



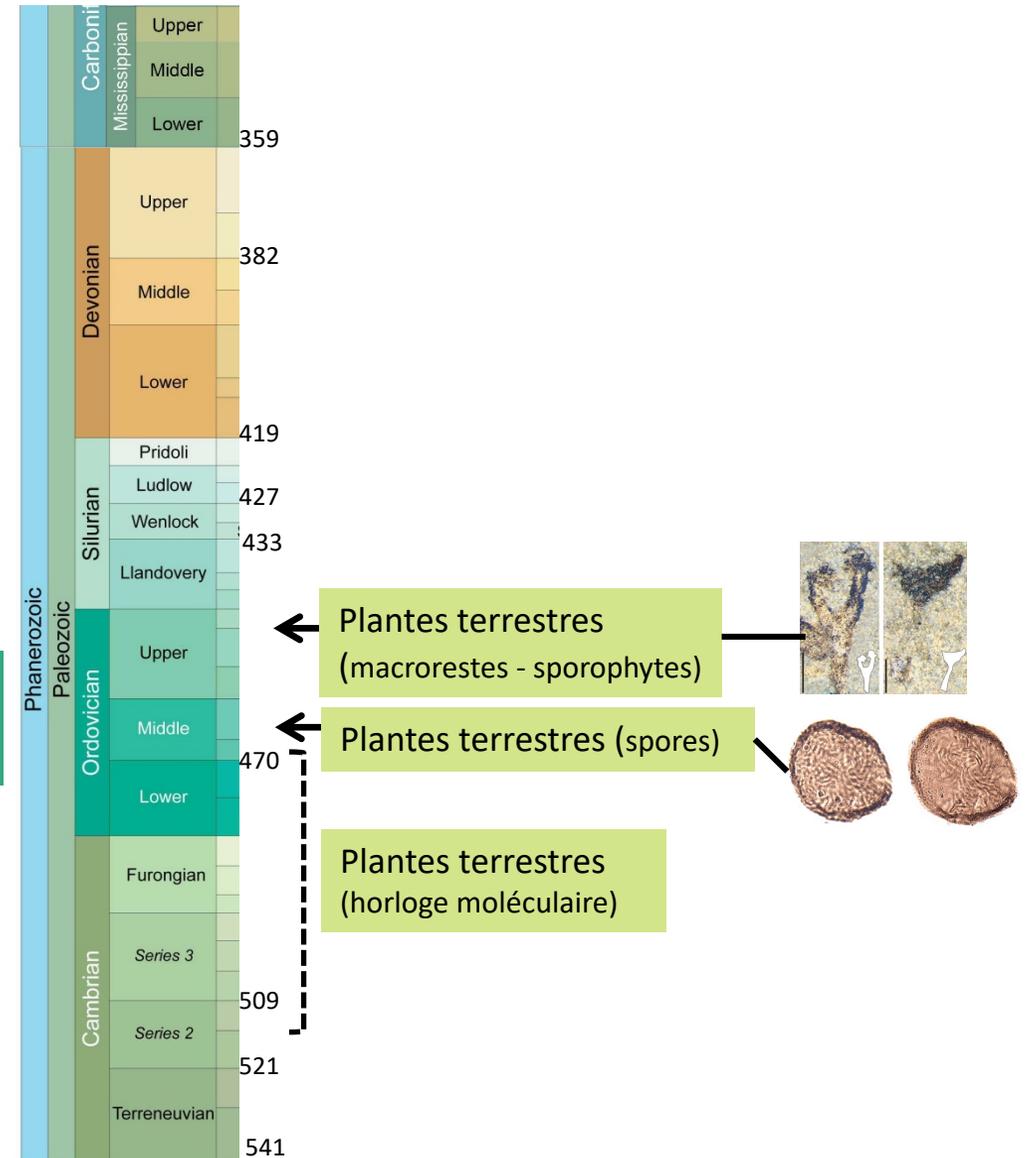
# *Origine des bois à travers l'évolution des végétaux au Paléozoïque*

**Le bois, une innovation vieille de 400 millions d'années**

Brigitte Meyer-Berthaud & Anne-Laure Decombeix

# Plantes terrestres & plantes vasculaires: les débuts de l'histoire

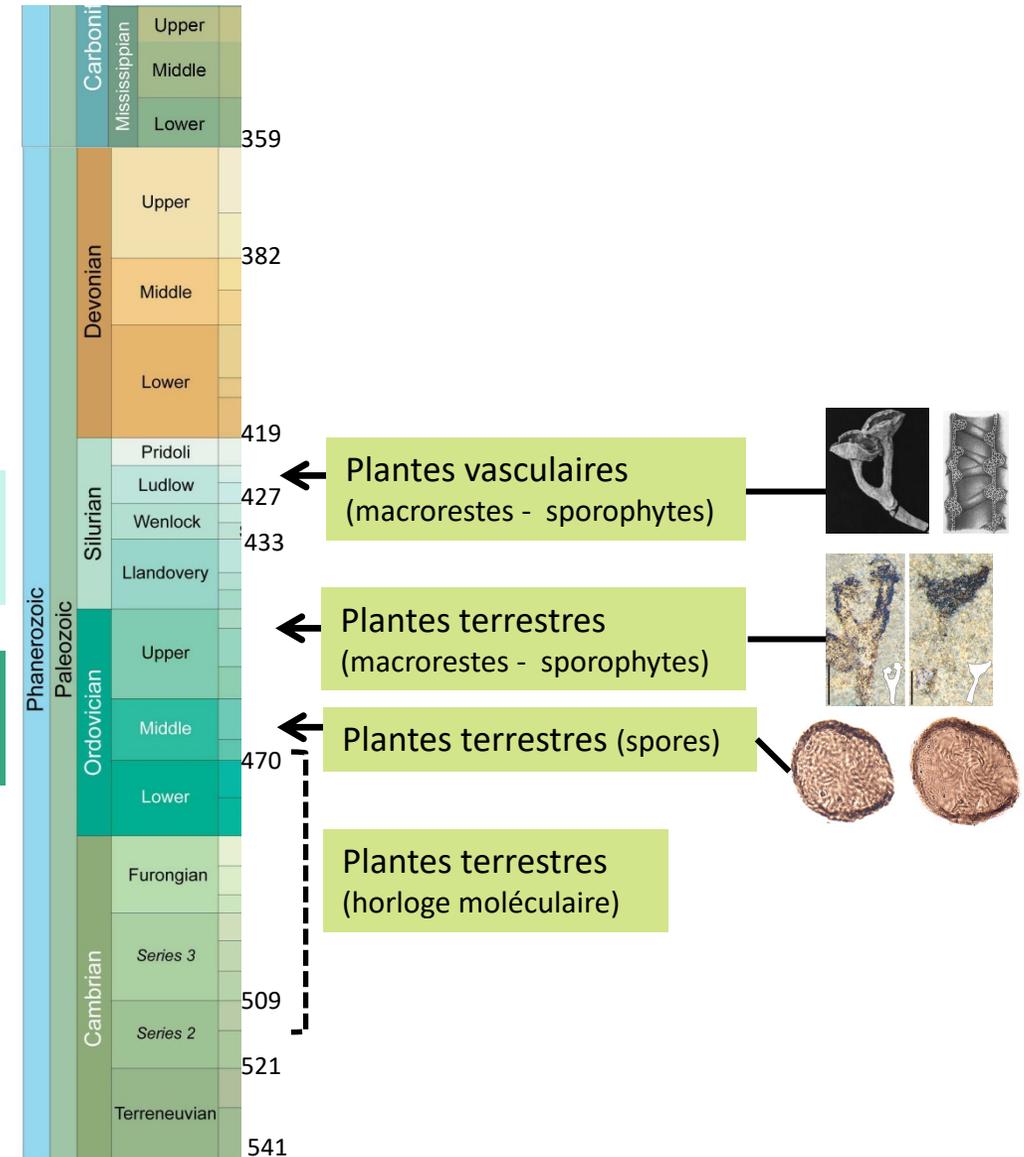
✓ Ordovicien: plantes terrestres type bryophytes (axes uniques ou dichotomes, sporanges terminaux)



# Plantes terrestres & plantes vasculaires: les débuts de l'histoire

✓ Silurien: plantes vasculaires (pas d'évolution morphologique significative mais trachéides à parois épaissies)

✓ Ordovicien: plantes terrestres type bryophytes (axes uniques ou dichotomes, sporanges terminaux)



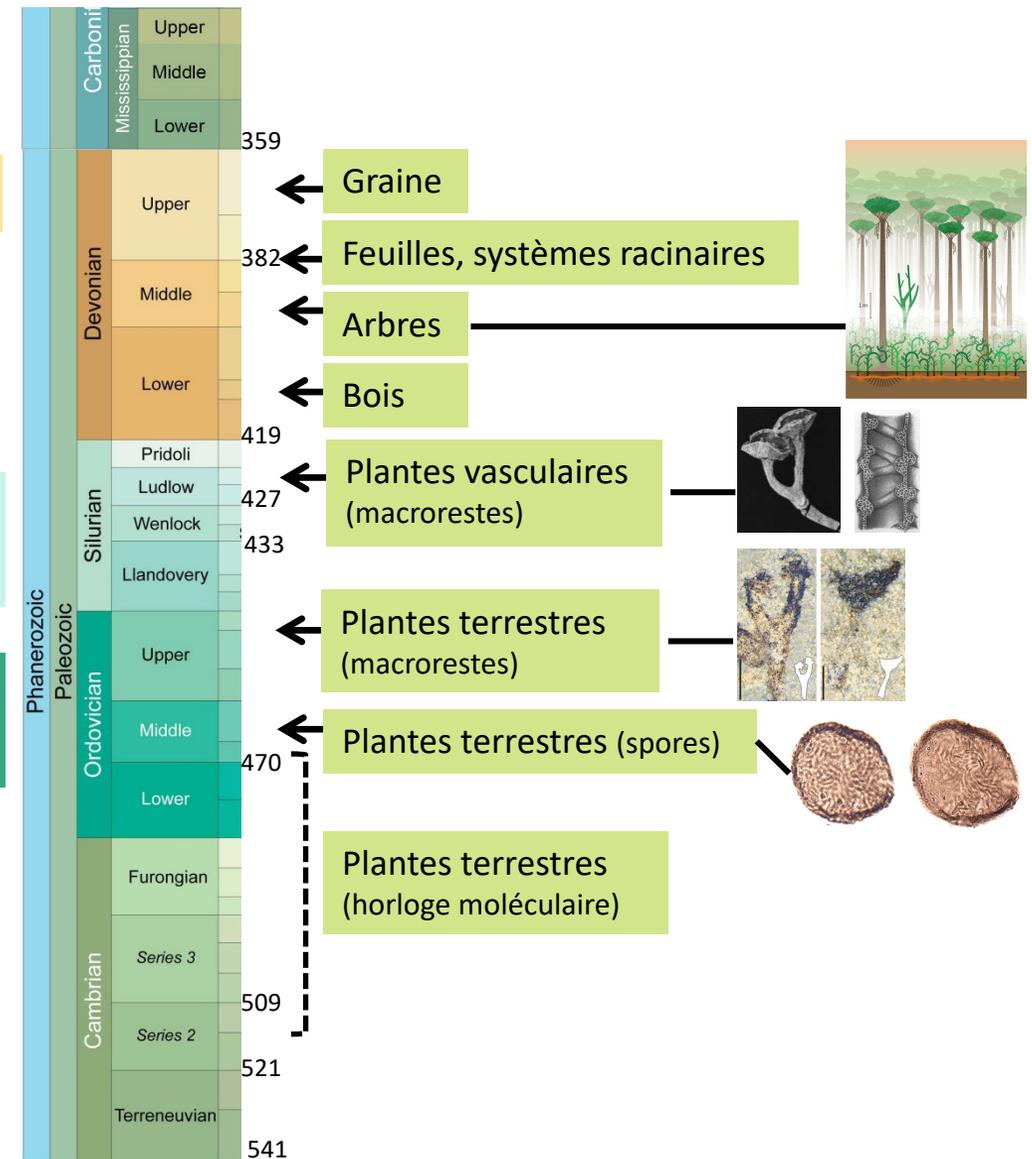
# Plantes terrestres & plantes vasculaires: les débuts de l'histoire

✓ **Dévonien: innovations morphologiques; tissus secondaires**

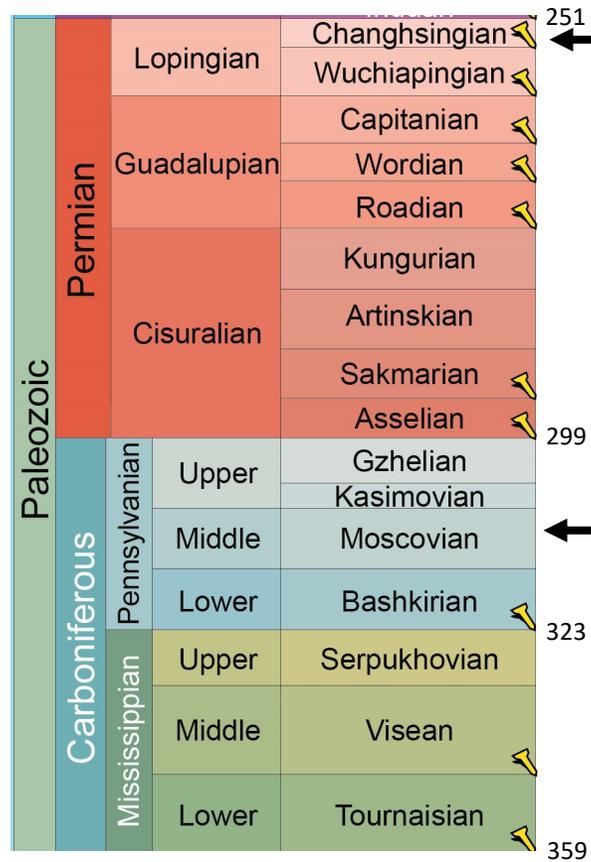
1<sup>ère</sup> évidence de bois: Dévonien Inférieur, ~ 10 ma après premiers macrorestes de plantes vasculaires

✓ **Silurien: plantes vasculaires (pas d'évolution morphologique significative mais trachéides à parois épaissies)**

✓ **Ordovicien: plantes terrestres type bryophytes (axes uniques ou dichotomes, sporanges terminaux)**



