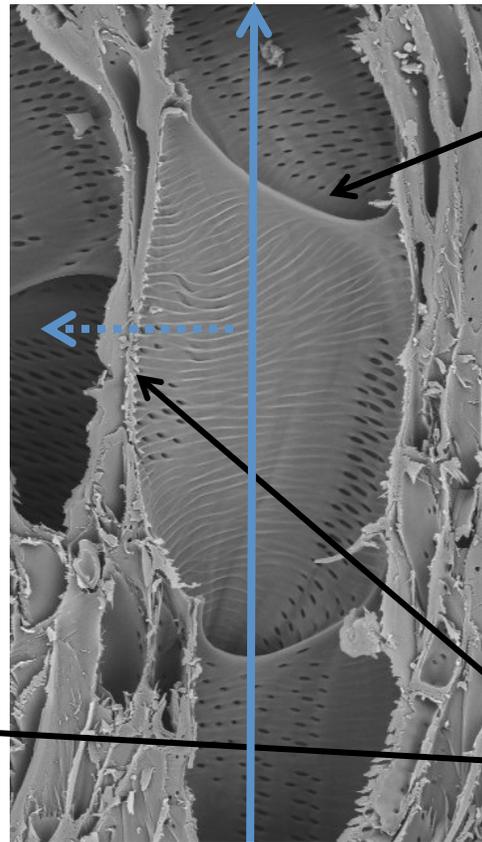


■ La circulation de la sève brute dans le bois

CAS DES FEUILLUS



Dans le bois de feuillus, la sève brute circule dans des vaisseaux construits par superposition d'éléments ouverts à leurs extrémités (perforations).



Les perforations permettent la montée de la sève à l'intérieur des éléments de vaisseaux superposés.

élément de vaisseau (= 1 cellule)

Les ponctuations intervasculaires permettent le passage latéral de sève entre 2 vaisseaux accolés.

- La circulation de la sève brute dans le bois
 - Animation **CAS DES FEUILLUS**



■ La circulation de la sève brute dans le bois

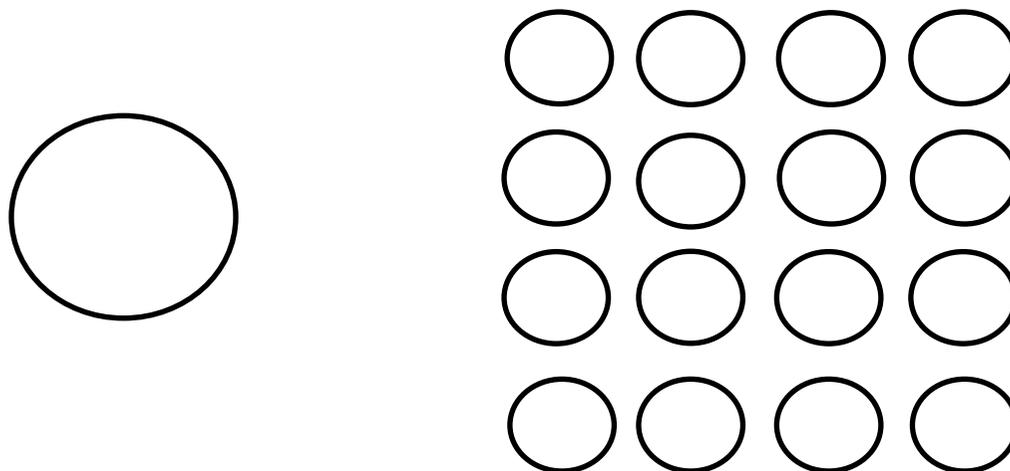
CAS DES FEUILLUS

Les gros vaisseaux sont beaucoup plus efficaces que les petits vaisseaux pour conduire la sève !

D'après la loi de Poiseuille, la conductance Q d'un conduit est fonction de son rayon r à la puissance 4.

$$Q = \frac{\Delta P}{\eta L} \frac{\pi r^4}{8}$$

Donc, si le rayon est divisé par 2, la conductance est divisée par 16 !



conductance d'1 vaisseau de rayon r = conductance de 16 vaisseaux de rayon $r/2$

■ L'embolie estivale

La rupture d'une colonne d'eau est une **embolie**.

