

# PTERIDOPHYTES



**Embryophytes = cormophytes,  
archégoniates, plantes terrestres**

Plantes terrestres  
Cormos = rameau dressé

Différenciations anatomiques  
(apparition tiges, feuilles, racines)

Alternance constante de génération  
haploïde et diploïde

Gamètes protégés  
(gamétanges = archégone et anthéridie)

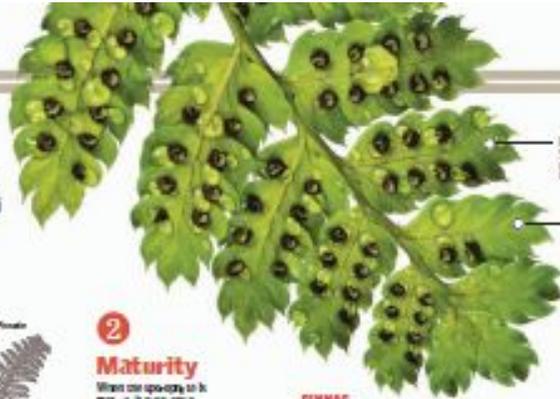
Apparition embryon (structure dormante)

## « PTERIDOPHYTES »

- **Vrai cormus (tige, feuille, racine)**
- **Xylème (lignine) et phloème**
- **Sporophyte dominant**
- **Gamétophyte réduit mais indépendant du sporophyte**
- **Polysporangie**
- **Fécondation zoïdogame**

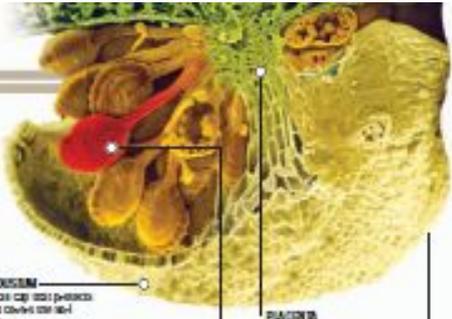
# Dispersion of Spores

The fern is one of the oldest plants. Ferns have inhabited the surface of the Earth for 400 million years. Their leaves have structures called sori that contain the sporangium, which houses the spores. When the sori dry up, they release the spores into the air. Once on the ground, the spores germinate as gametophytes. In times of rain and abundant moisture the male cells of the gametophyte are able to swim to reach female gametes, which they fertilize to form a zygote that will grow as a sporophyte.



**FRONDS**  
Slightly stiff and parallel to the stem axis.

**SORI**  
Clusters of sporangia.



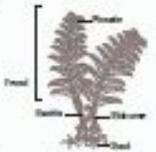
**BRACKET**  
Spoon-like bract that covers the sori and the sporangium when the sporangium is young.

**FRONDS**

## 1 Birth

The sporophyte grows into a structure called a sporophyte. It is the part of the plant that grows from the sporangium of a sporophyte.

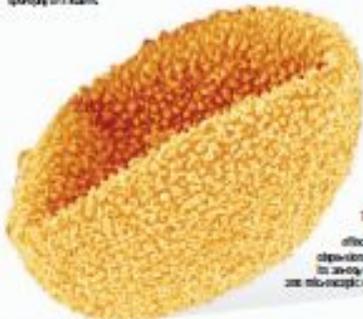
**CIRCULATE**  
Water tubes. The sporophyte is water tubes. It grows from a cell by unfolding from the tip.



## 2 Maturity

When the sporophyte is mature, it produces a large number of sporangia that grow together, forming sori on the back of the sporophyte's stem.

**PINNAS**  
Feather-like parts of the stem.

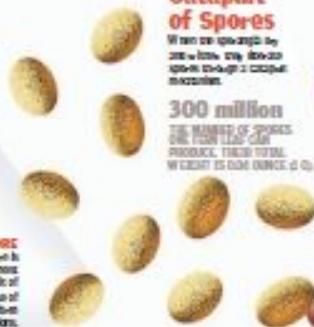


**SPORE**  
The spore is the most effective unit of dispersal because of its ability to float in the air.

## 3 Catapult of Spores

When the sporophyte is mature, it produces a large number of sporangia that grow together, forming sori on the back of the sporophyte's stem.

**300 million**  
THE NUMBER OF SPORES ONE FERNS LEAF CAN PRODUCE. THAT'S TOTAL WEIGHT IS ONE OUNCE OF OIL.



**SPORANGIUM**  
Microscopic capsule that contains the spores.

**FRAMEN**  
Walls with the pores in the sporangium.

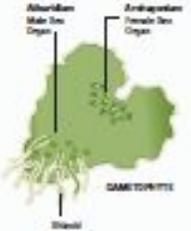
**THICK WALL**  
Formed by a layer of cells.

**ANELLUS**  
Row of cells that are thick-walled. When it is in the middle of growth, it contracts.



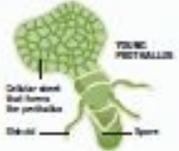
## 5 Fertilization

The male and female gametes are able to fuse in the presence of water. In the presence of water, the male gamete swims to the female gamete.



## 4 Germination

When the spore germinates, it grows into a multicellular structure that forms the sporophyte.



**HOW A LEPTOSPOANGIUM IS FORMED**



**12,000**  
SPECIES OF FERNS CAN BE FOUND IN THE WORLD.

# introduction

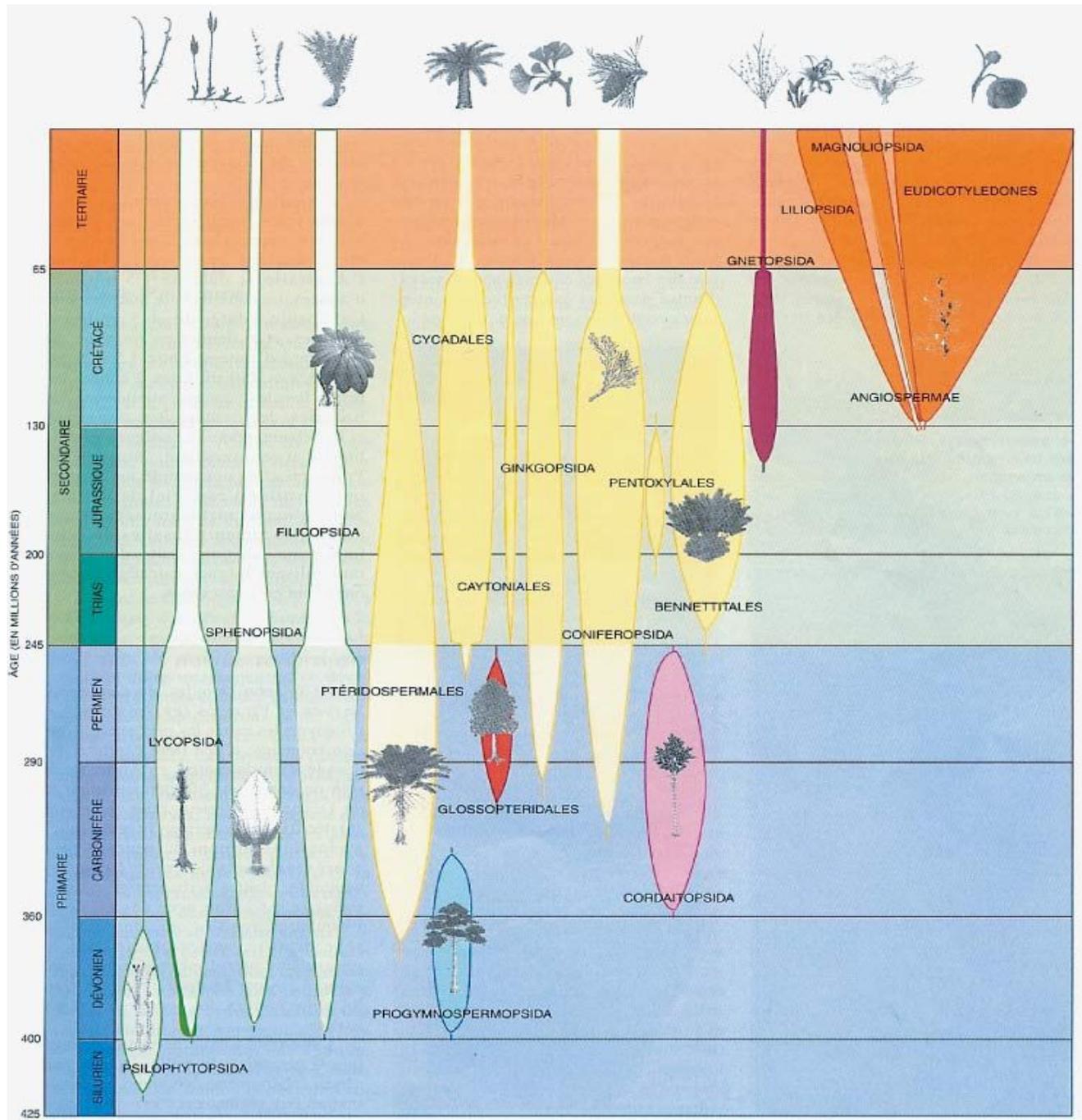
- Les ptéridophytes vivent en général dans les milieux humides
- Certains sont aquatiques (ex : *Azolla*).
- D'autres comme *Ceterach* peuvent résister à la sécheresse.
- Dans les forêts tropicales, les fougères sont arborescentes.
- On trouve de nombreuses espèces de ptéridophytes fossiles.