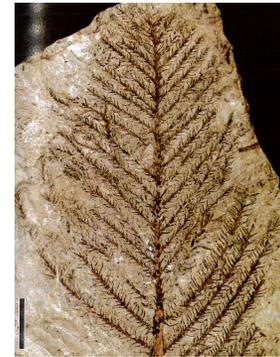
# Plantes vasculaires : les débuts de l'histoire



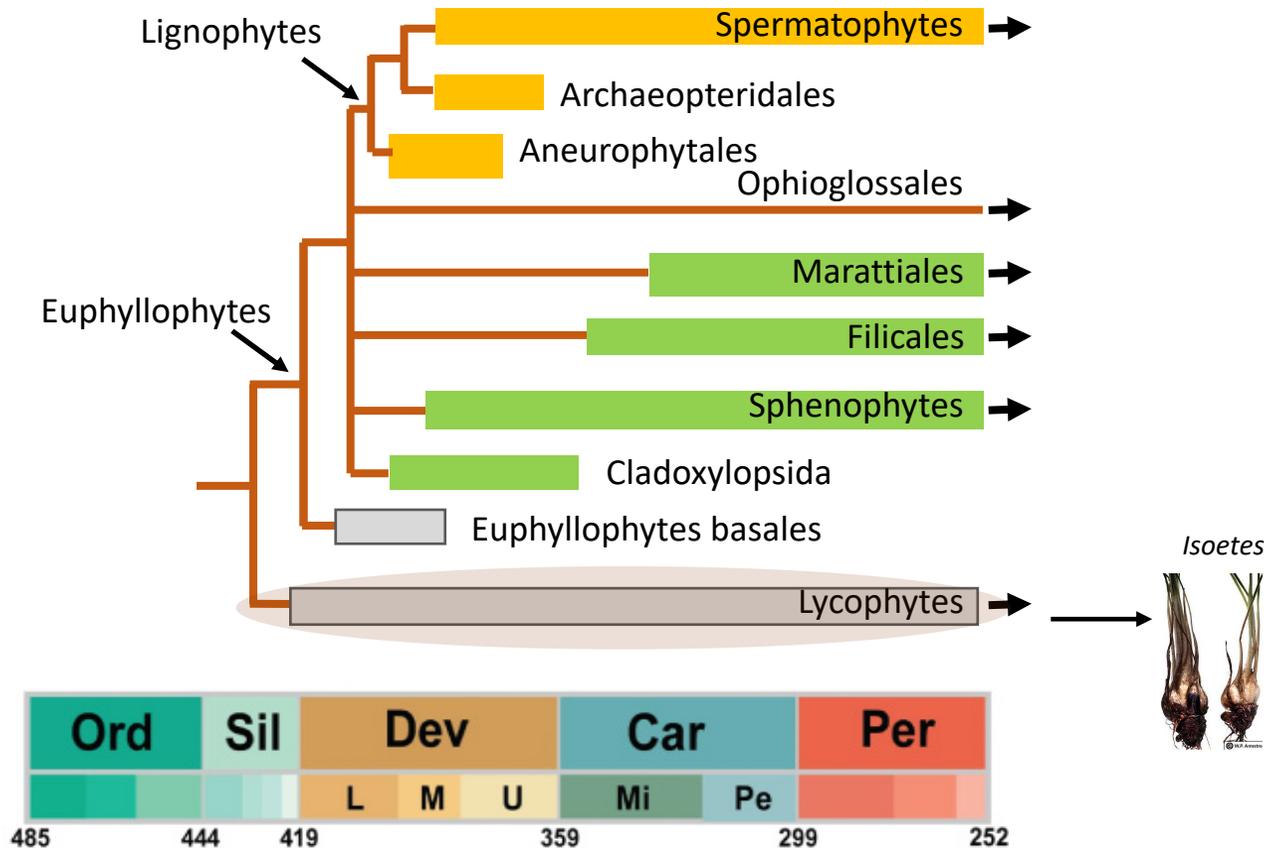
Vaisseaux



Conifères (macrorestes)

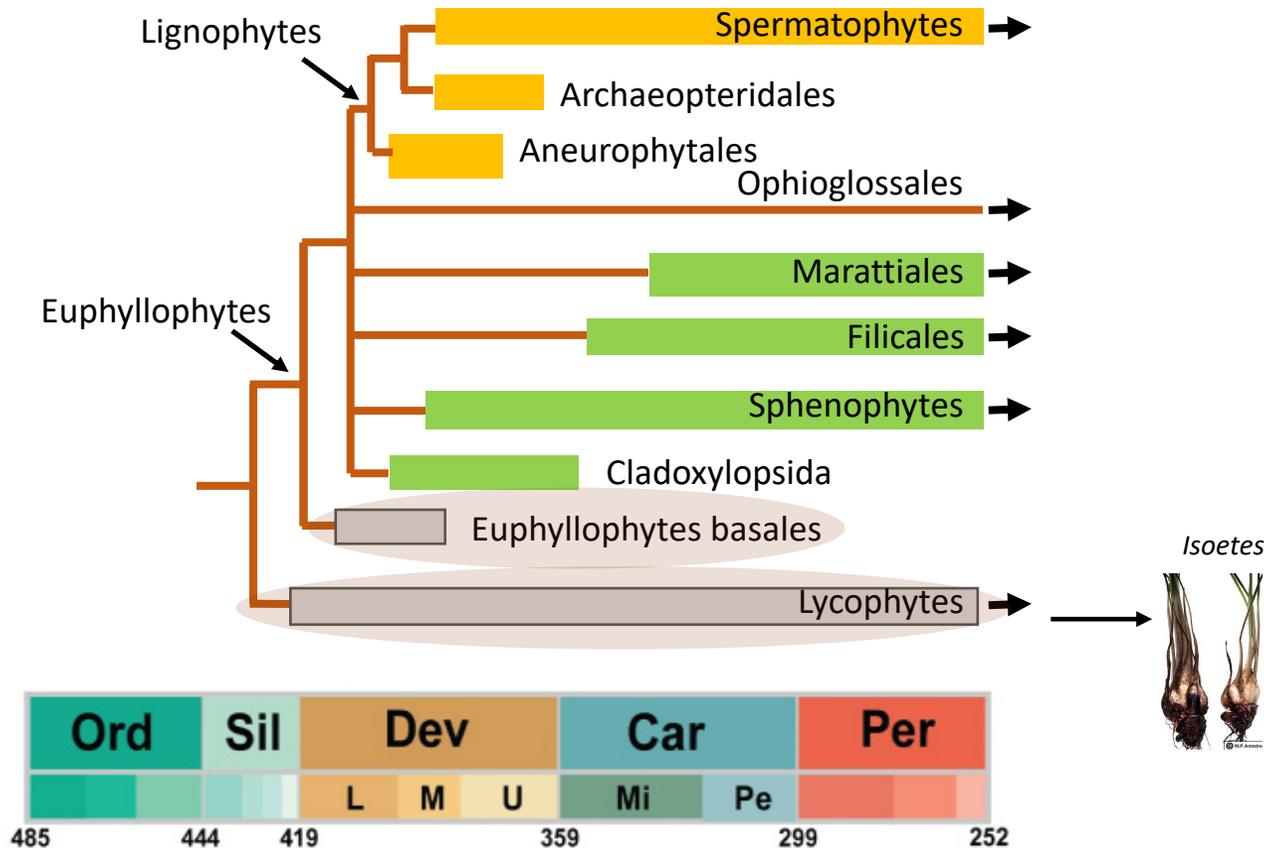


# Le bois chez les plantes vasculaires



Bois acquis en parallèle par :  
✓ Lycophytes (Isoëtales)

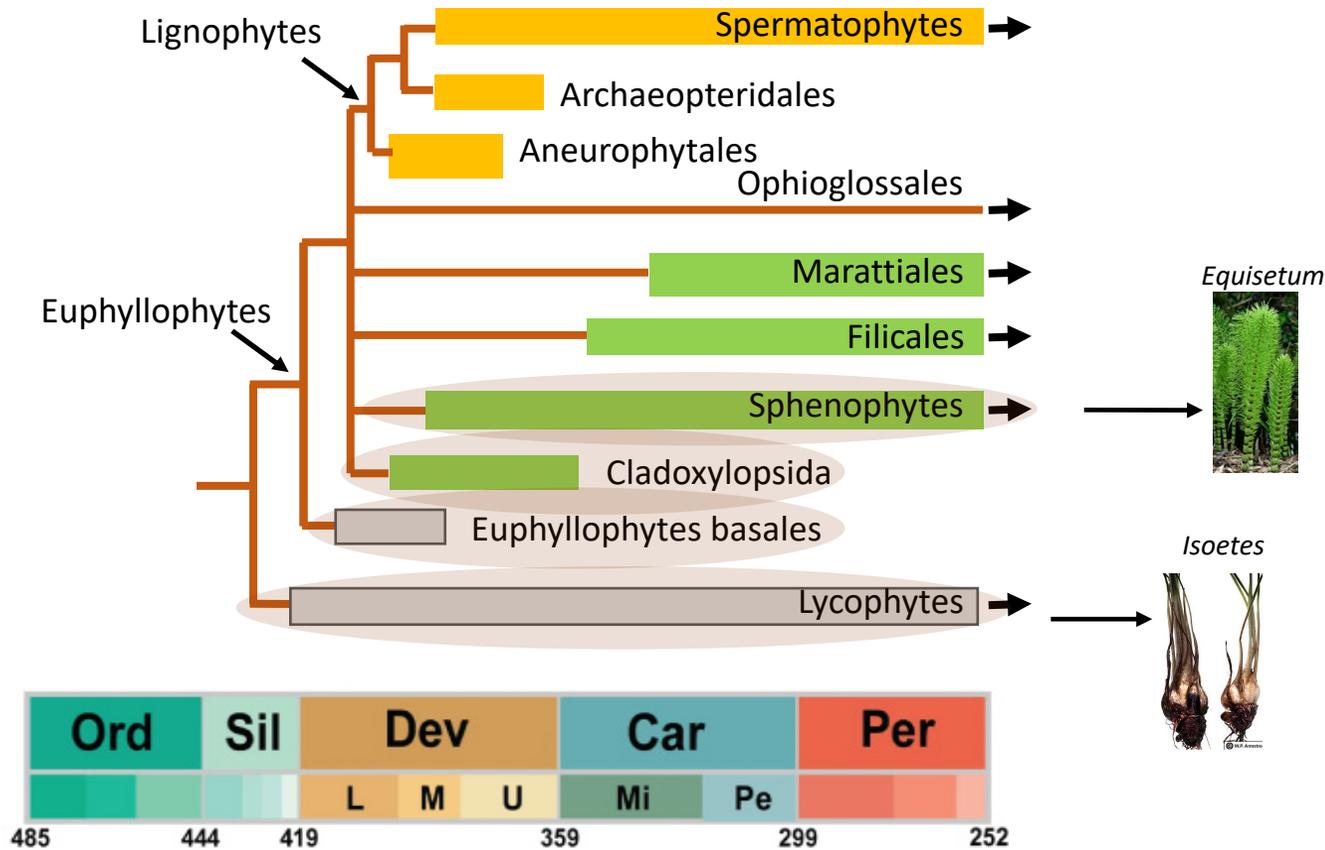
# Le bois chez les plantes vasculaires



Bois acquis en parallèle par :

- ✓ Lycophytes (Isoëtales)
- ✓ Euphyllophytes:
  - basales

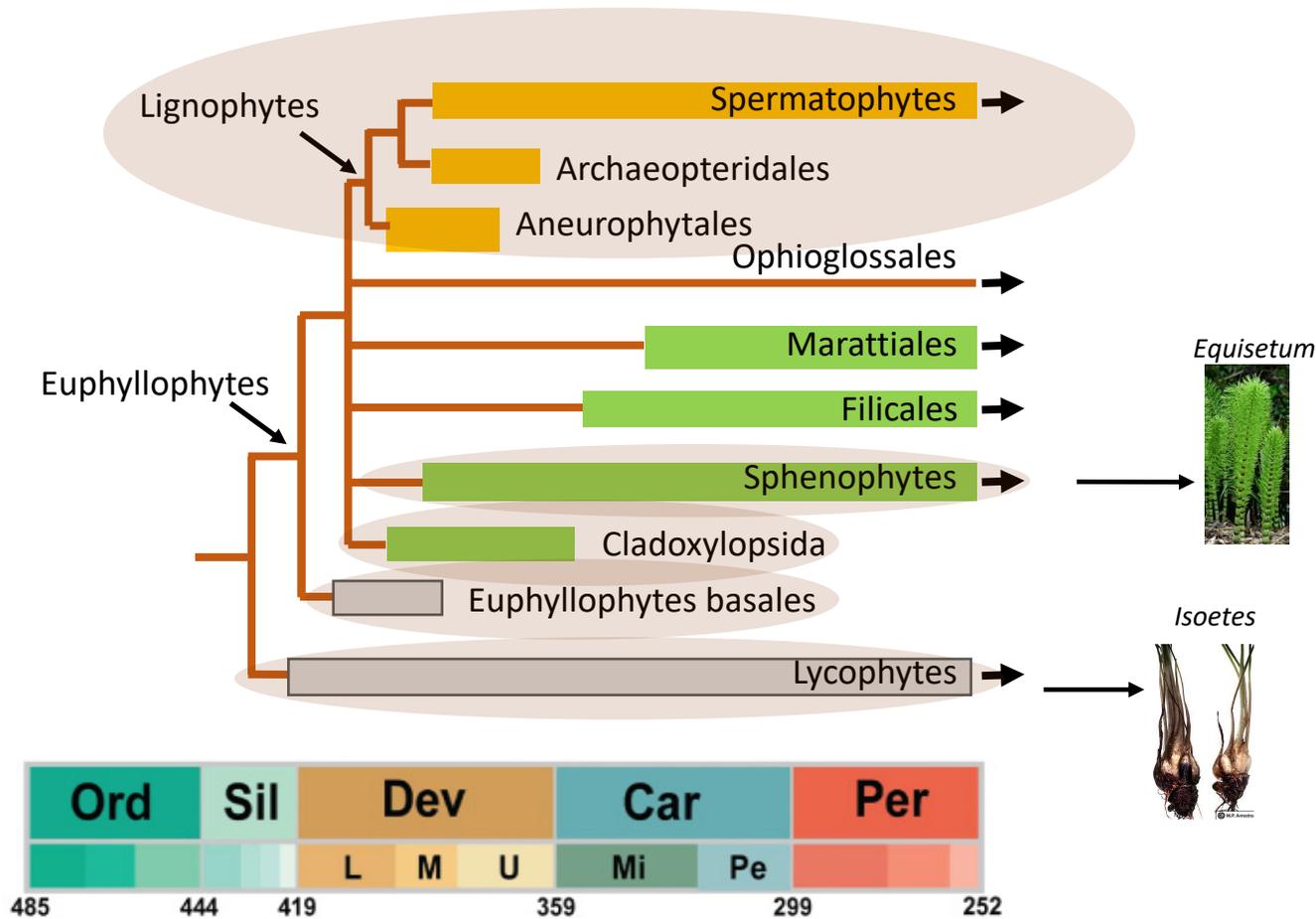
# Le bois chez les plantes vasculaires



Bois acquis en parallèle par :