Elle est provoquée par l'apparition d'une cavité de gaz : cavitation.



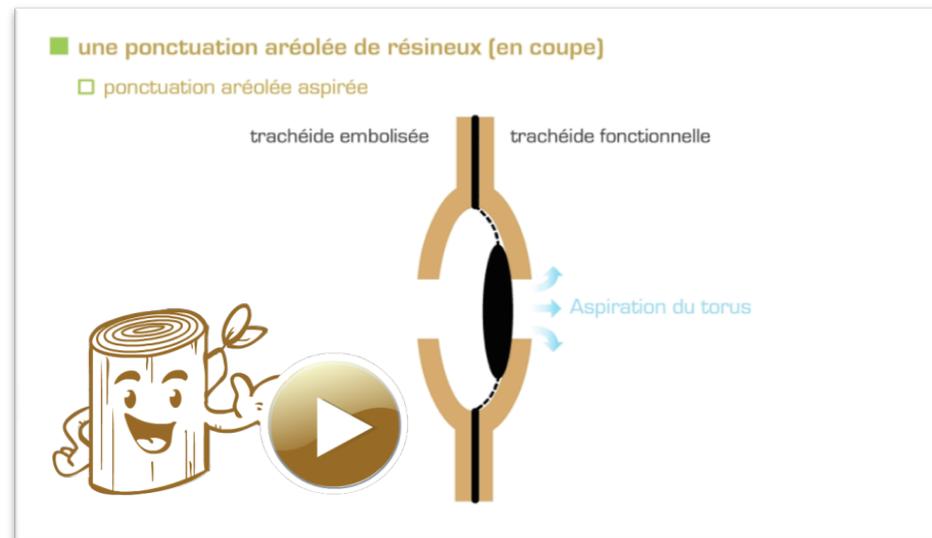
L'embolie estivale est due à la sécheresse, à une trop forte transpiration, qui entraîne une trop forte tension dans la colonne d'eau et l'entrée d'air depuis une cellule non fonctionnelle et déjà embolisée.

- L'embolie estivale
 - Animation



■ L'embolie estivale

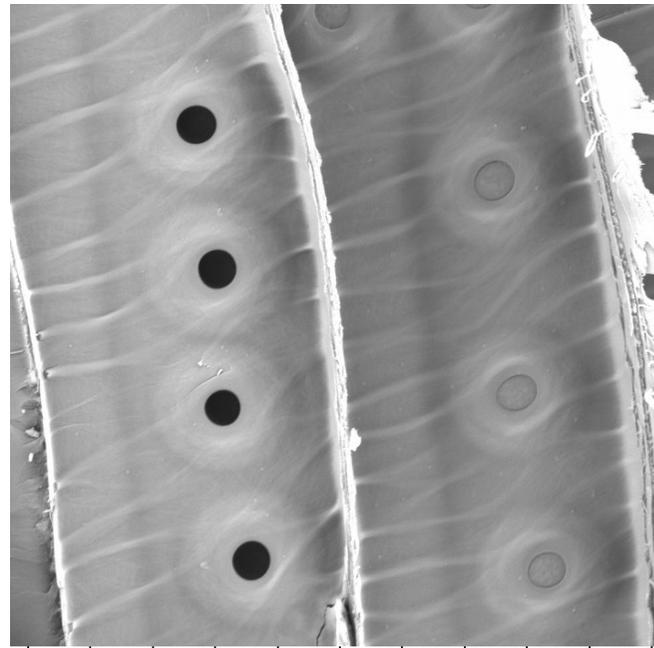
■ Animation fermeture d'une ponctuation aréolée de résineux



■ L'embolie estivale

CAS DES RESINEUX

Dans la trachéide de droite, les torus ont été aspirés. Ils obstruent les ouvertures de ponctuations.