Les Ptéridophytes sont apparues il y a 345 millions d'années.

Ce sont des **Cormophytes** ayant acquis:

- **des polysporanges,**
- **des racines : Rhizophytes**
- **et un système conducteur de sève :**  
**Trachéophytes.**

Ce sont **les seuls cryptogames vasculaires.**

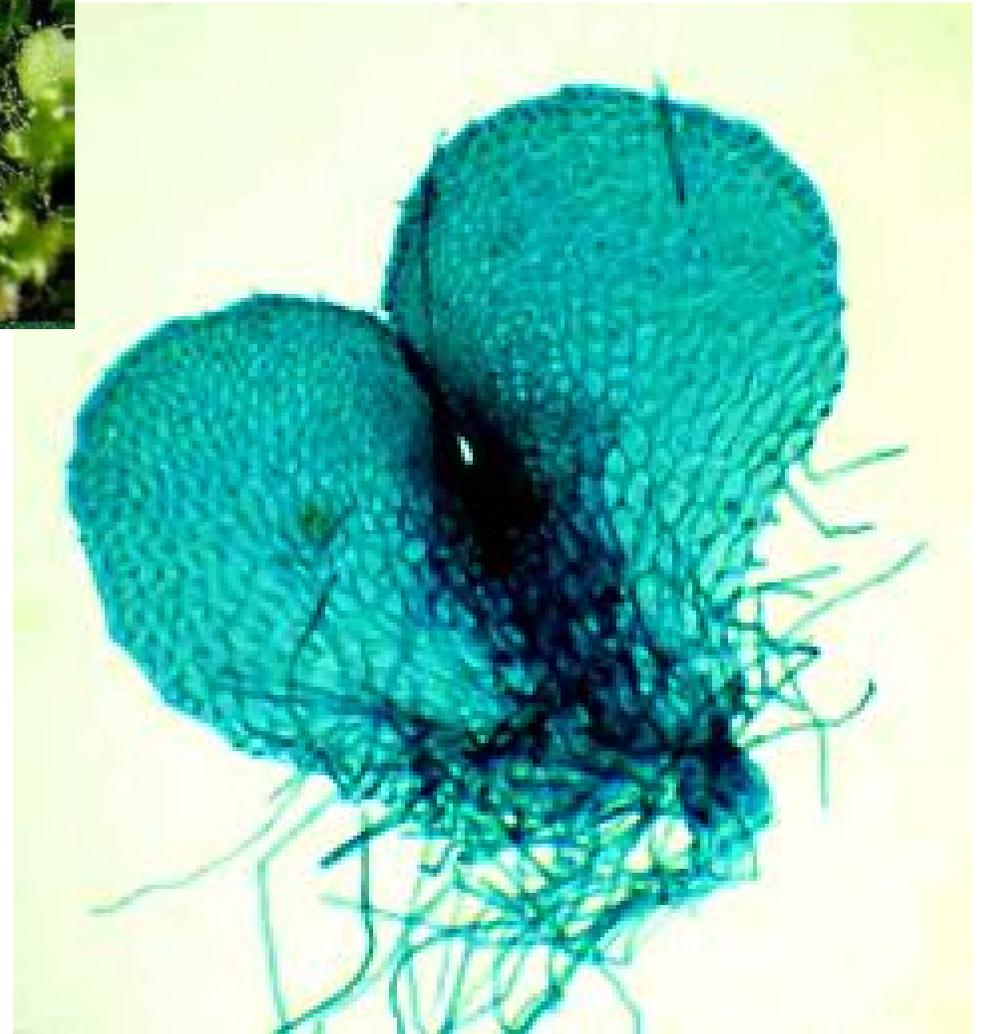
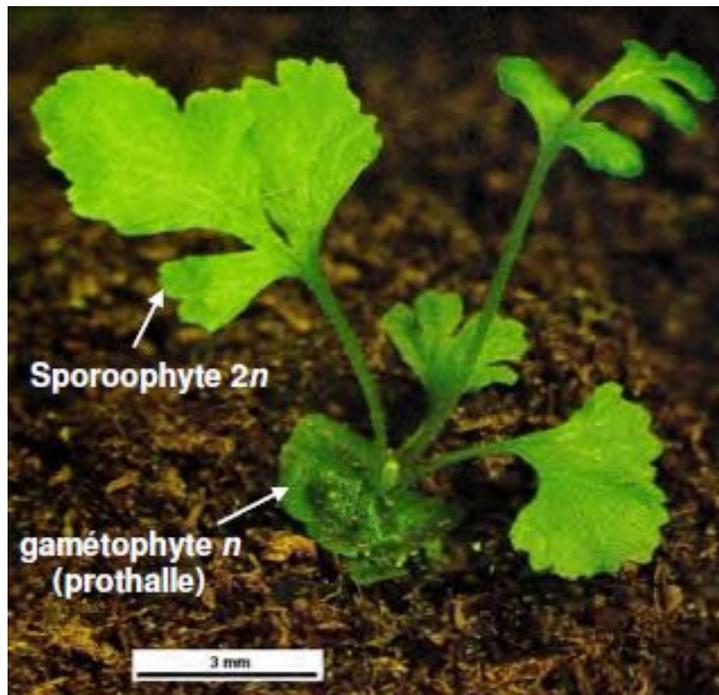


- La plupart des espèces ont disparu: on n'en trouve beaucoup sous forme fossiles.

# Caractères généraux

- Les Ptéridophytes ont un appareil végétatif plus différencié et plus adapté à la vie terrestre que les Bryophytes.
- Ce sont des cormophytes avec de vraies racines
- Sporophyte ramifié à plusieurs sporanges: **polysporangiophyte**
- Gamétophyte réduit: **prothalle**
- **Cycle digénétique haplo-diplophasique avec dominance du sporophyte.**

## Le gametophyte



# Caractères généraux

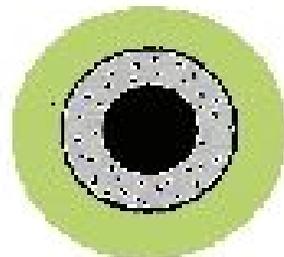
- Trachéophyte: plante qui a des tissus conducteurs
- **Stèle.**
- Dans ces stèles, le Xylème est formé de **trachéïdes** ou vaisseaux imparfaits.

Stèle: Partie centrale conductrice des racines et des tiges des plantes vasculaires