- ✓ Lycophytes (Isoëtales)
- ✓ Euphyllophytes:
  - basales
  - fougères s.l. (Cladoxylopsida, sphenophytes)

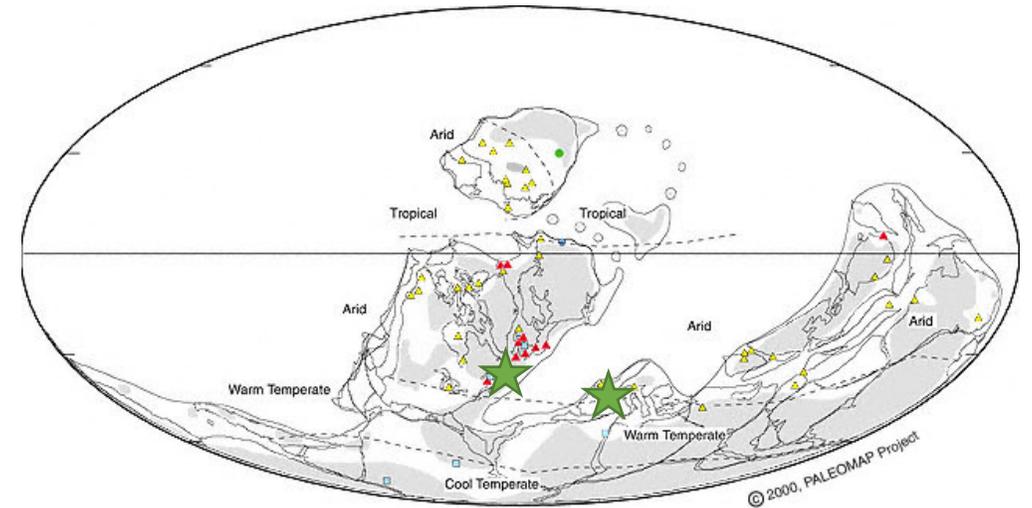
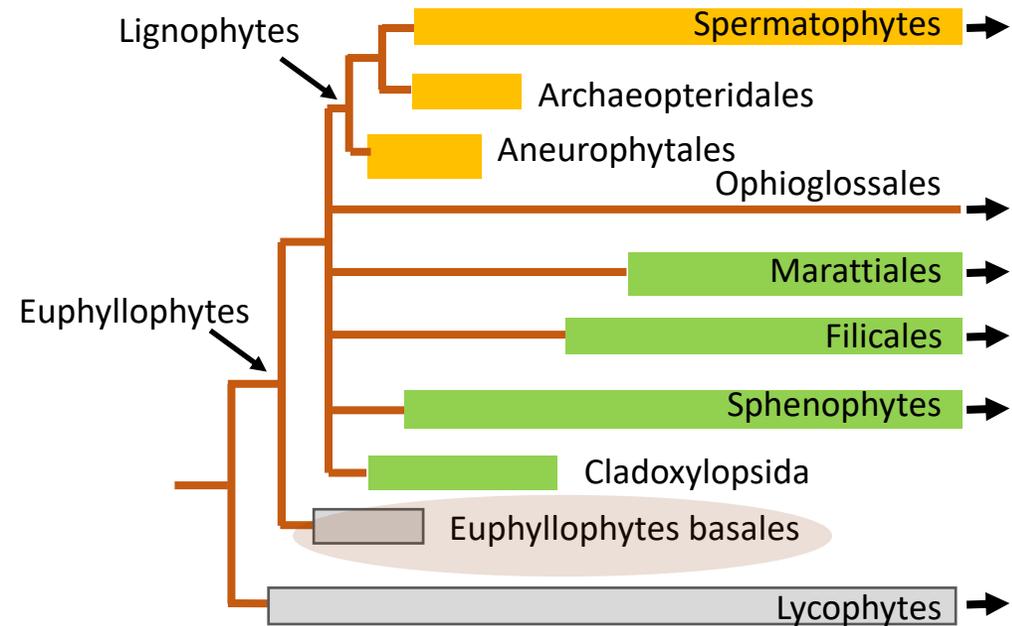
# Le bois chez les plantes vasculaires



Bois acquis en parallèle par :

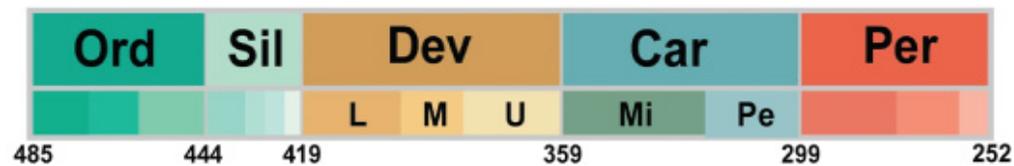
- ✓ Lycophytes (Isoëtales)
- ✓ Euphyllophytes:
  - basales
  - fougères s.l. (Cladoxylopsida, sphenophytes)
  - lignophytes (plantes à graines & plus proches parents fossiles)

# Les premières plantes à bois (euphylllophytes basales)



Lower Devonian

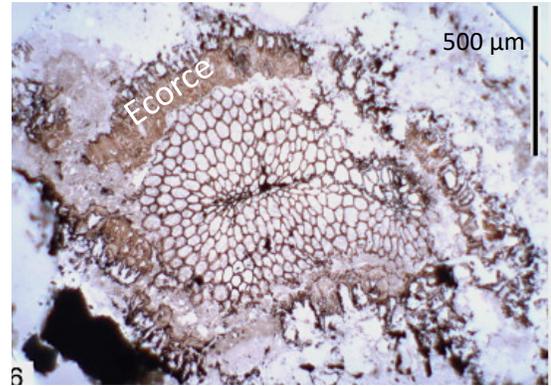
Distribution paléogéographique des premières plantes à bois



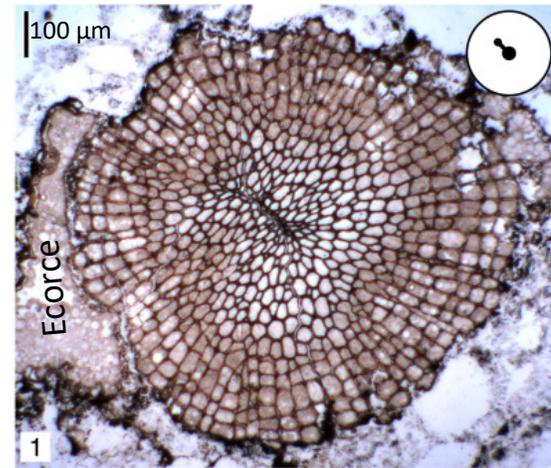
# Les premières plantes à bois : *Armoricaphyton* (euphylliphytes basales)



Morphologie externe



Axe sans bois

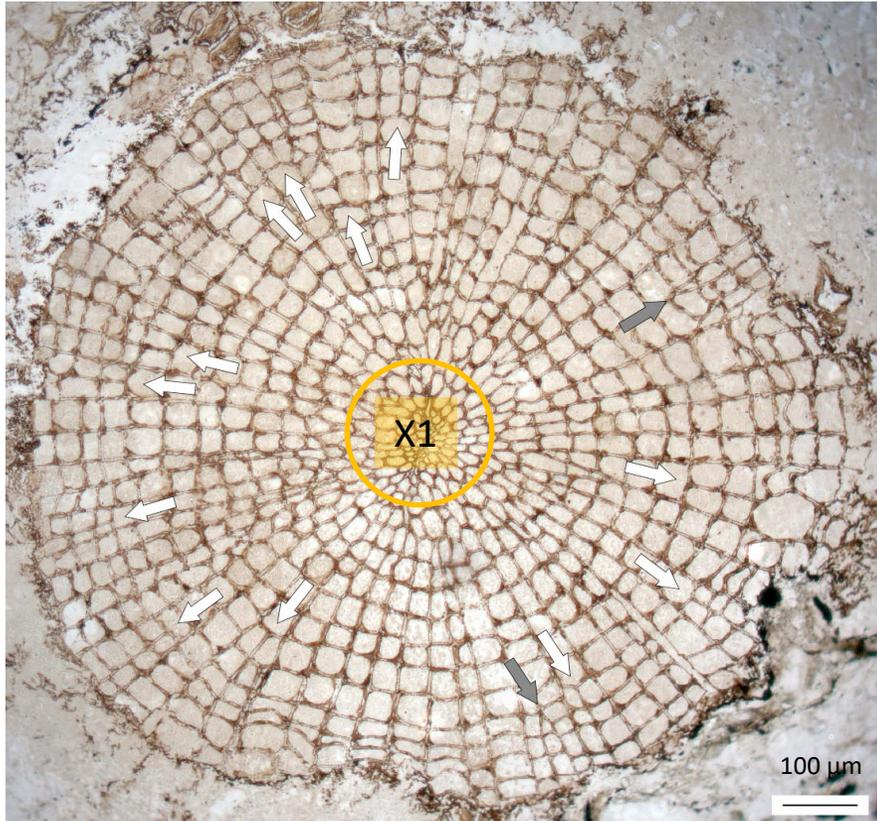


Axe avec bois

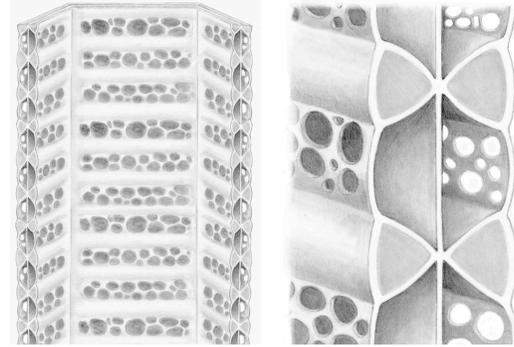
Axes, coupe transversale

- ✓ Dévonien Inférieur, 407 ma
- ✓ Axes < 5 mm de diamètre
- ✓ Pas de feuilles

# Les premières plantes à bois : *Armoricaphyton* (euphylliphytes basales)



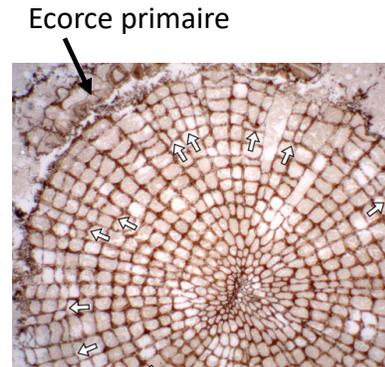
Axe, coupe transversale



Trachéide & détail de paroi

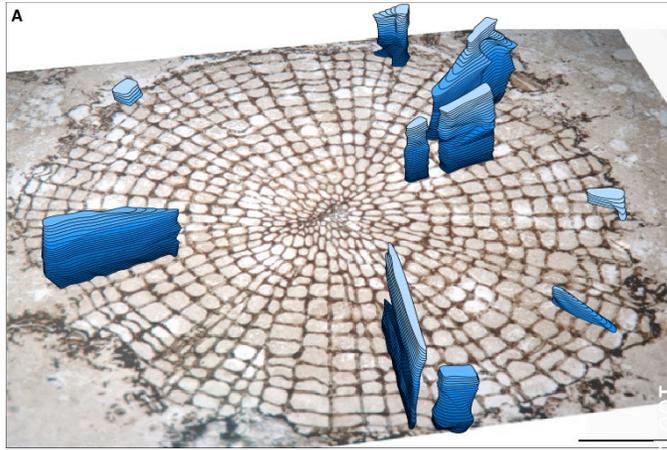


Cambium & trachéide  
coupe longitudinale



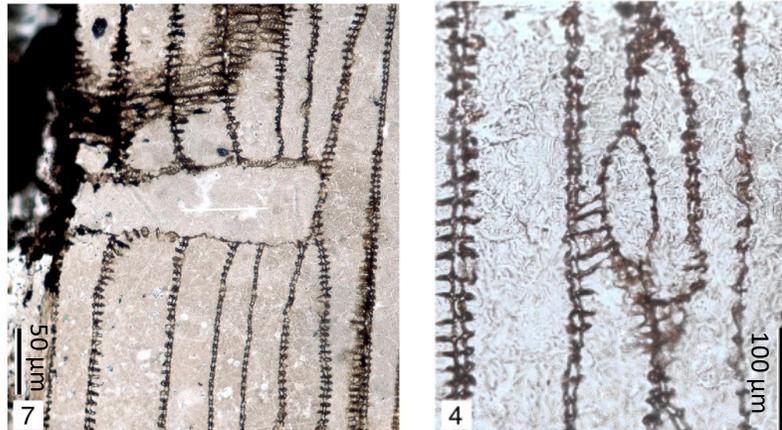
- ✓ Files radiales de trachéides et restes probables de cambium
- ✓ Trachéides à épaissements scalariformes; diam. → 100 μm
- ✓ Divisions radiales multiplicatives
- ✓ Pas de phloème secondaire : cambium unifacial