HL x1.0k 100 um

Ponctuations aréolées visibles de face sur une coupe radiale (Douglas)

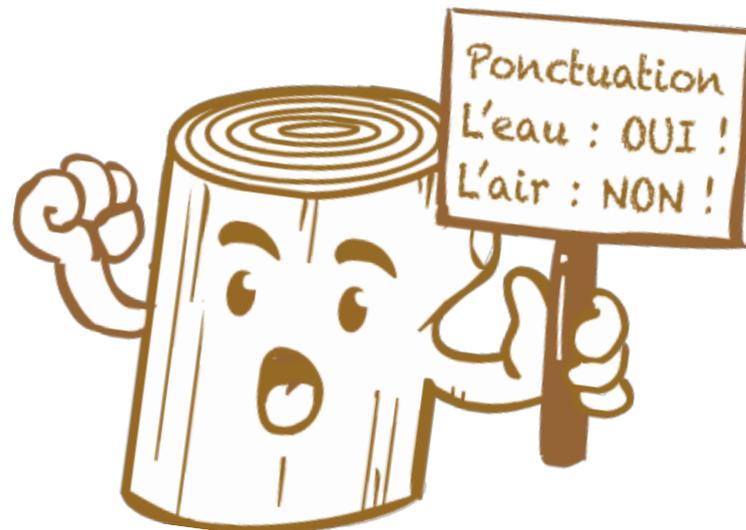
■ L'embolie estivale

CAS DES FEUILLUS

Les vaisseaux accolés communiquent latéralement grâce à des ponctuations (généralement sans torus).

La ponctuation doit :

- 1- Laisser passer l'eau quand les deux vaisseaux accolés sont fonctionnels.
- 2- Ne pas laisser passer l'air quand un des deux vaisseaux est embolisé.

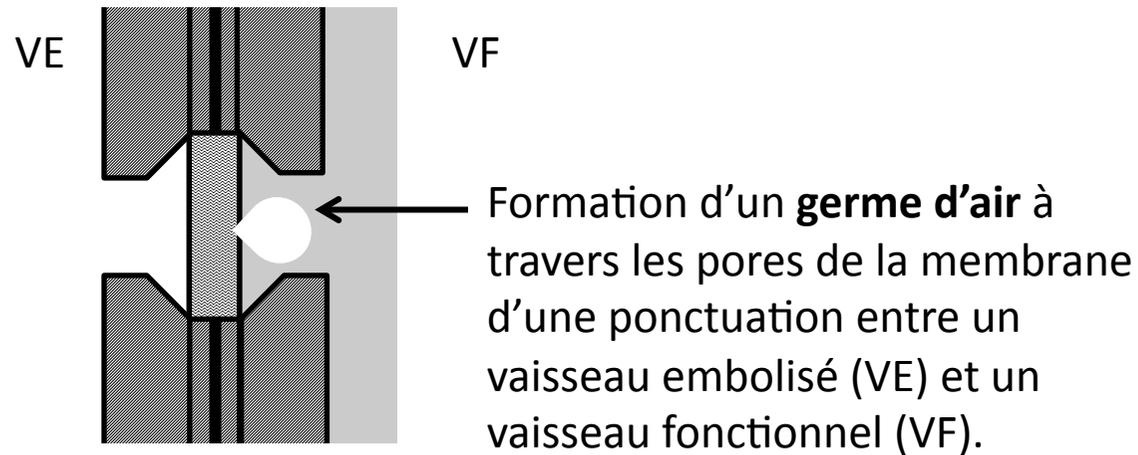


■ L'embolie estivale

CAS DES FEUILLUS

Un vaisseau fonctionnel est rempli d'eau.

Un vaisseau embolisé est rempli d'air.



Les bois les plus résistants à l'embolie estivale (donc à la sécheresse) ont des membranes de ponctuation épaisses avec une porosité fine.

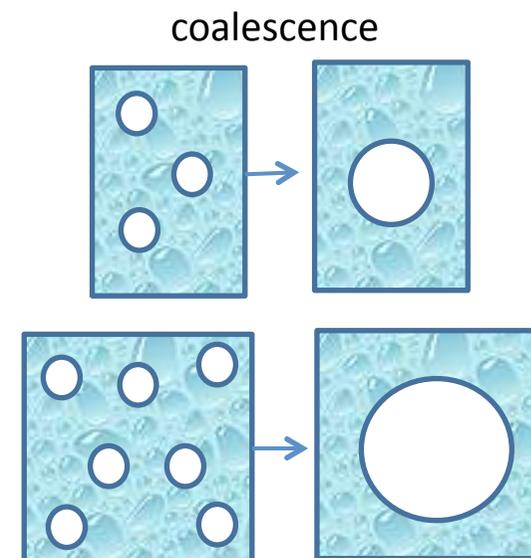


■ L'embolie hivernale

Les gaz sont solubles dans l'eau mais pas dans la glace.