Composée du péricycle, du **xylème I** et du **phloème I** au centre

La caractérisation des différents types de stèle est importante

## Principaux types de stèles chez les Ptéridophytes



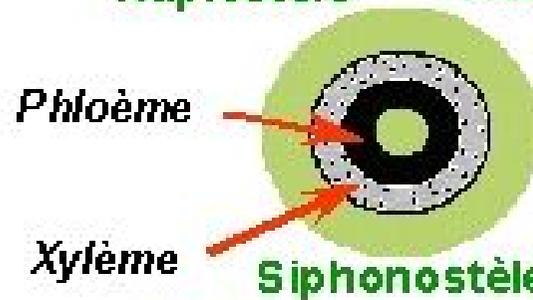
Haplostèle



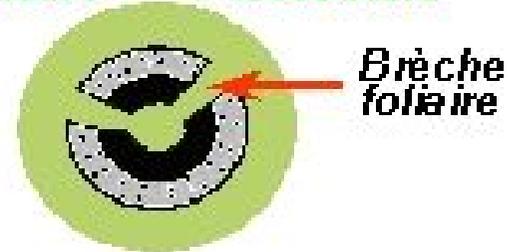
Actinostèle



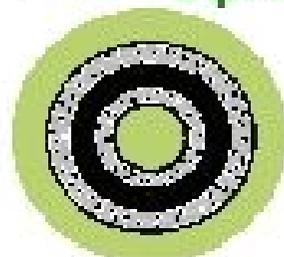
Plectostèle



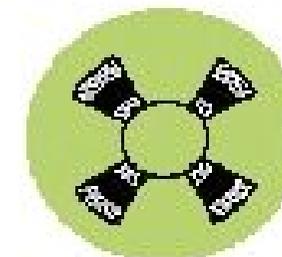
Siphonostèle



Brèche foliaire

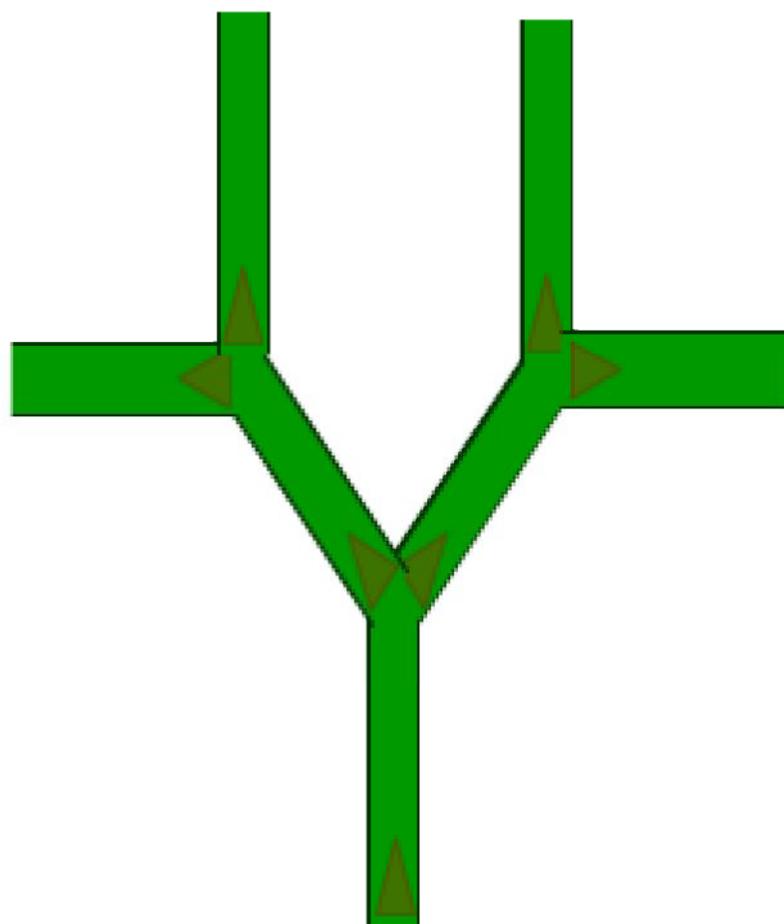


Solénostèle

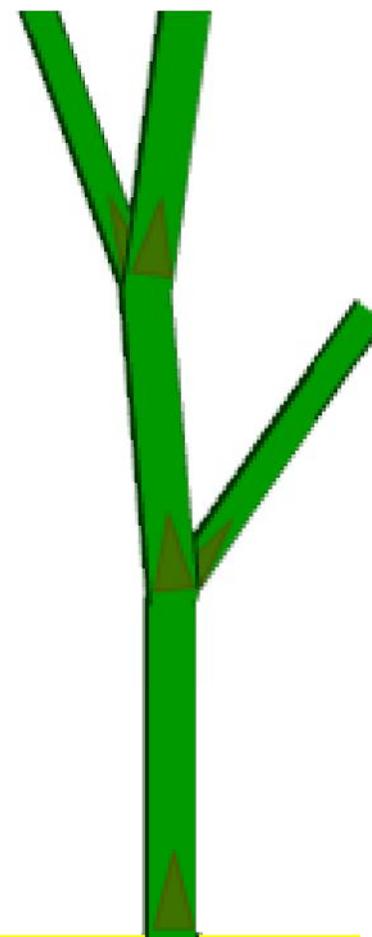


Dictyostèle

## Autre caractère: Les TYPES DE RAMIFICATION

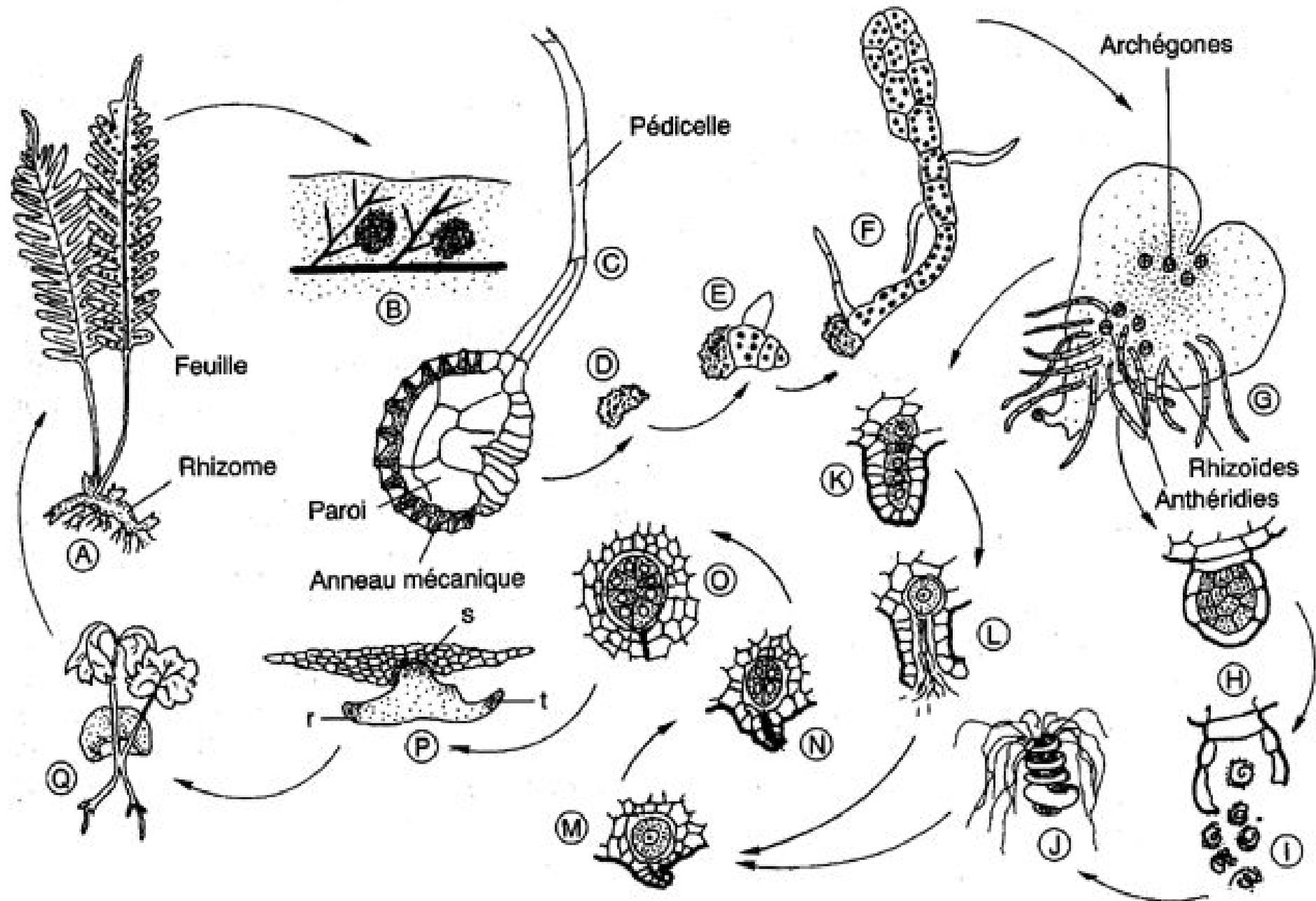


DICHOTOME

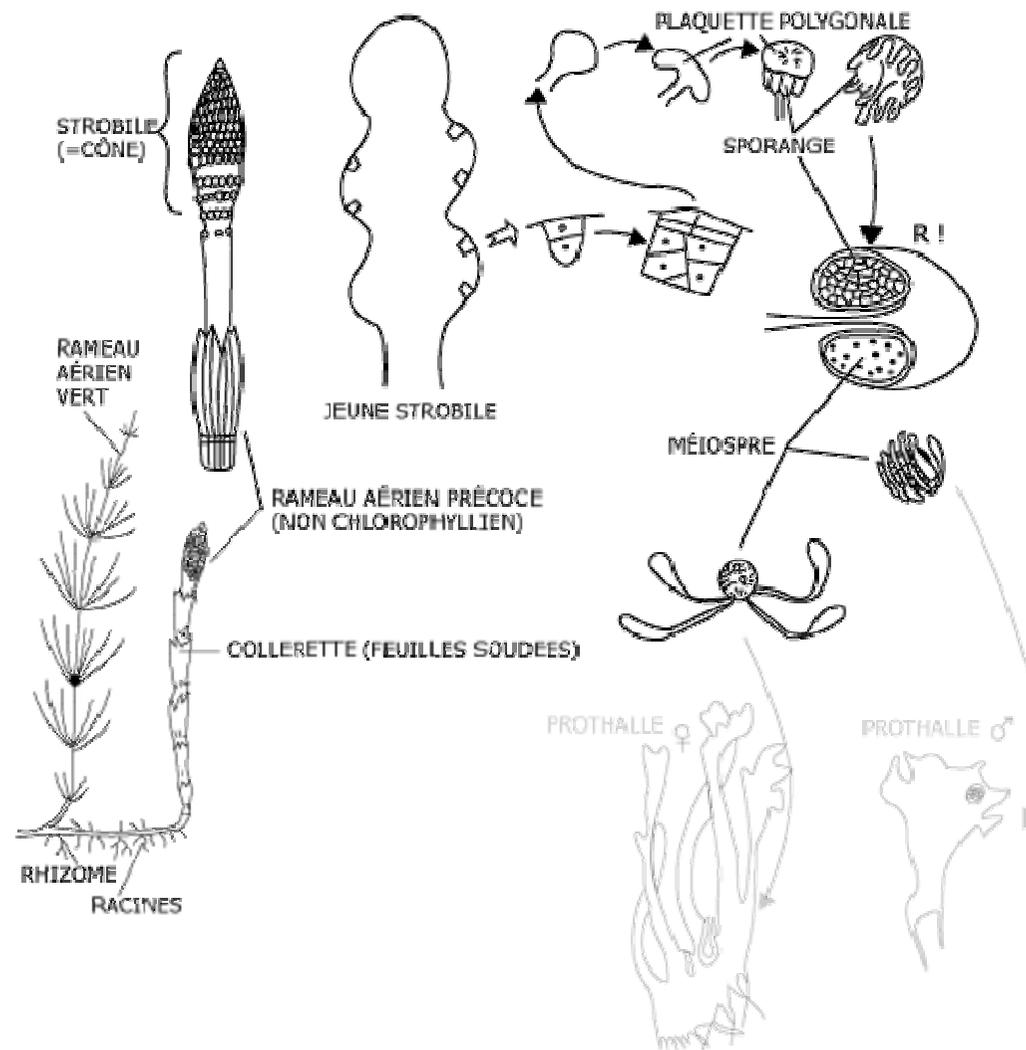


PSEUDOMONOPODIALE

# Cycle de développement de *Polypodium vulgare*



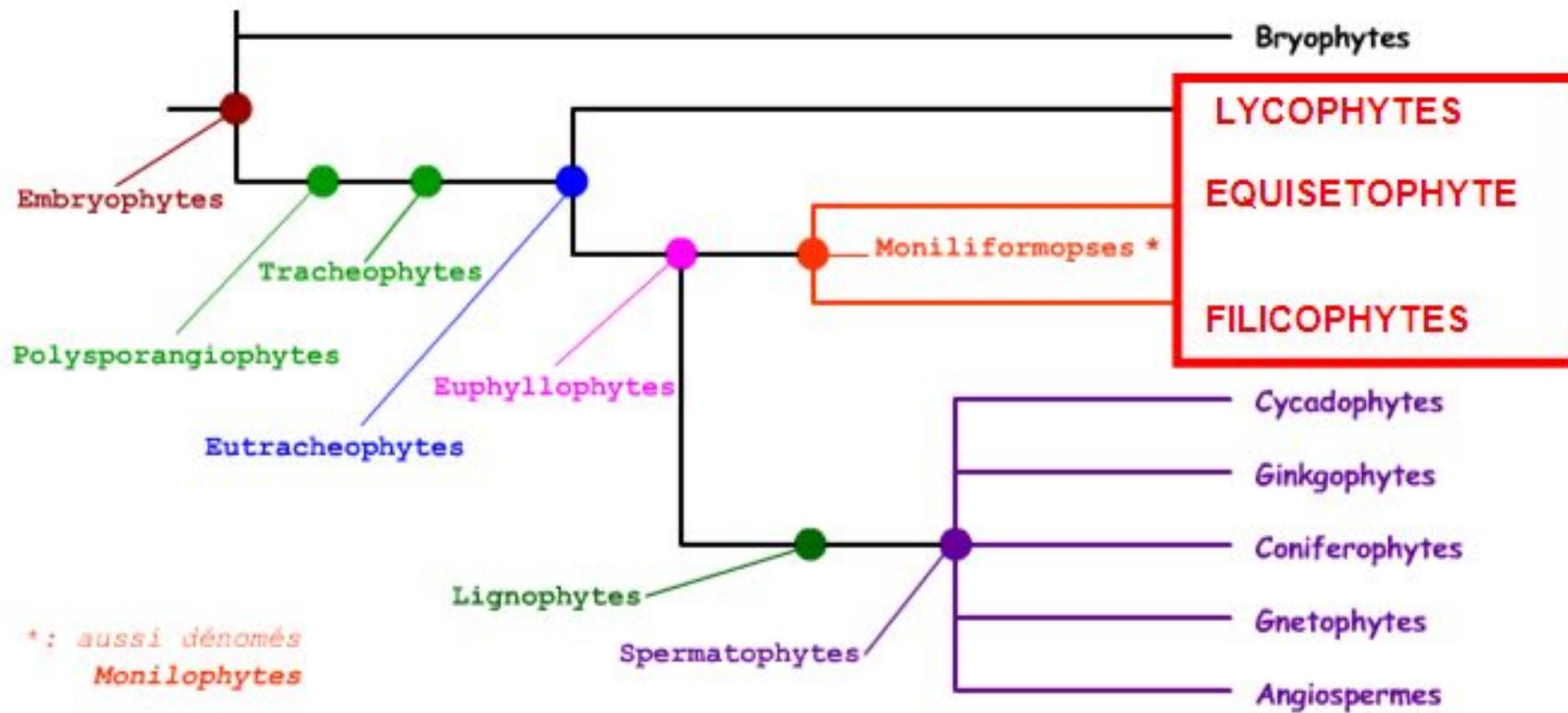
# CYCLE DE VIE des PTERIDOPHYTES



# Classification

- Dans les anciennes classifications:
  - 1 seul embranchement
- Actuellement, 3 embranchements:
  1. Lycophyta ou lycophytes
  2. Sphénophyta ou Sphénophytes  
(=Equisétophytes)
  3. Filicophyta ou filicophytes

**Embranchement (phylum, division):** - phyta  
**Classe:** - opsida  
**Ordre** - ales  
**Famille** - aceae  
**Genre**  
**Espèce**



# Lycophytes

- Dichotome