# Les premières plantes à bois : *Armoricaphyton* (euphylliphytes basales)



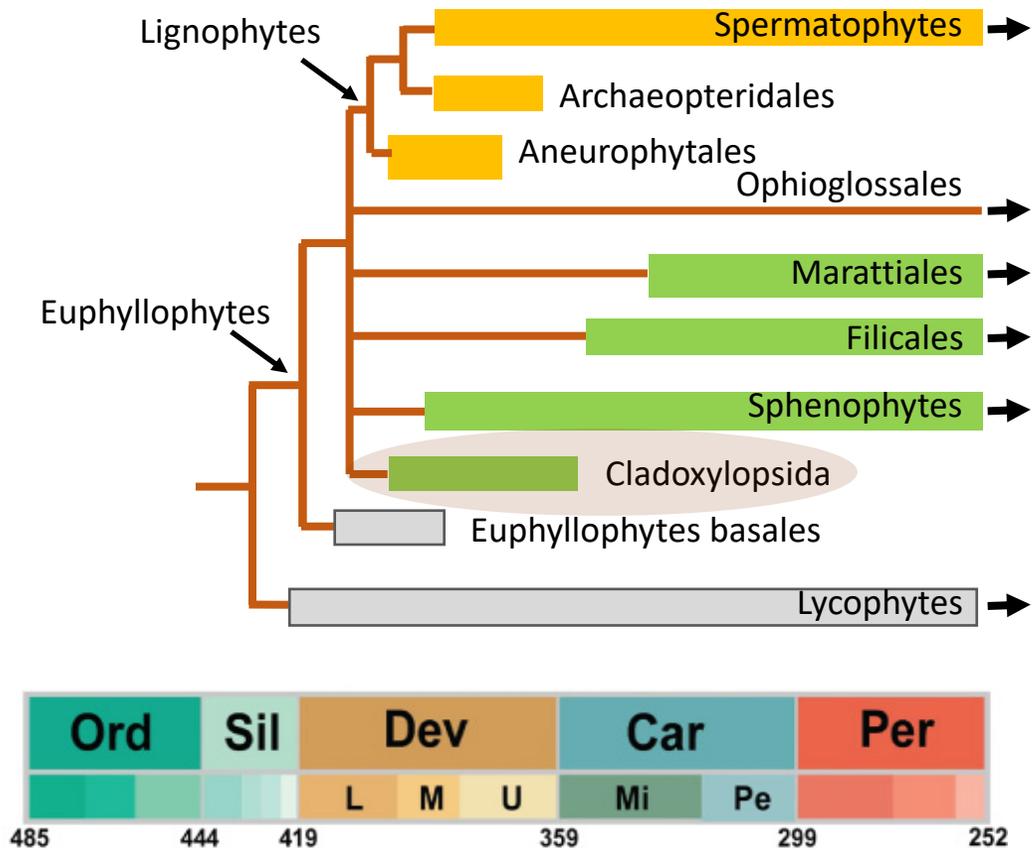
Rayons: dimensions & distribution spatiale

- ✓ Rayons présents (espaces entre files radiales de trachéides)
- ✓ Cellules des rayons non conservées : parenchymateux
- ✓ Rayons étroits, peu nombreux, irrégulièrement disposés



Rayons, coupes longitudinales

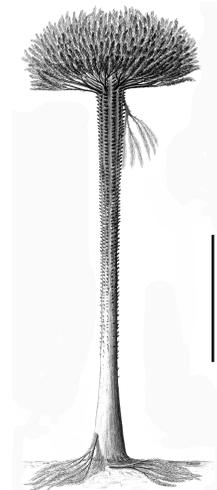
# Le bois chez les Cladoxylopsida (fougères sensu lato)



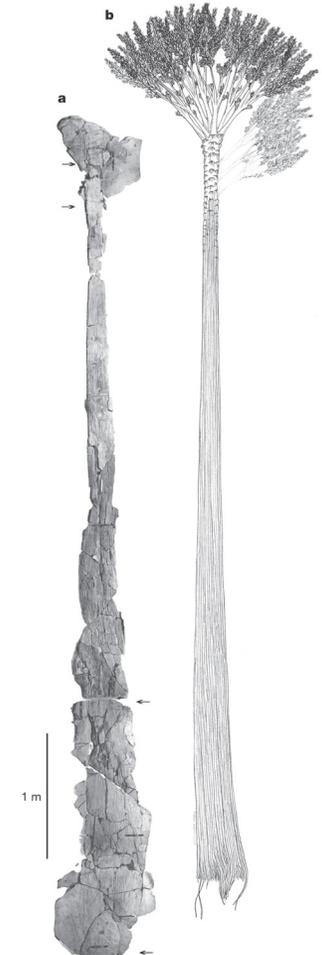
- ✓ Pas de feuilles
- ✓ Racines adventives



*Lorophyton*

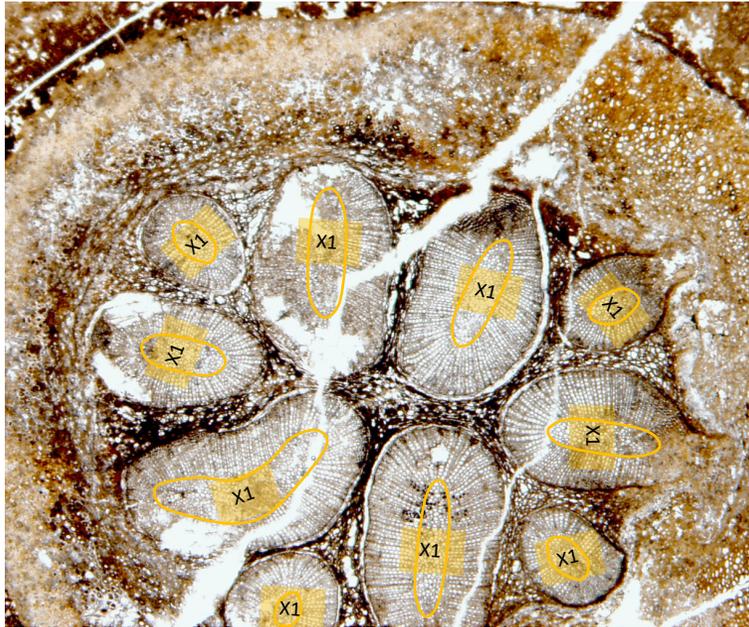


*Calamophyton*



*Eospermatopteris/Wattieza*

# Le bois chez les Cladoxylopsida (fougères sensu lato)



Axe, Coupe Transversale



Segment vasculaire, CT

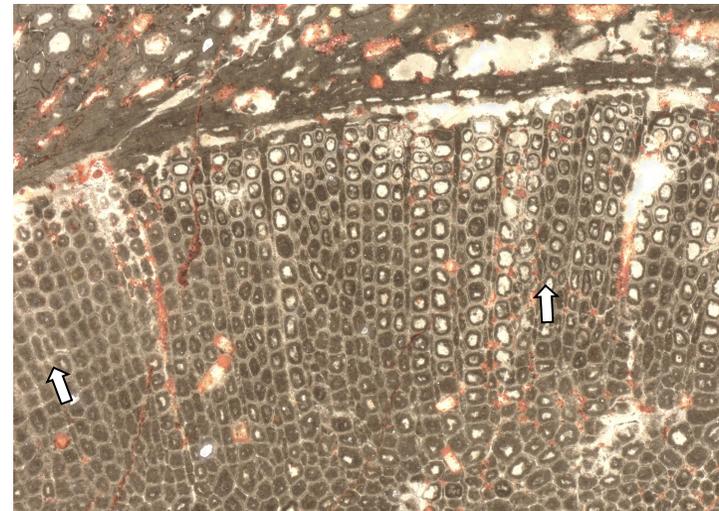
- ✓ Bois autour de chaque segment de xylème primaire : assise cambiale **discontinue**
- ✓ Divisions radiales multiplicatives
- ✓ Trachéides à **ponctuations circulaires aréolées** sur toutes les parois
- ✓ Rayons étroits, courts, nombreux, longs radialement, régulièrement disposés
- ✓ Pas de phloème secondaire : cambium unifacial



Trachéides, CL

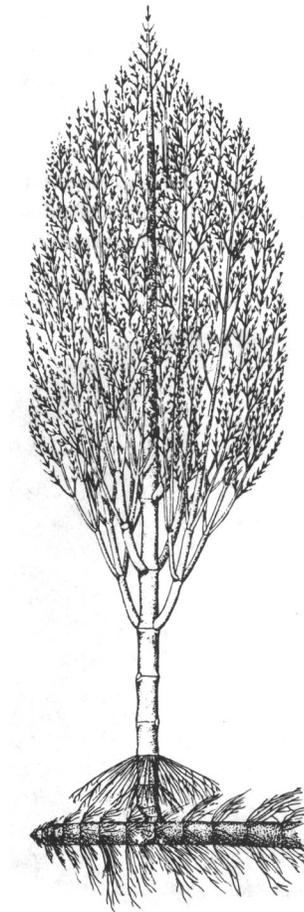
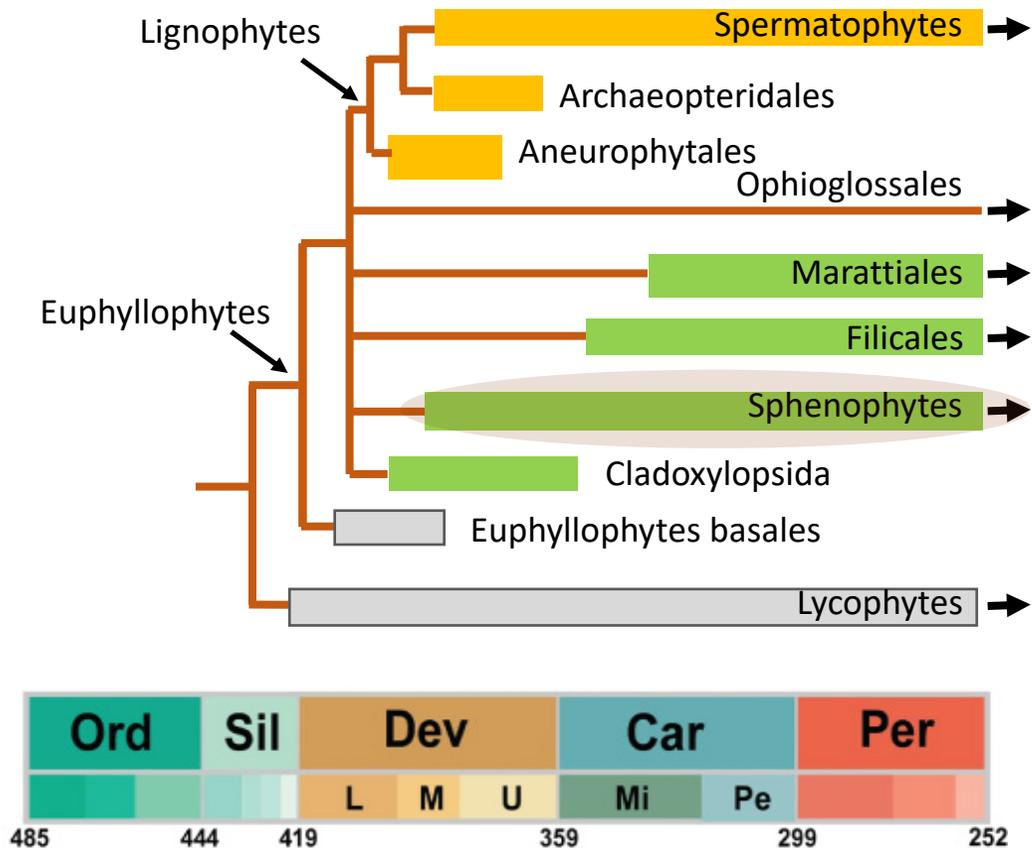


Trachéides & rayons, CL



Bois & tissus extra-xylémiens, CT

# Le bois chez les Sphenophytes (fougères sensu lato)



Equisetales

- ✓ Feuilles
- ✓ Racines adventives ou systèmes racinaires

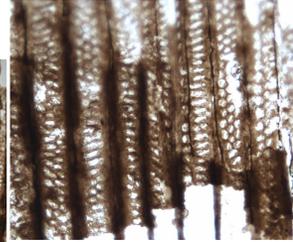
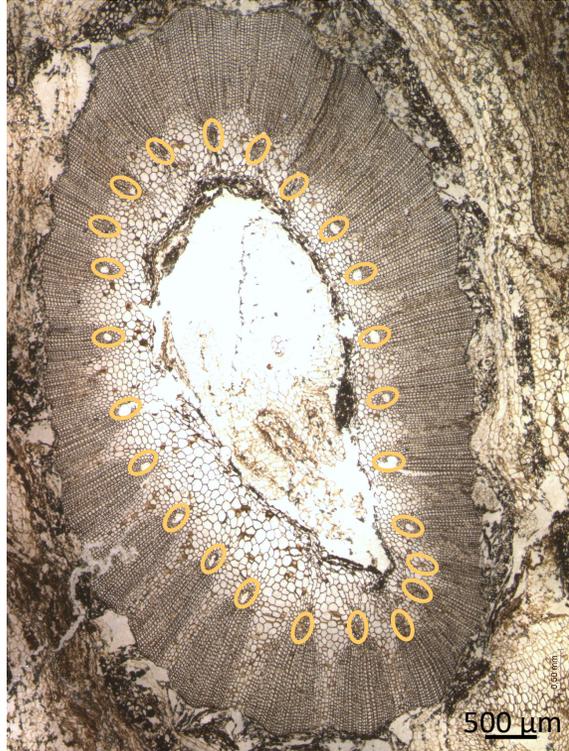


Sphenophyllales

# Le bois chez les Sphenophytes (fougères sensu lato)

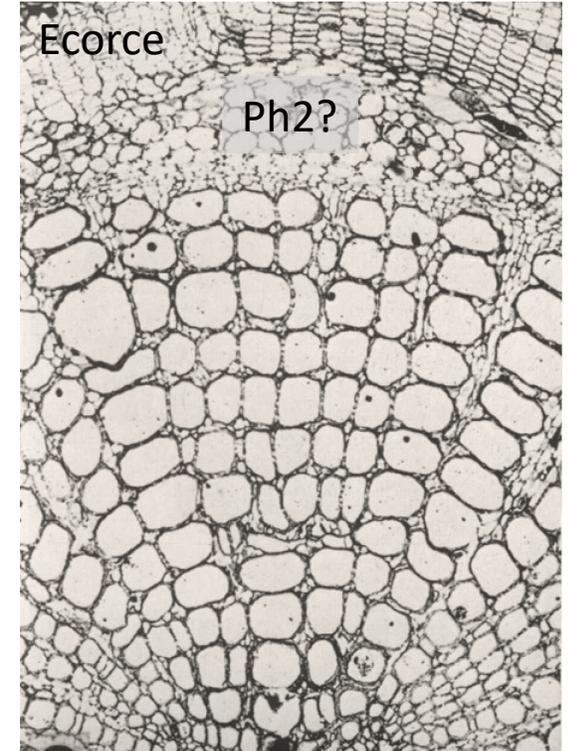
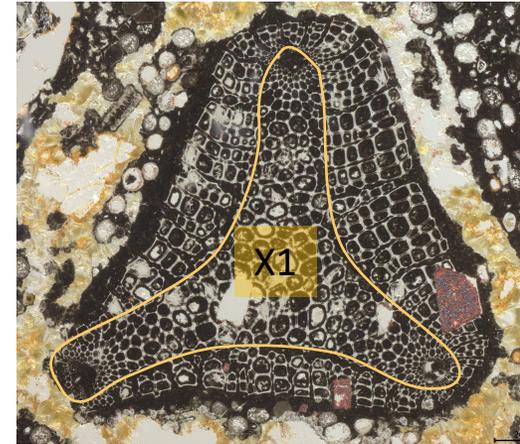
- ✓ 1 anneau de bois: assise cambiale continue
- ✓ Trachéides à ponctuations circulaires aréolées sur toutes les parois