L'embolie hivernale est due à l'apparition de bulles d'air suite au gel et au dégel des colonnes d'eau.

Les grosses bulles d'air ont une durée de vie plus longues que les petites et vont se résorber plus difficilement.



Les petites bulles d'air coalescent pour former des grosses, et ceci d'autant plus qu'elles sont nombreuses dans un même conduit.

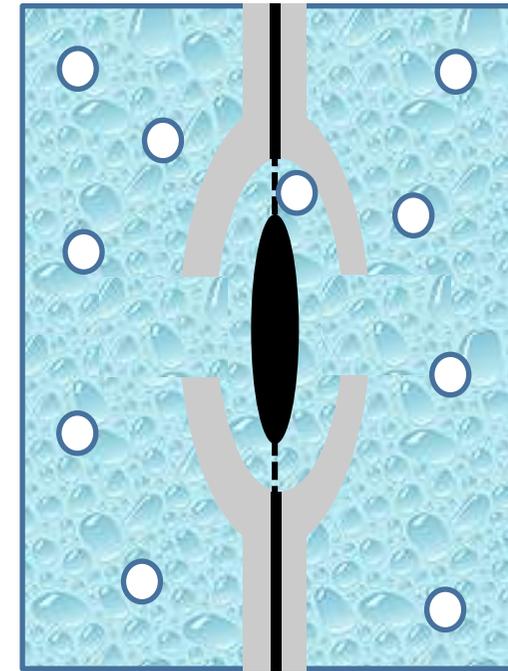
Plus il y a « d'obstacles » qui bloquent les petites bulles et limitent la coalescence, plus le bois est résistant à l'embolie hivernale.



■ L'embolie hivernale

CAS DES RESINEUX

Les ponctuations aréolées sont des obstacles que les bulles ne peuvent pas traverser.