- Xylème primaire, différenciation centripète (vers l'intérieur), forme en étoile sur CT tige.
- Sporangies solitaires à l'aisselle de feuilles, *en forme de rein qui s'ouvre par 2 valves équivalentes*

# Emb. des Lycophyta ou lycophytes

## **Appareil végétatif:**

Tiges ramifiées dichotomiques

Petites feuilles stériles: **Microphylles**

## **Appareil reproducteur:**

Petites feuilles portant 1 sporange:

**Sporophylles**

Lycopodiaceae:

*Lycopodium selago* ( = *Huperzia selago* )



# Selaginellaceae: *Selaginella* sp.



- *Lycophytes isosporés ou homosporés (identiques) exemple : Lycopode*
- *Lycophytes hétérosporés (différentes) exemple : Selaginelles et isoètes (synapomorphie)*
- *Macrosporange à la base du strobile (épi sporifère)*
- *Microsporange au sommet du strobile*
- **EUSPORANGES**
- **Microgaméophyte : prothalle mâle**
- **Macrogaméophyte : prothalle femelle**

# Selaginelle (Selaginella sp.)

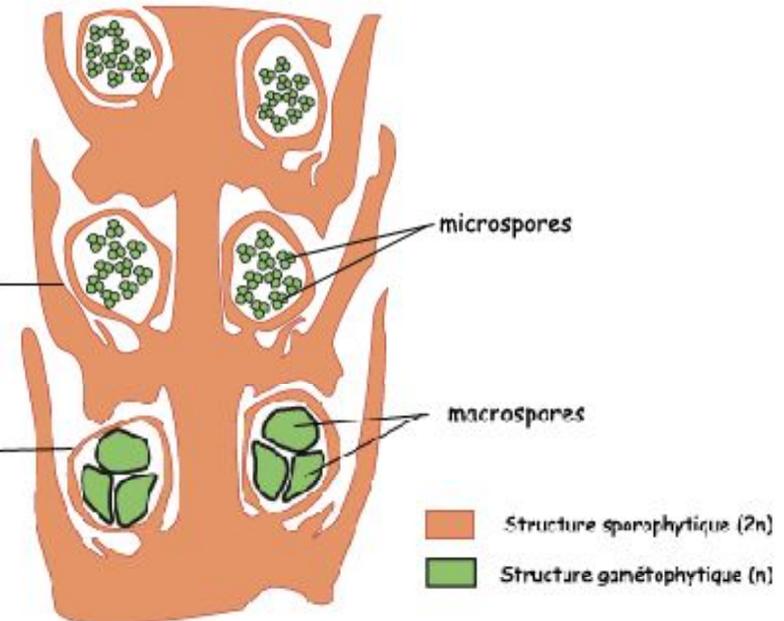


Strobile (épi sporigère)

sporangies

microsporange

macrosporange



microspores

macrospores

Structure sporophytique (2n)