- ✓ Divisions multiplicatives
- ✓ **Cellules de rayons hautes**
- ✓ Cambium unifacial



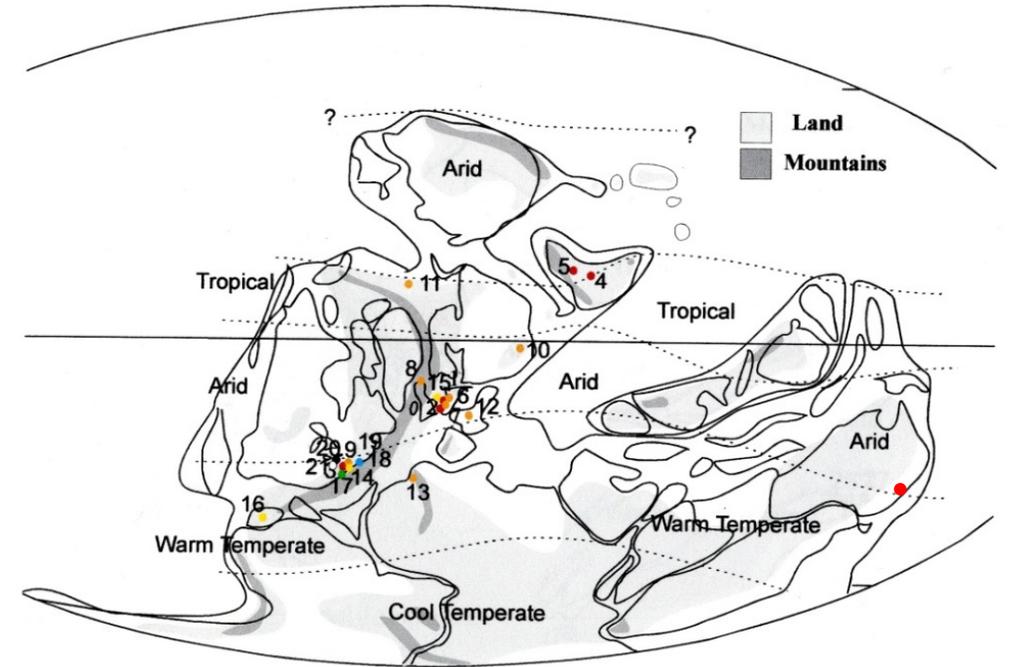
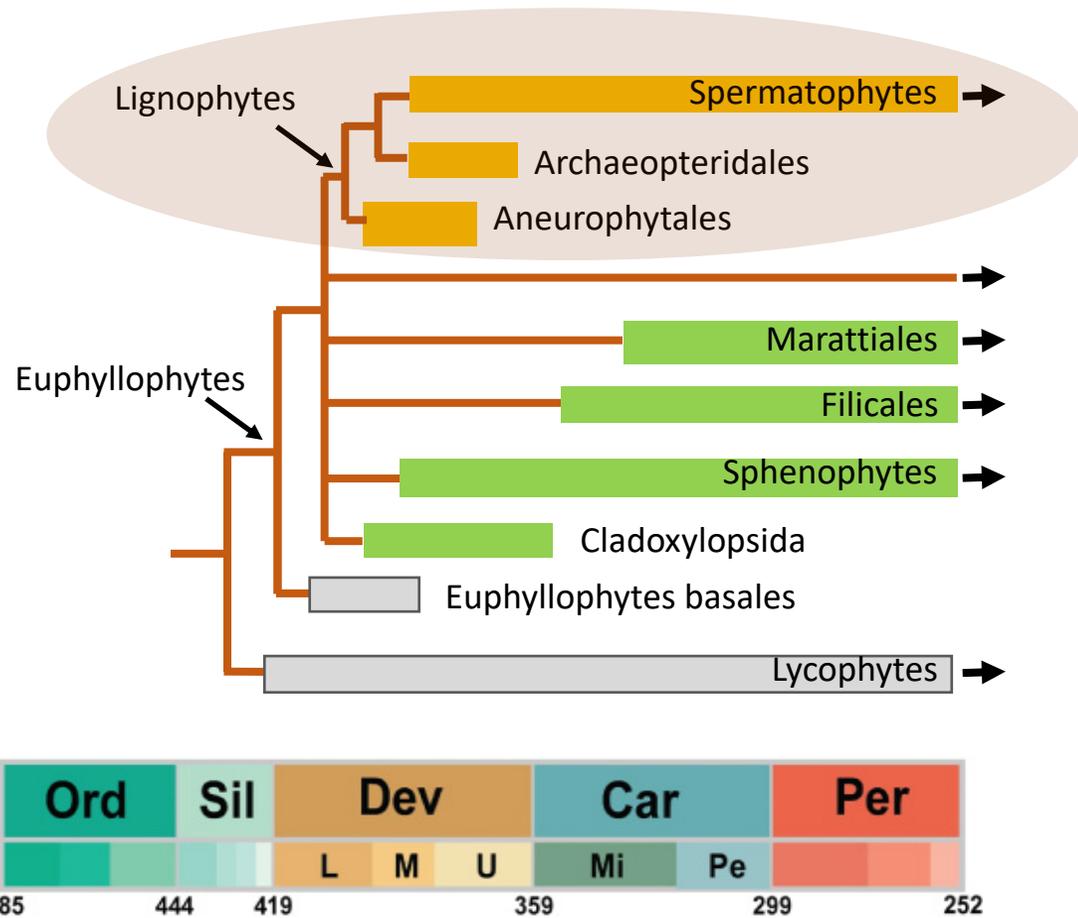
Equisetales

- ✓ **Pas de divisions multiplicatives**
- ✓ **Phloème secondaire : cambium bifacial?**



Sphenophyllales

# Les plantes à cambium bifacial



Distribution paléogéographique des Aneurophytales

# Premières plantes à cambium bifacial : les "petites" Aneurophytales



*Tetraxylopteris*, coll. Univ. Liège



Les premières forêts à sous-bois de *Tetraxylopteris*

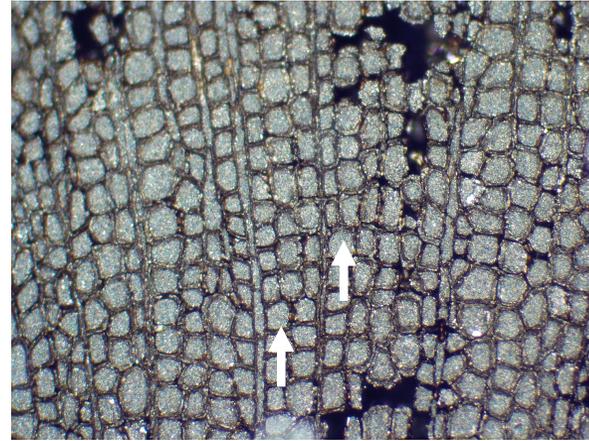


- ✓ Dévonien Moyen à Supérieur
- ✓ Axes aériens portés sur des rhizomes; racines adventives
- ✓ Pas de feuilles
- ✓ Tiges aériennes non-autoportantes, lianescentes?
- ✓ Sous-bois des premières forêts

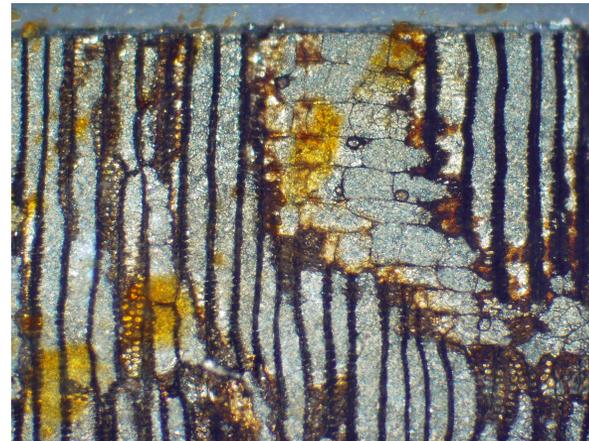
# Premières plantes à cambium bifacial : les "petites" Aneurophytales



*Triloboxylon arnoldii*, C. transversale



Bois, C. transversale

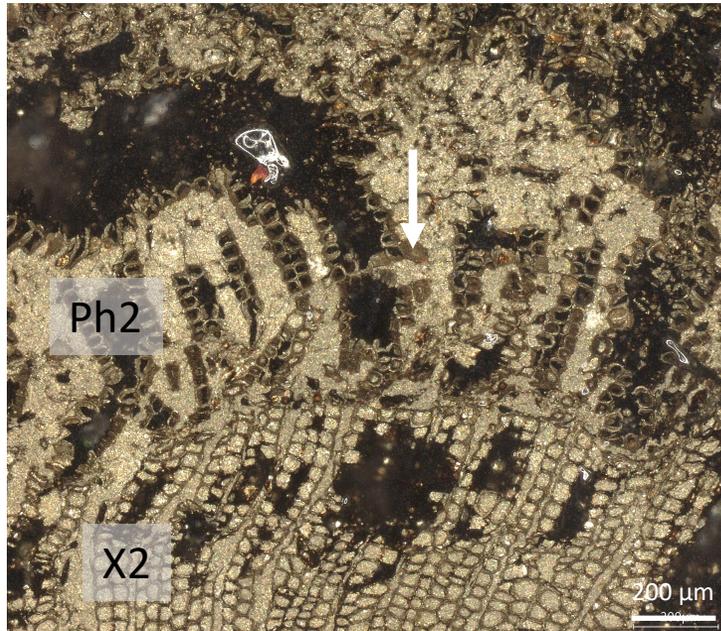


Bois, C. radiale

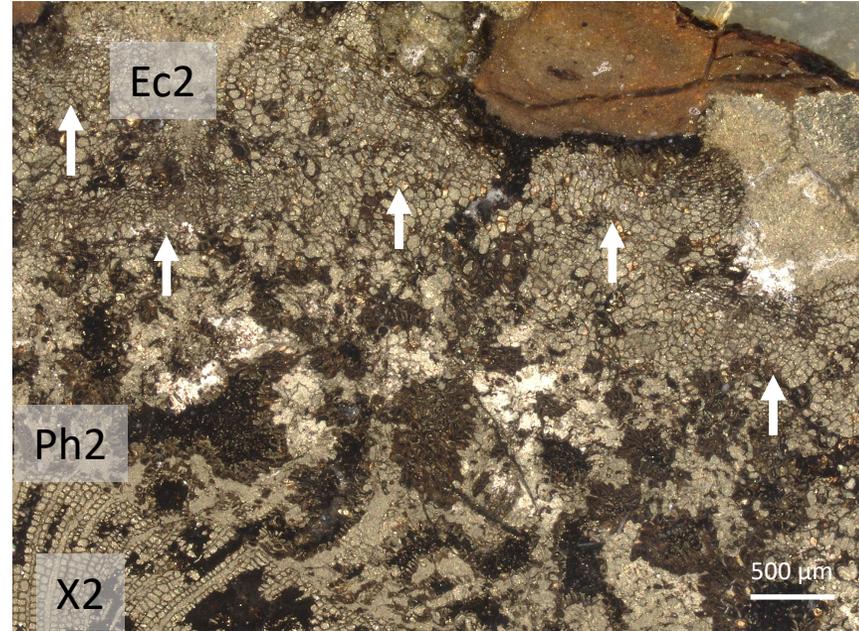
- ✓ Trachéides diam. → 70  $\mu$ m
- ✓ Trachéides à ponctuations aréolées multisériées
- ✓ Divisions radiales multiplicatives
- ✓ Rayons nombreux, étroits, homocellulaires, régulièrement distribués
- ✓ Cellules de rayons parenchymateuses

# Premières plantes à cambium bifacial : les "petites" Aneurophytales

Phloème secondaire



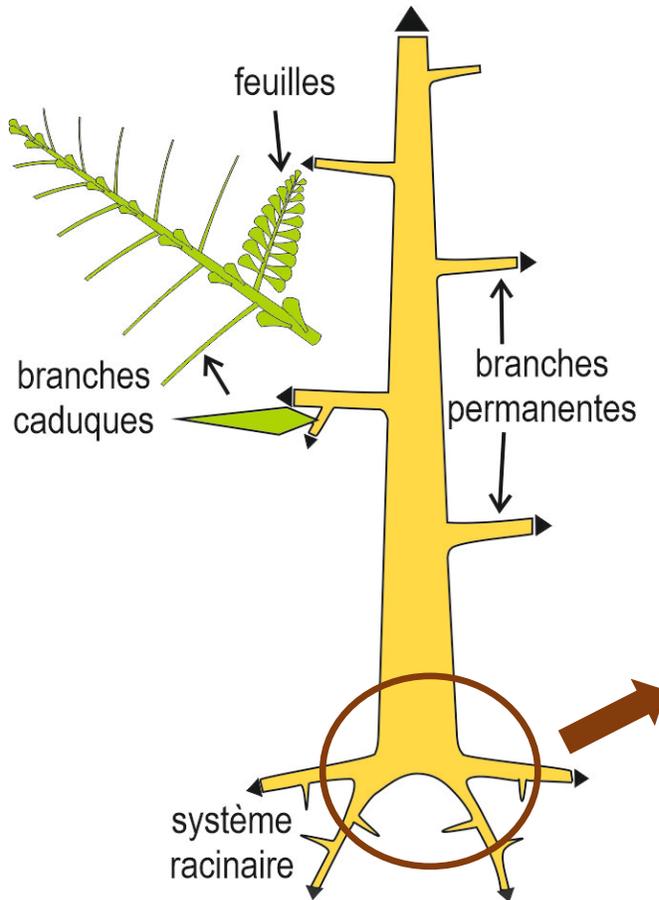
Ecorce secondaire?