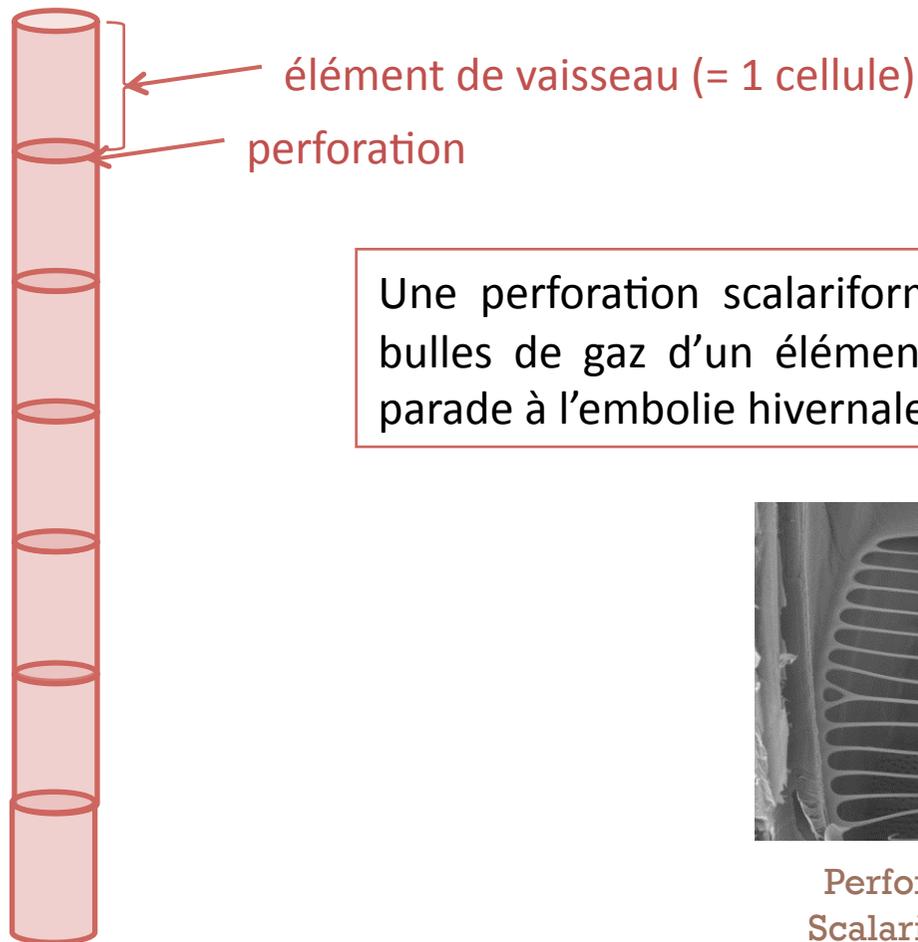


Les résineux résistent bien à l'embolie hivernale.

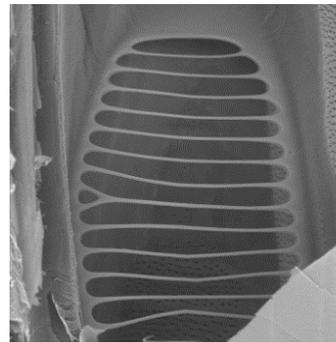
■ L'embolie hivernale

CAS DES FEUILLUS

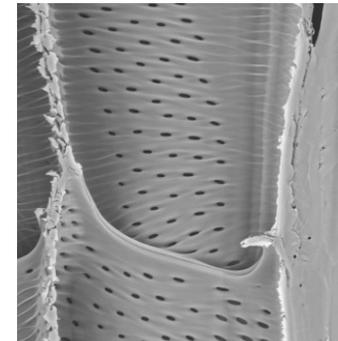
Les feuillus sont plus sensibles à l'embolie hivernale que les résineux car les vaisseaux sont de longs tubes qui font peu obstacle aux bulles d'air.



Une perforation scalariforme (en forme d'échelle) empêche le passage des bulles de gaz d'un élément de vaisseau à l'autre. Elle assure une meilleure parade à l'embolie hivernale que la perforation simple.



Perforation
Scalariforme
(bouleau)



Perforation
Simple
(érable)

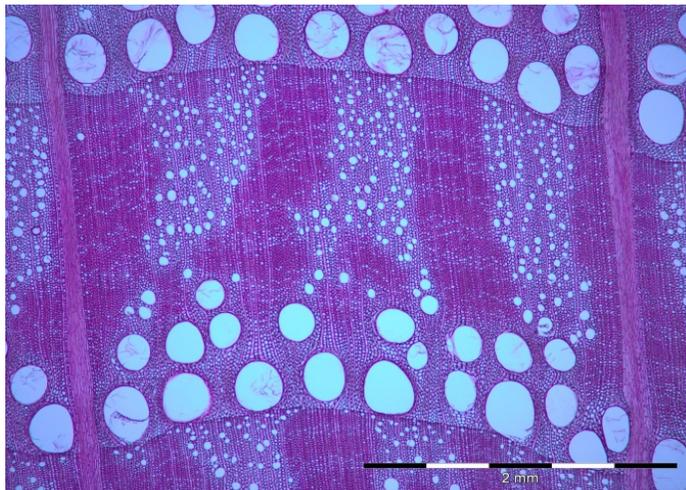
■ L'embolie hivernale

CAS DES FEUILLUS

Les feuillus à **petits vaisseaux** y sont moins sensibles que les feuillus à **gros vaisseaux**...

... mais ils ont une efficacité hydraulique moindre (loi de Poiseuille).

Beaucoup de bois des régions tempérées ont à la fois des petits et des gros vaisseaux (et aussi parfois des trachéides)



Coupe transversale de chêne

Les bois des régions tropicales ont souvent des gros vaisseaux car le risque d'embolie hivernale n'existe pas.



Coupe transversale de Wengé : les vaisseaux sont parfaitement visibles à l'œil nu sous forme de trous d'un diamètre pouvant atteindre 0,3 mm.