Structure gamétophytique (n)

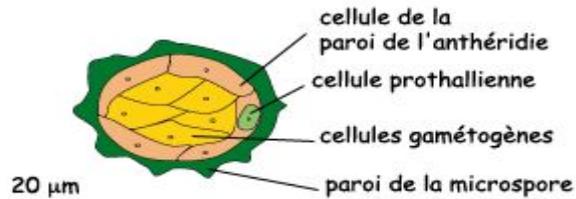
Coupe longitudinale le long d'un strobile

Les rameaux du sporophyte se terminent par un strobile :  
chaque sporophylle porte un sporange (macrosporange ou microsporange)

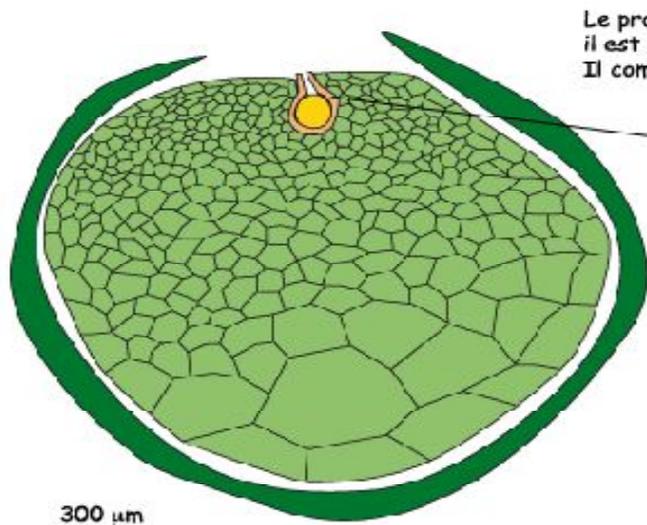
Au sein de chaque sporange, des cellules mères diploïdes donnent naissance à des spores haploïdes.

Les macrospores et microspores sont morphologiquement différentes :  
il y a hétérosporie

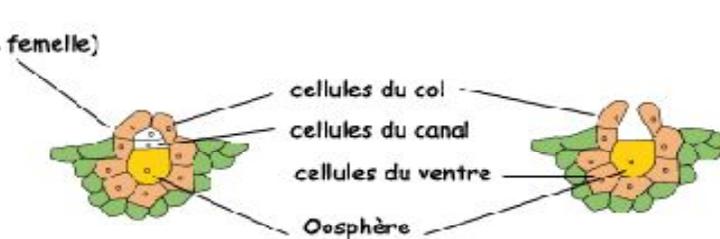
# Sélaginelle (Selaginella sp.)



Le prothalle mâle se développe dans la paroi de la microspore (endoprothallie) et n'est pas disséminé. Extrêmement réduit et hétérotrophe, le microgamétophyte mâle comporte une unique cellule prothallienne et quelques cellules de la paroi de l'anthéridie (gamétange mâle). Les cellules gamétogènes donnent naissance à des spermatozoïdes.



Le prothalle femelle se développe en grande partie sous la paroi du macrosporange (endoprothallie) il est cependant autotrophe (quelques rhizoïdes, non figurés, assurent son alimentation en eau). Il comporte un archéogone (gamétange) abritant un oosphère (gamète).



# Les Monilophytes

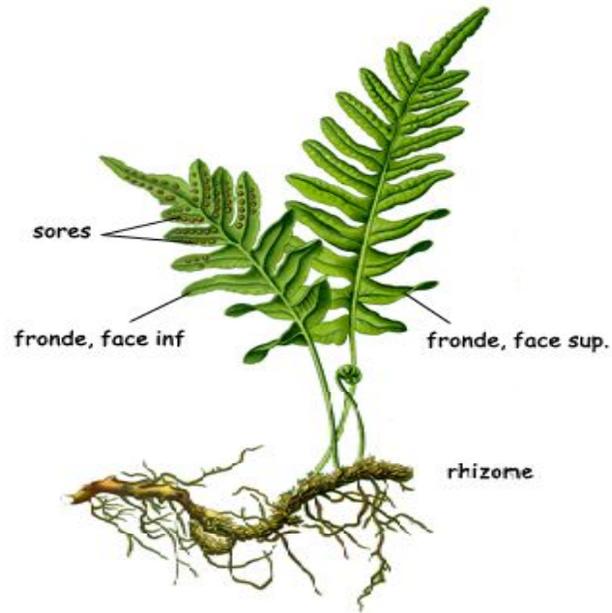
## Filicophytes et Equisetophytes

- Pseudomonopodial
- Xylème qui se développe vers l'intérieur et l'extérieur.

## Filicophytes (fougères)

- Les Filicophytes ont des feuilles: **frondes**.
- *Systeme conducteur: **dictyostèle***
- *On distingue les filicophytes **eusporangiés (caractère ancestral) et les leptosporangiés (lepto= mince)**.*
- Exemple : Le Polypode, qui est une fougère leptosporangiée.
- Le prothalle bisexué

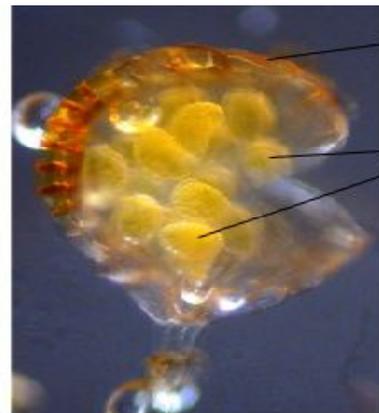
# Polypode (*Polypodium vulgare*)



Le plant feuillé correspond au sporophyte ( $2n$ ).  
Les frondes portent, sur leur face inférieure,  
des amas de sporanges, ou sores



Les sores, situés sur la face inférieure  
des frondes correspondent à des amas  
de sporanges

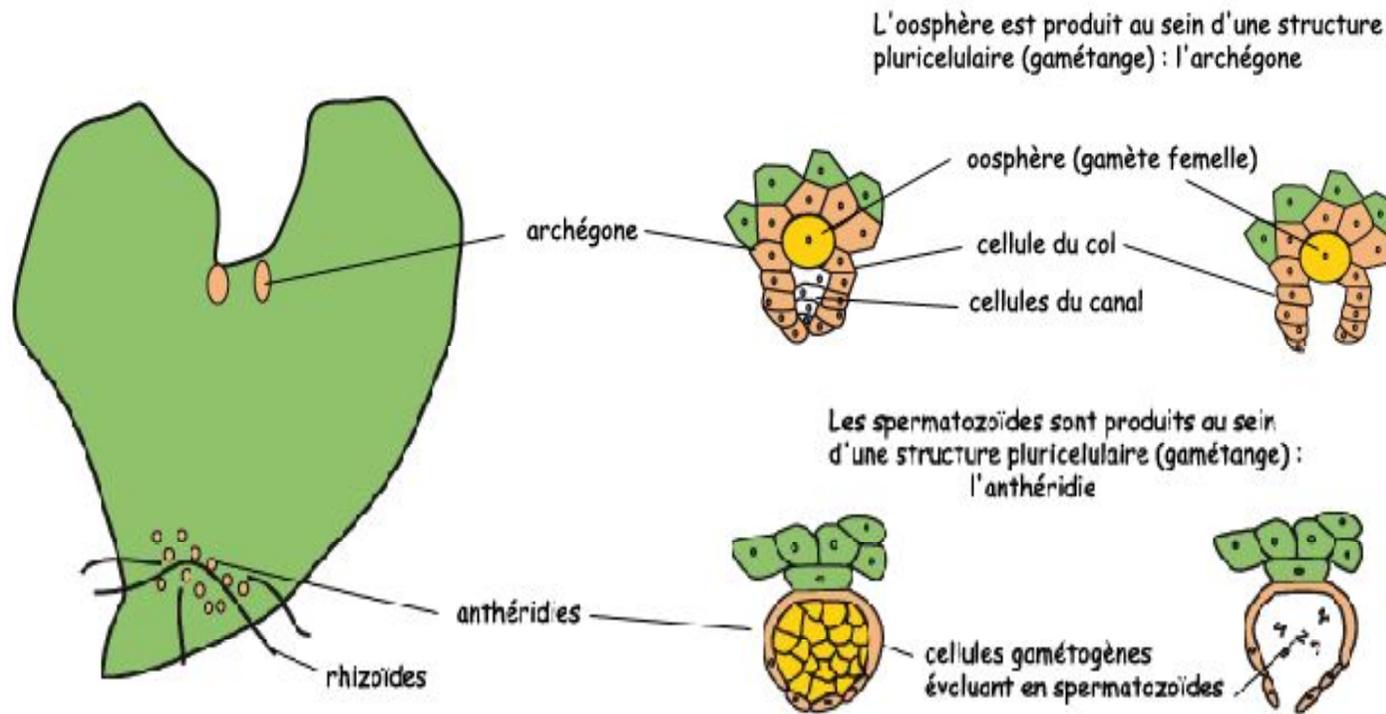


paroi du sporange ( $2n$ )

spores ( $n$ )