- ✓ **Cambium bifacial: phloème secondaire** mal conservé avec cellules en files radiales
- ✓ Composition : **présence de fibres sclérenchymateuses**
- ✓ Ecorce secondaire probable: files radiales de cellules à parois minces

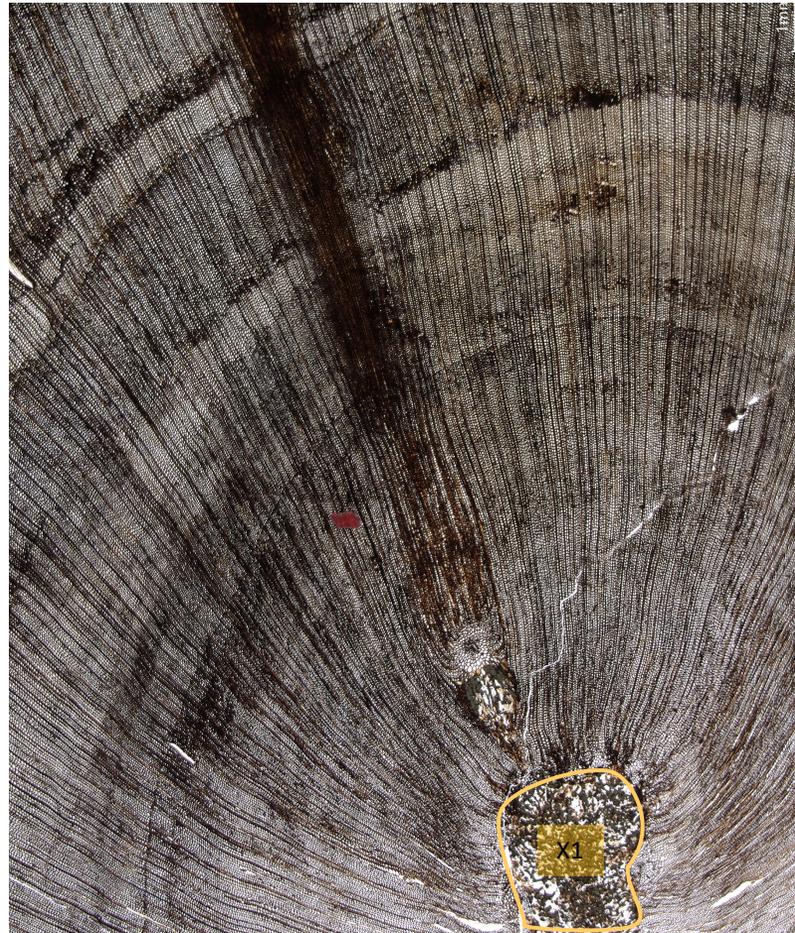
*Triloboxylon arnoldii*, coupes transversales

# Premières arbres à cambium bifacial : les Archaeopteridales arborescentes



- ✓ Dévonien Moyen à **Supérieur** (-**385 à -365 ma**)
- ✓ Arbres à **feuilles et système racinaire**

# Premières arbres à cambium bifacial : les Archaeopteridales arborescentes

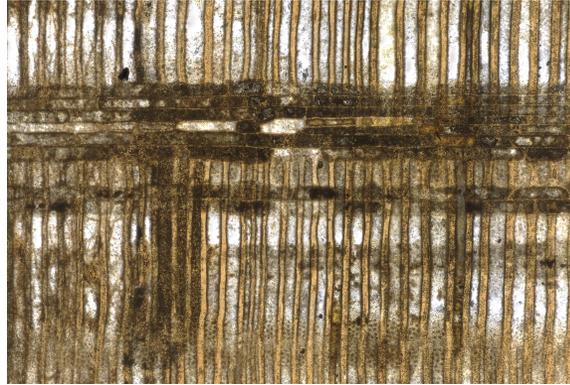
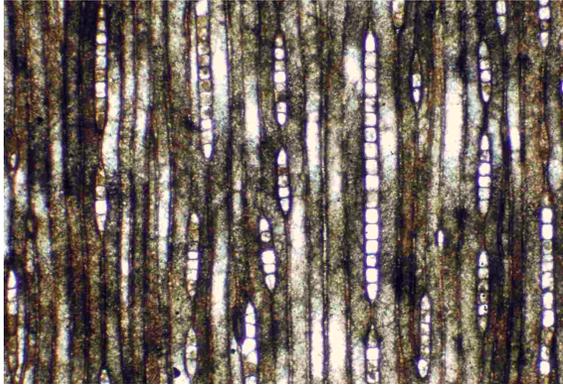


- ✓ Fonctionnement rythmique : cernes
- ✓ **Parois radiales** des trachéides à ponctuations aréolées, **groupées, alternant avec zones non ponctuées**
- ✓ Trachéides diam. → 70  $\mu\text{m}$

*Callixylon erianum*

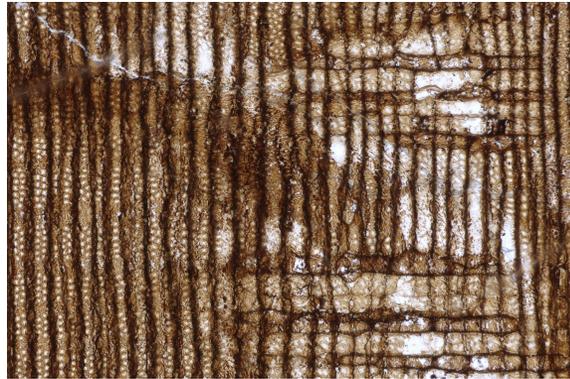
# Premières arbres à cambium bifacial : les Archaeopteridales arborescentes

## Rayons



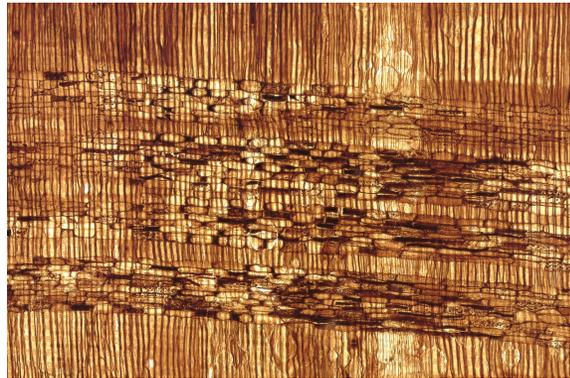
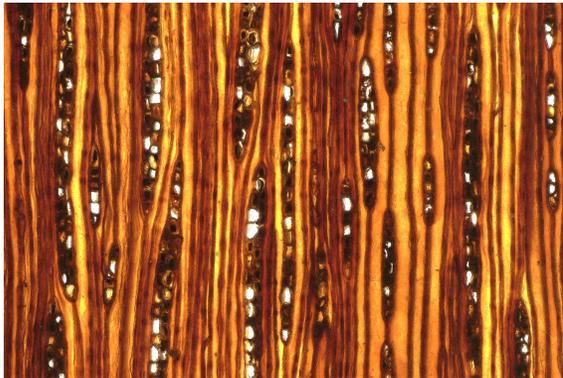
### *Callixylon brownii*

- unisériés prédominants
- → 25 cellules haut



### *Callixylon erianum*

- unisériés prédominants
- → 97 cellules haut,
- trachéides

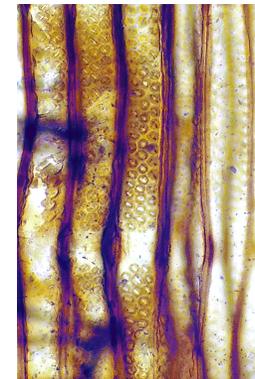


### *Callixylon newberryi*

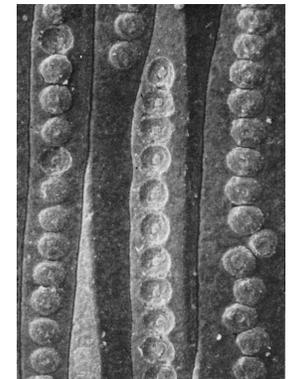
- multisériés prédominants
- → 73 cellules haut

- ✓ **Diversité de rayons (taille & structure):** trachéides de rayons chez certaines espèces
- ✓ Ponctuations radiales multisériées; unisériées chez *C. arnoldii*

## Ponctuations radiales

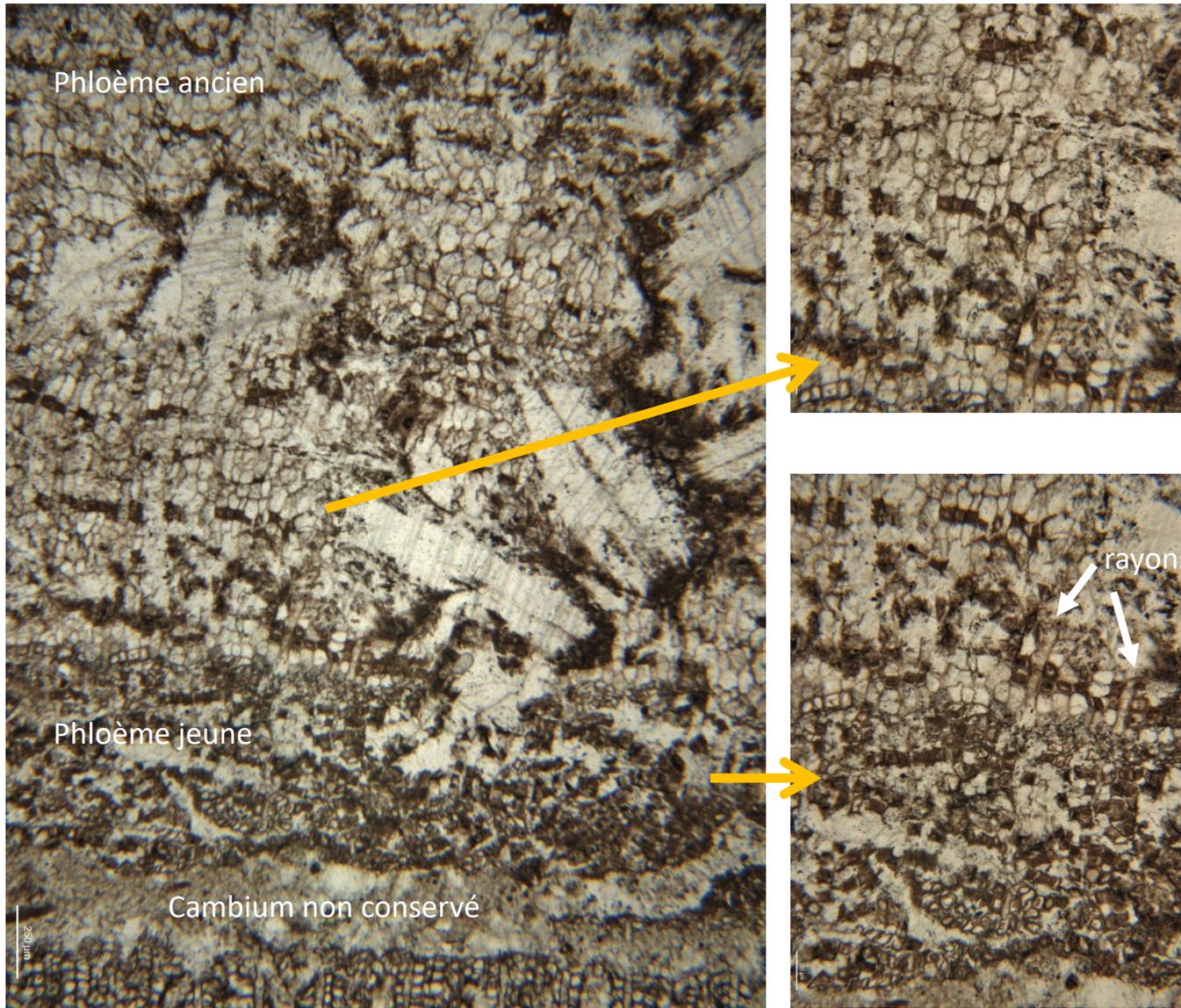


*C. newberryi*



*C. arnoldii*

# Premières arbres à cambium bifacial : les Archaeopteridales arborescentes

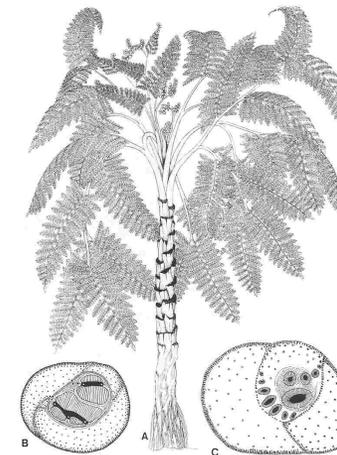


Composition du phloème secondaire

- ✓ Cellules de rayons
- ✓ Cellules à parois minces (parenchyme axial, cellules criblées)
- ✓ Fibres à parois épaisses **en rangées tangentiels**

*Callixylon zalesskyi*  
Axe 10 cm diamètre  
Epaisseur phloème: 7 mm

# Diversification des bois de lignophytes au Carbonifère



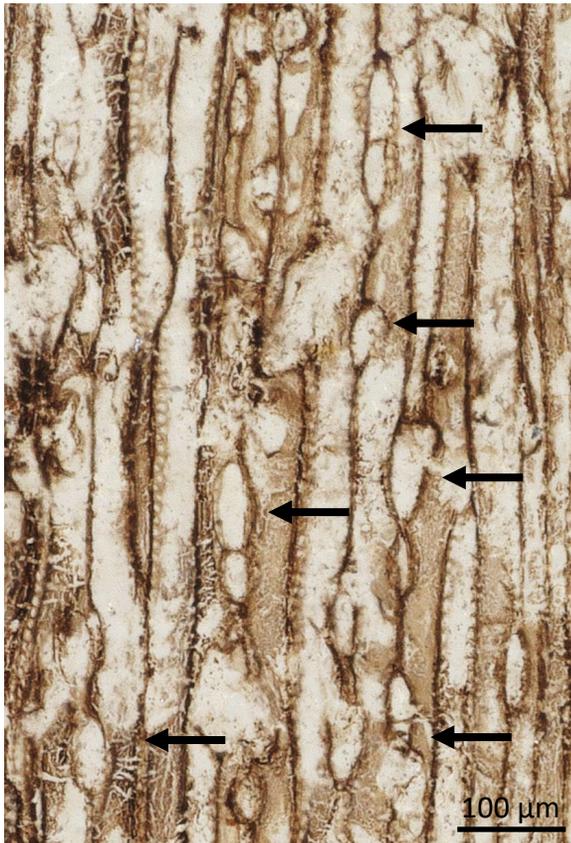
# Diversification des bois de lignophytes au Carbonifère