Les sporanges, tous identiques, produisent  
des spores haploïdes, toutes identiques

# Polypode (Polypodium vulgare)

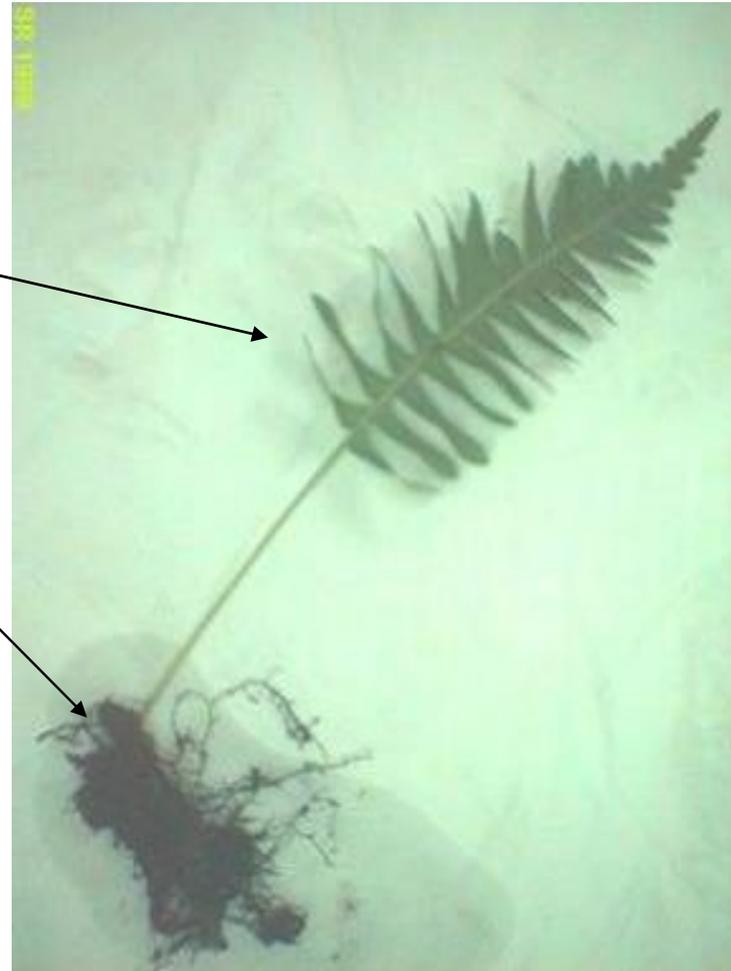


Le prothalle est issu du développement d'un spore haploïde et correspond au gamétophyte : il porte les structures productrices de gamètes



Caractéristiques:  
Grandes feuilles:  
**mégaphylles** ou  
**frondes.**

Tiges souterraines  
(rhizomes)  
**Sporanges** groupés  
en **Sores**



*Dryopteris sp.*

Caractéristiques:  
**Sporanges** groupés  
en **Sores**



Sporange vu au  
microscope

On distingue:  
Les eusporangiées  
Les leptosporangiées

*Athyrium filix-femina*  
(fougère femelle)



Les leptosporangiées

Sporanges à paroi mince

1 seule assise de cellules

Déhiscence grâce à 1 anneau mécanique

Nombre de spores réduit et fixe

On distingue:

Isosporées: ex: *Adanthium capillus veneris*  
(polypodiacées)

hétérosporées

*Osmunda regalis* Osmundacées

Leptoporangées



Foto: Lars-Åke Janzon

Les eusporangiées

Sporanges à paroi épaisse: plusieurs assises  
cellulaires

Nombre de spores: variable et élevé

## Equisetophytes (Prêles)

- Les Equisetophytes forment un groupe homogène regroupant les prêles actuelles (et les *Calamites* du Carbonifère).
- *Un seul genre actuellement : Equisetum sp*
- Exemple : les prêles : présence d'un prothalle mâle et d'un prothalle femelle

# Equisetophytes: *Equisetum sylvaticum* (prêle)



*Equisetum hiemale* (prêle d'hiver)

Epi sporangifère

Tige cannelée et articulée

Verticille de feuilles réduites



## Prêle (Equisetum sp.)



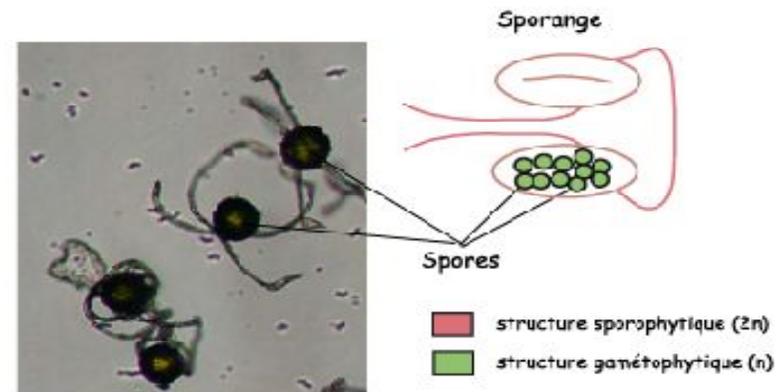
Tige stérile



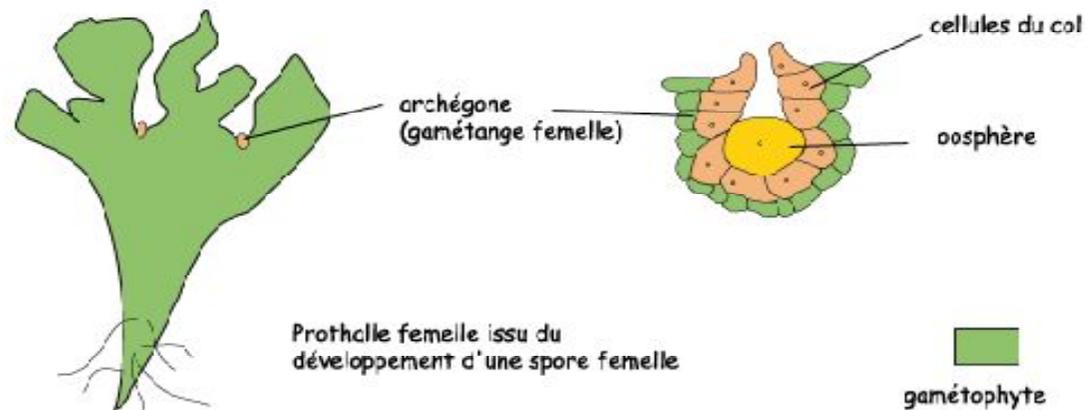
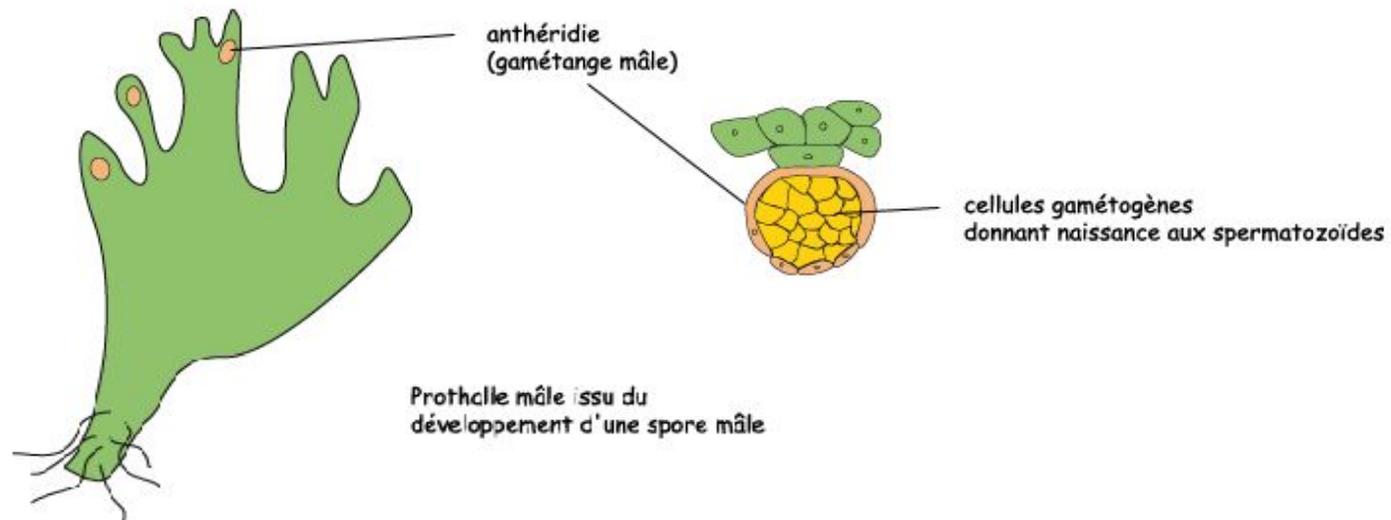
Tige fertile portant l'épi sporifère



Le strobile, ou épi sporifère, correspond au regroupement des sporophylles. Chaque sporophylle porte, sur sa face inférieure, une dizaine de sporanges. Au sein de chaque sporange, la méiose de cellules mères aboutit à la formation de des spores haploïdes. Chaque spore est pourvue de quatre élatères qui peuvent se décoller brusquement, facilitant ainsi la dispersion des spores. Bien que morphologiquement identiques entre elles, il existe des spores mâles et femelles : il y a hétérosporie non apparente



# Prêle (Equisetum sp.)

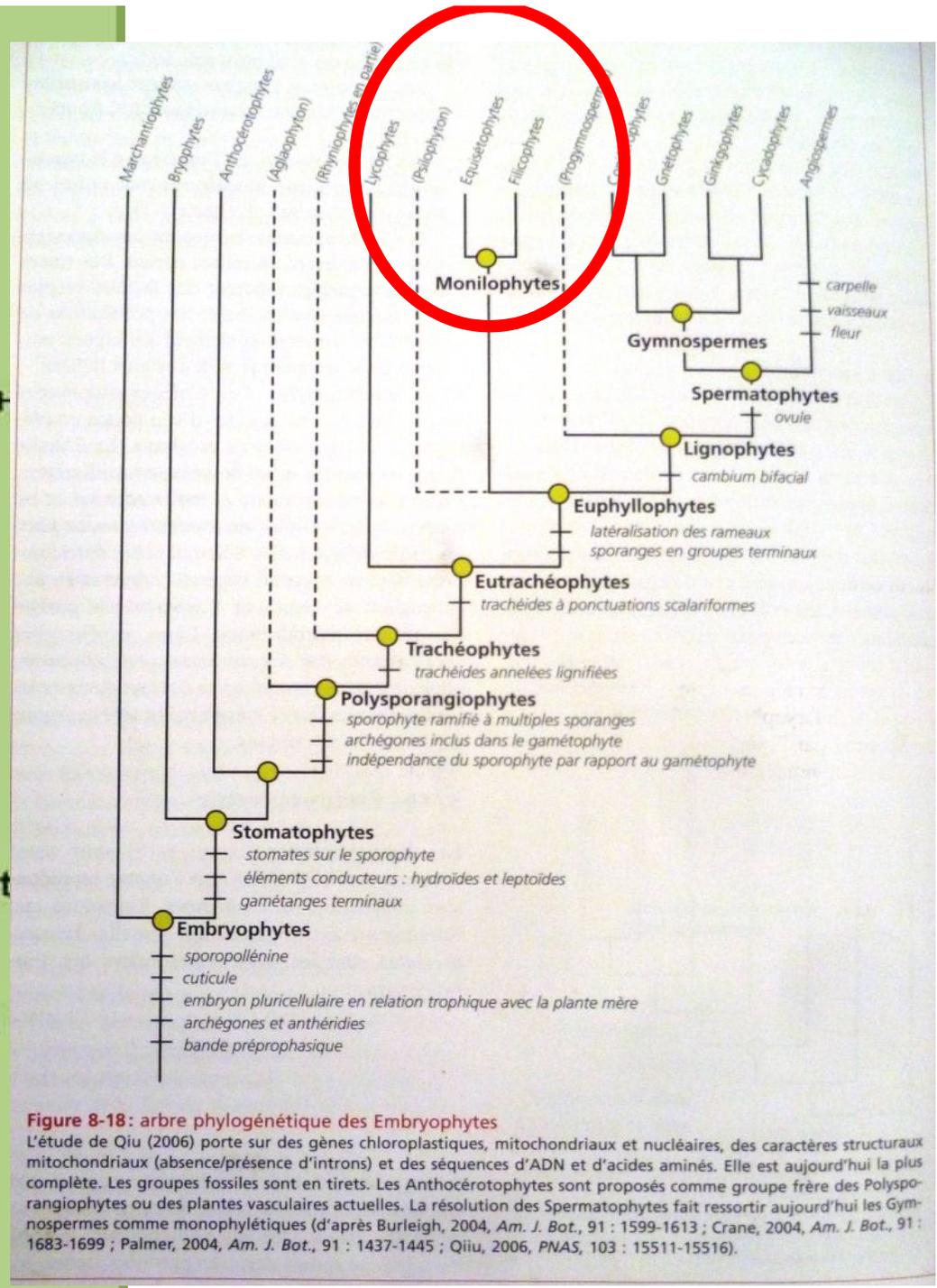
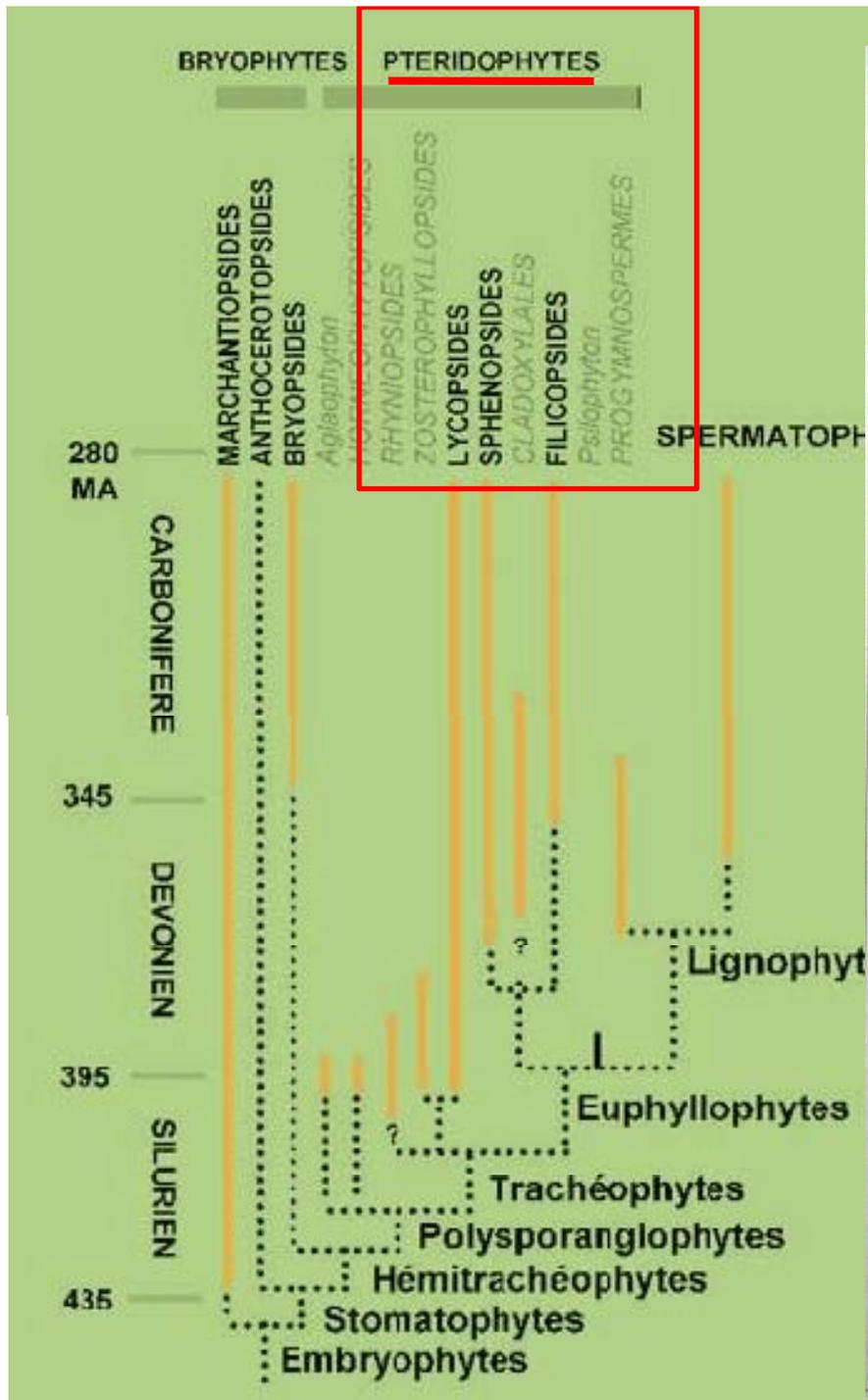