Rayons: dimensions

- ✓ unisériés, bisériés, multisériés
- ✓ courts, moyens, hauts à très hauts

Rayons: structure

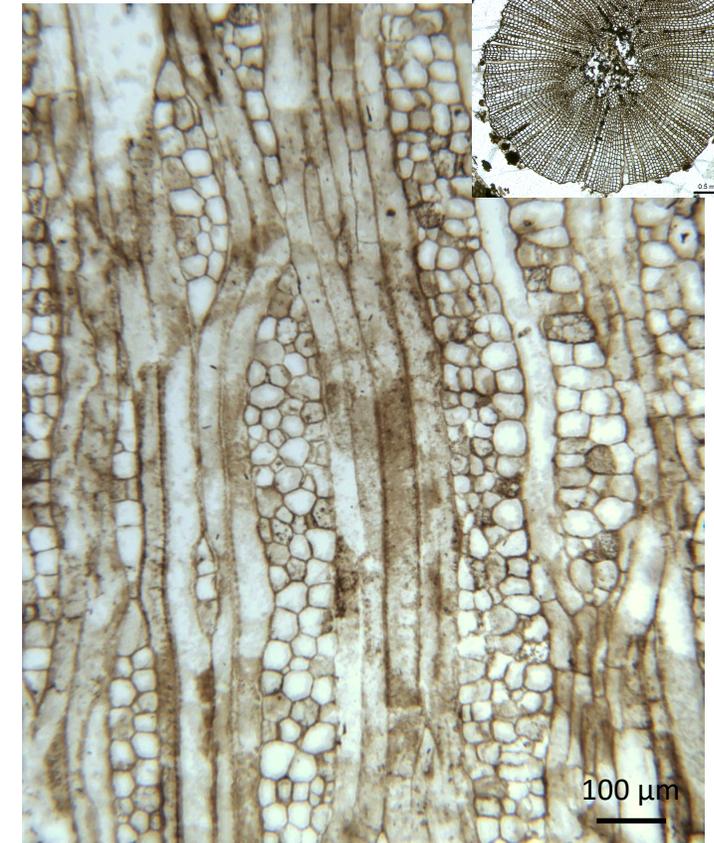
- ✓ cellules parenchymateuses
- ✓ ~~trachéides~~



*Protopitys scotica*



*Eristophyton beinertianum*



*Calamopitys* sp.

# Diversification des bois de lignophytes au Carbonifère

Ponctuations sur les parois radiales: forme, arrangement

✓ hexagonales, circulaires ou **scalariformes**

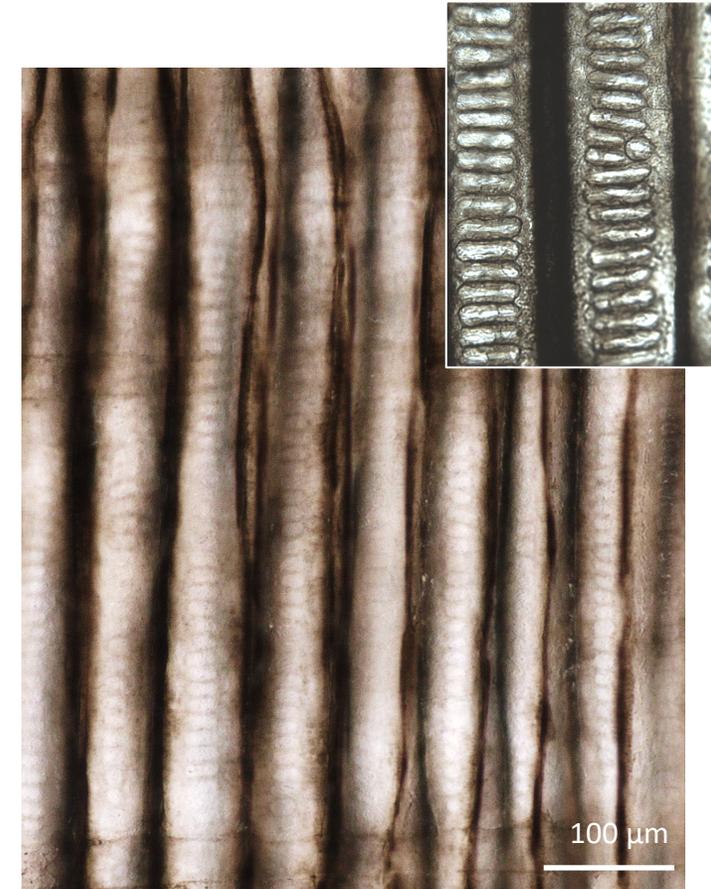
✓ multisériées ou unisériées



*Eristophyton beinertianum*

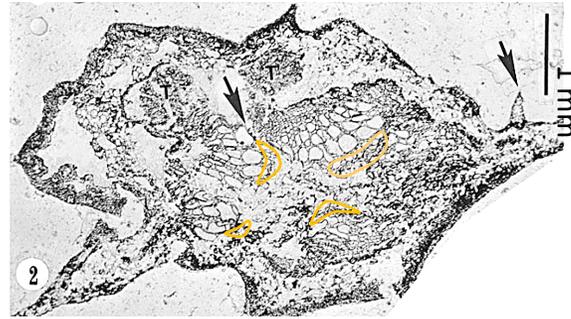
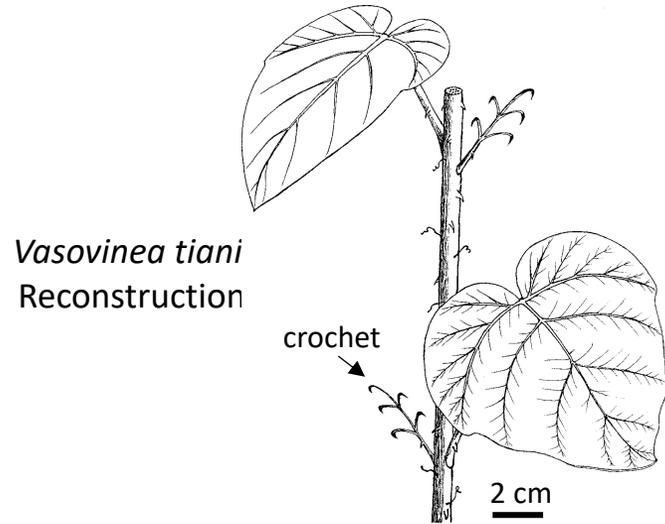


*Dameria hueberi*



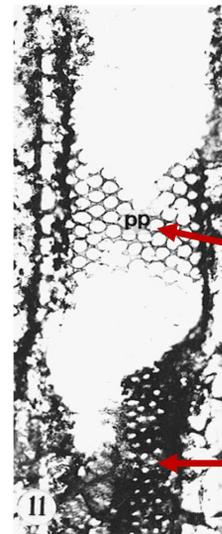
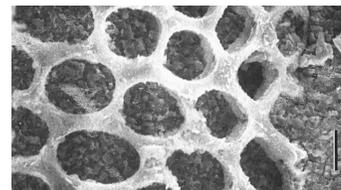
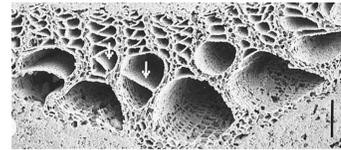
*Protopitys buchiana*

# Vaisseaux chez les Gigantopteridales du Permien supérieur, -250 ma



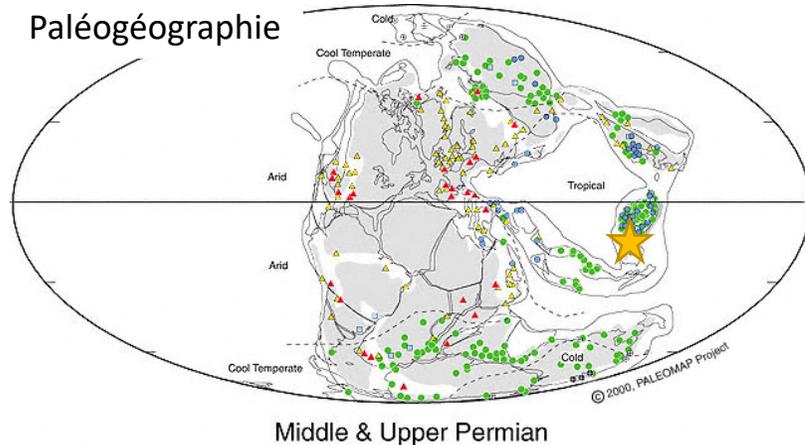
Axe, coupe transversale

- ✓ Plante à graines gymnospermienne, lianescente, milieu tropical
- ✓ Bois à vaisseaux larges (150 à >250  $\mu\text{m}$ ) et longs ( $\rightarrow$  5 mm)
- ✓ Ponctuations radiales aréolées multisériées
- ✓ **Plaques perforées sur les parois inclinées & horizontales des vaisseaux**



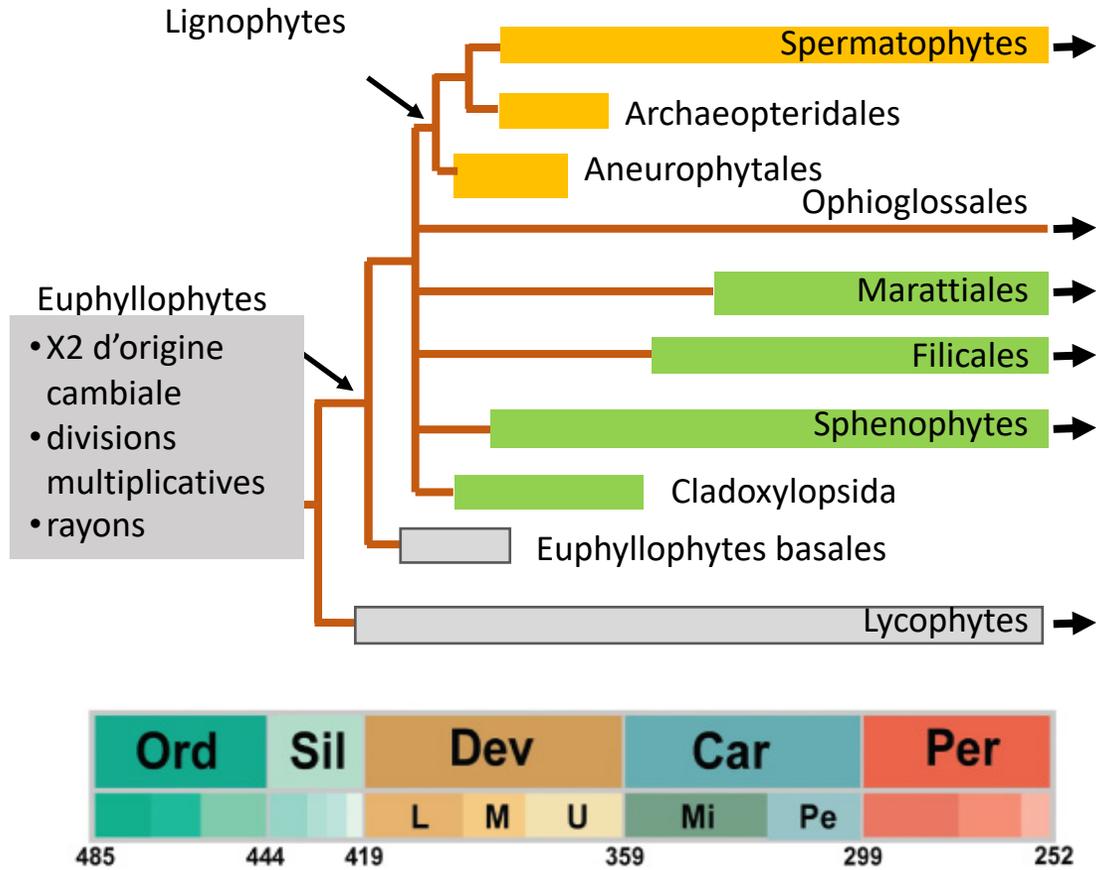
Plaques perforées des vaisseaux

## Paléogéographie



# Conclusion

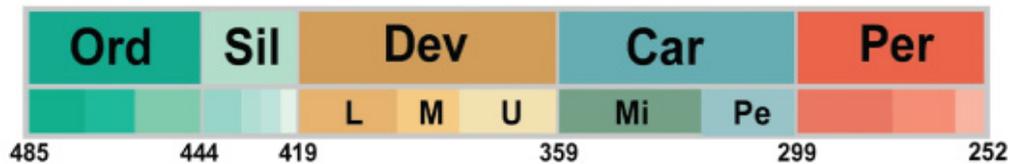
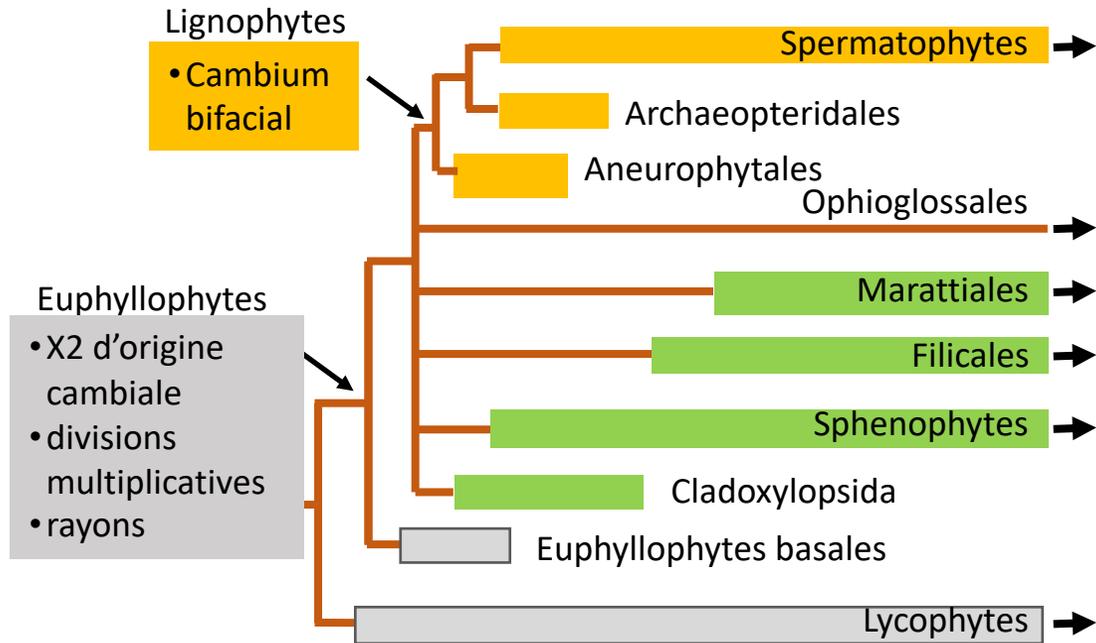
Les caractères partagés par la majorité des euphylophytes du Dévonien sont peut-être partagés par leur ancêtre commun



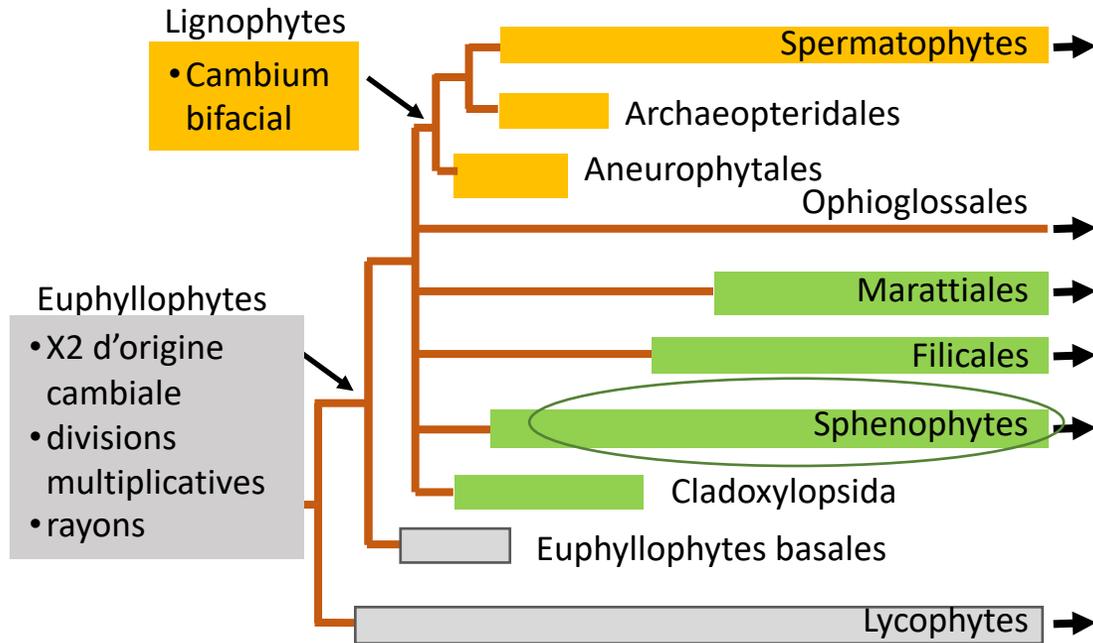
# Conclusion

Les caractères partagés par la majorité des euphylophytes du Dévonien sont peut-être partagés par leur ancêtre commun

Cambium bifacial & phloème secondaire sont une spécificité des lignophytes : un des atouts du succès évolutif de ces plantes?



# Conclusion

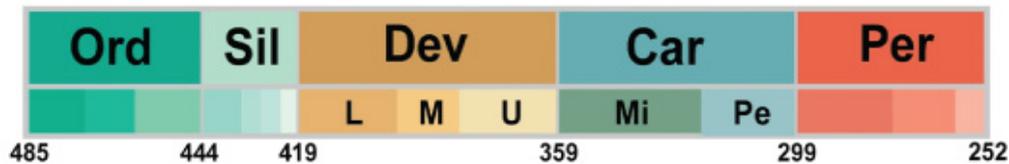


Les caractères partagés par la majorité des euphyllophytes du Dévonien sont peut-être partagés par leur ancêtre commun

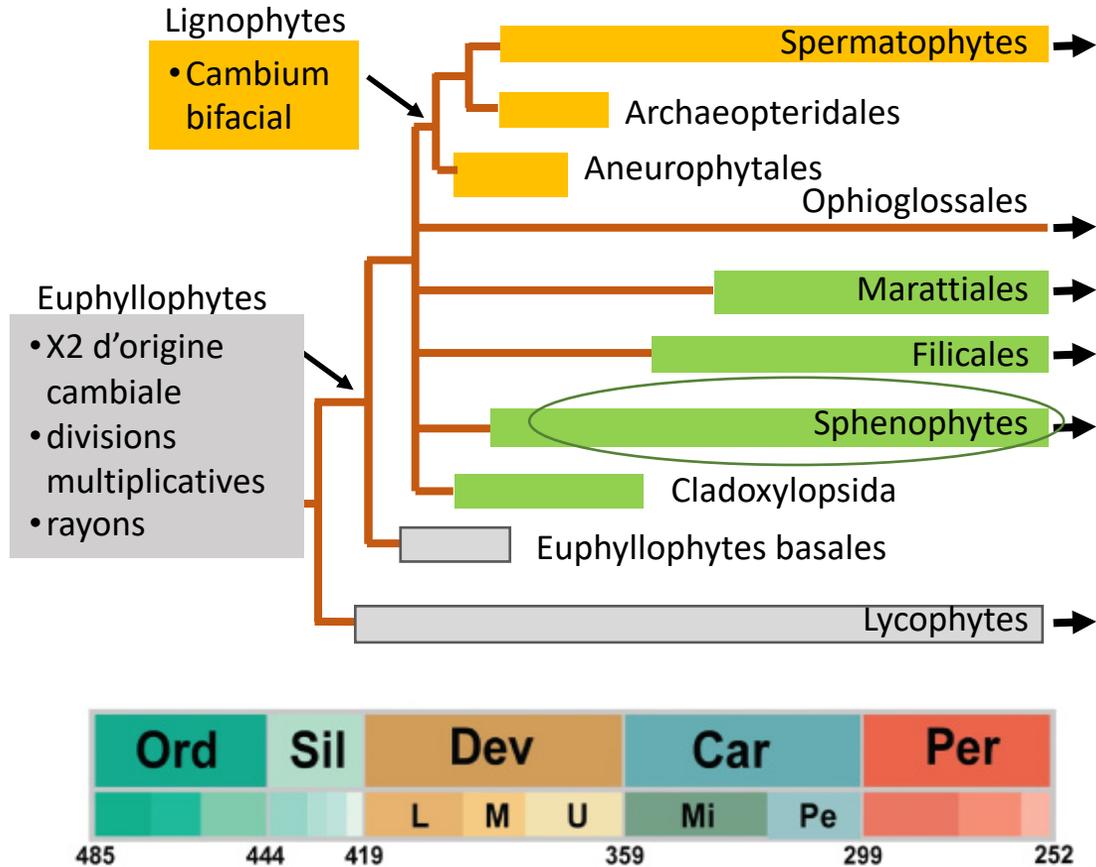
Cambium bifacial & phloème secondaire sont une spécificité des lignophytes : un des atouts du succès évolutif de ces plantes?

Les Sphenophyllales forment un groupe éteint exceptionnel chez les fougères s.l. :

- absence de divisions radiales multiplicatives
  - phloème 2aire (transport longue distance des photosynthates)
- 2 caractères contradictoires en terme de développement potentiel de ces plantes?



# Conclusion



Les caractères partagés par la majorité des euphyllophytes du Dévonien sont peut-être partagés par leur ancêtre commun

Cambium bifacial & phloème secondaire sont une spécificité des lignophytes : un des atouts du succès évolutif de ces plantes?

Les Sphenophyllales forment un groupe éteint exceptionnel chez les fougères s.l. :

- absence de divisions radiales multiplicatives
  - phloème 2aire (transport longue distance des photosynthates)
- 2 caractères contradictoires en terme de développement potentiel de ces plantes?

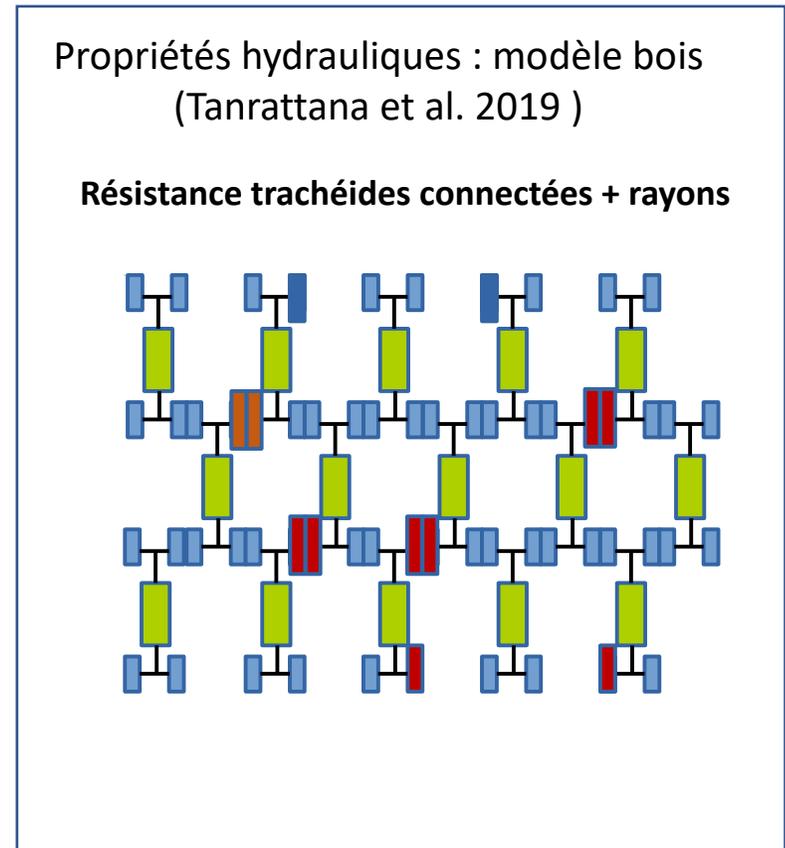
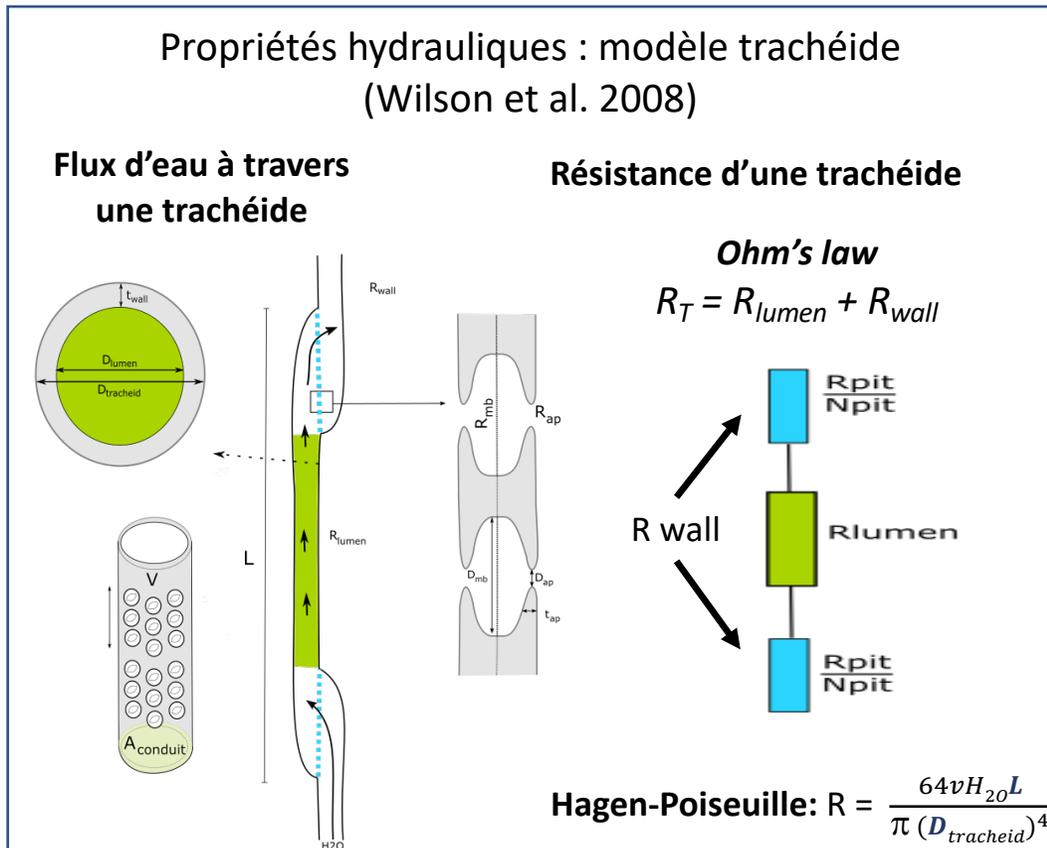
La présence de vaisseaux, enregistrée à la fin du Paléozoïque chez une plante lianescente non angiospermiennne, est probablement liée à ce type de forme de croissance

# Conclusion sur le bois des euphyllophytes

Une diversité anatomique importante au Paléozoïque, à partir du Dévonien Supérieur (- 380 ma et au-delà) suggérant

- un large éventail de possibilités fonctionnelles (compromis soutien mécanique/conduction hydraulique) et de ports
- une gamme étendue de potentialités adaptatives

La modélisation, une approche pour tester le fonctionnement et la valeur adaptative des différents caractères du bois au cours de son évolution dans les différents groupes de plantes





*Merci pour votre attention!*