Taxon	Lycophytes			Sphénophytes	Filicophytes
Sous-groupes et (noms vernaculaires)	Lycopodiales (Lycopodes)	Selaginellales (Sélaginelles)	Isoetales (Isoetes)	(Prêles)	(Fougères)
Nbre d'espèces	350	700	150	15	> 10000
Gamétophyte morphologie	Prothalle souterrain (myc.) bisexués	Endoprothalle unisexué	Endoprothalle unisexué	Prothalle unisexué	Prothalle bisexué (sauf foug. aquat.)
Rhizoïdes	Oui (unicellulaires) sur prothalle	Oui (unicellulaires) sur prothalle	Oui (unicellulaires) sur prothalle	Oui (unicellulaires) sur prothalle	Oui (unicellulaires) sur prothalle
Sporophyte morphologie	Cormus (avec racines dichotomes) Microphylls + strobile	Cormus (avec racines dichotomes) Microphylls + strobile	Cormus (avec rhizophore + racines dichotomes) microphylls	Cormus (avec rameaux verticillés) Microphylls en écaille + strobile Co. Pseudo-monop.	Cormus avec mégaphylles (frondes) Co. Pseudo-monop.
Nbre de sporanges	polysporangie	polysporangie	polysporangie	polysporangie	polysporangie
Déhiscence sporange	1 fente apicale	1 fente apicale			Variable (annulus chez Leptosporang.)
Méristème apical sporophyte	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Stomates	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Xylème (trachéïdes) + Phloème	Oui (actinostèle)	Oui (actinostèle)	Oui (actinostèle)	Ou (eustèle)	Oui (dictyostèle)
Hydroïdes + leptoides	-	-	-	-	-
Génération dominante	sporophyte	sporophyte	sporophyte	sporophyte	sporophyte
Caractéristiques du cycle	Génération indep. isosporie	Génération indep. hétérosporie	Génération indep. hétérosporie	Génération indep. isosporie	Génération indep. Isosporie (*)

S -E	Sporophyte	Sporanges, spores et gamétophytes
<b>Psilophytes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Ramification dichotomique</li> <li>• Tige seulement, ni racines, ni feuilles</li> <li>• Présence de rhizoïdes</li> <li>• Système vasculaire = protostèle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporangies latéraux</li> <li>• Isosporie</li> <li>• Gamétophyte discret et indépendant</li> </ul>
<b>Lycophytes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Dichotomie parfois encore existante</li> <li>• Présence de tiges, racines et feuilles</li> <li>• Microphylles</li> <li>• Système vasculaire = protostèle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporangies sur ou à l'aisselle des sporophylles</li> <li>• Isosporie : Lycopodes</li> <li>• Hétérosporie = hétérothallisme des gamétophytes : Sélaginelles et Isoètes</li> <li>• Gamétophytes réduits et indépendants; tendance à la sédentarisation (Sélaginelle)</li> </ul>
<b>Sphénophytes: Equisétophytes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Présence de tiges, racines et feuilles</li> <li>• Pas de dichotomie</li> <li>• Microphylles</li> <li>• Système vasculaire = siphonostèle rappelant l'eustèle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporangies dans un strobile sur un sporangiophore ou à l'extrémité de l'axe végétatif</li> <li>• Isosporie</li> <li>• Gamétophyte réduit et indépendant</li> </ul>
<b>Ptérophytes: Filicophytes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominant et indépendant</li> <li>• Présence de tiges, racines et feuilles</li> <li>• Pas de dichotomie</li> <li>• Mégaphylles</li> <li>• Système vasculaire = tous types de stèles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporangies sous les sporophylles, parfois en sores protégés ou non par une indusie</li> <li>• Isosporie : Filicales - Hétérosporie : Hydroptéridales</li> <li>• Gamétophyte réduit et indépendant</li> </ul>

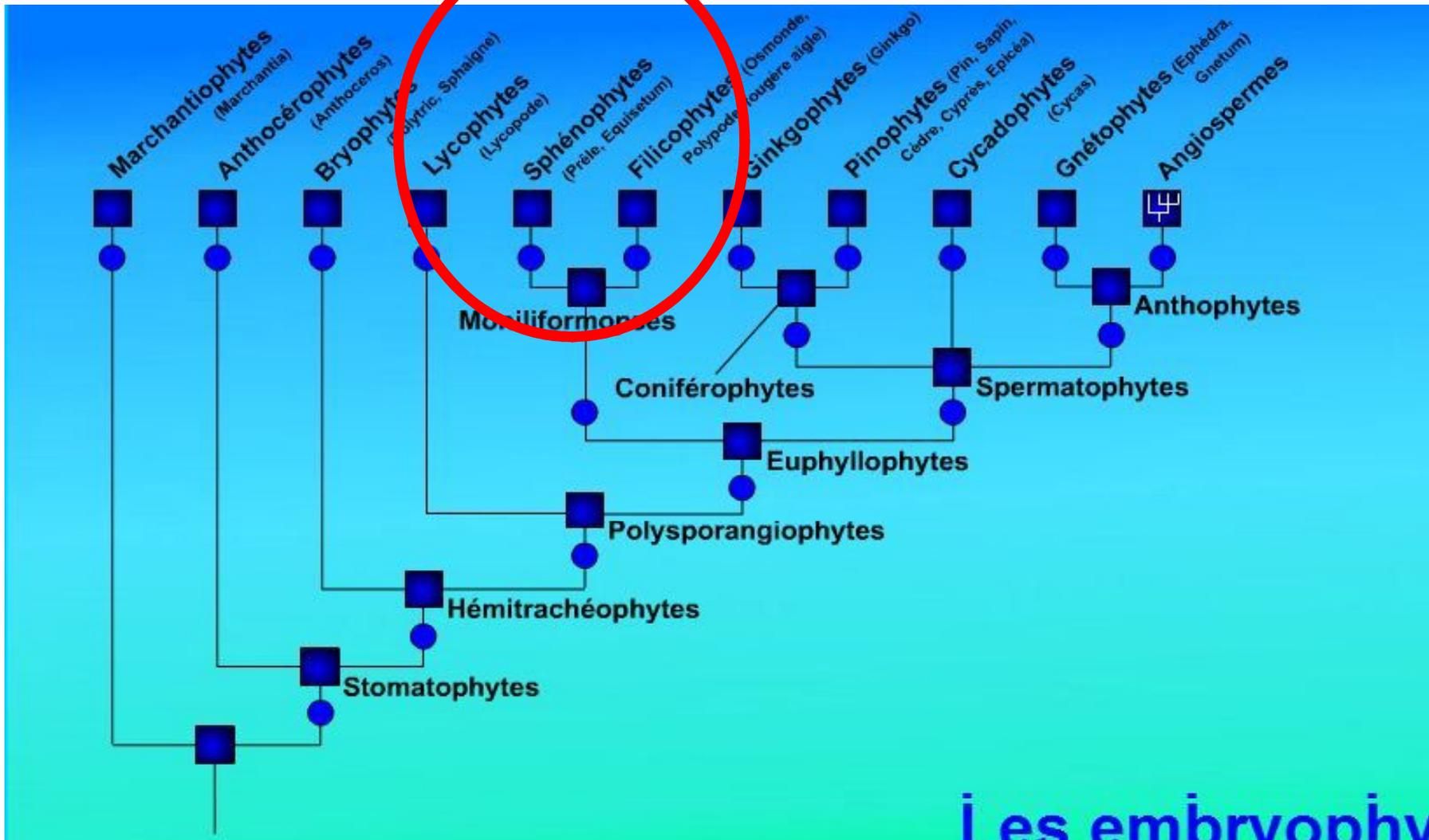
## **Importance des Ptéridophytes :**

- **Intérêt biosystématique (Archaïsme, évolution, adaptation).**
- Intérêt médicinal.
- **Bio-indicateurs de la qualité des eaux et des milieux.**  
Ex. Genres Azolla, Salvinia : Très sensibles aux variations de la température et de la composition des eaux.



**Figure 8-18: arbre phylogénétique des Embryophytes**

L'étude de Qiu (2006) porte sur des gènes chloroplastiques, mitochondriaux et nucléaires, des caractères structuraux mitochondriaux (absence/présence d'introns) et des séquences d'ADN et d'acides aminés. Elle est aujourd'hui la plus complète. Les groupes fossiles sont en tirets. Les Anthocérotophytes sont proposés comme groupe frère des Polysporangiophytes ou des plantes vasculaires actuelles. La résolution des Spermatophytes fait ressortir aujourd'hui les Gymnospermes comme monophylétiques (d'après Burleigh, 2004, *Am. J. Bot.*, 91 : 1599-1613 ; Crane, 2004, *Am. J. Bot.*, 91 : 1683-1699 ; Palmer, 2004, *Am. J. Bot.*, 91 : 1437-1445 ; Qiu, 2006, *PNAS*, 103 : 15511-15516).



# Les embryophytes

Eucaryotes Chlorobiontes

Arbre phylogénétique des Embryophytes  
(Selon Lecointre et le Guyader, 2001)

# En Algérie

## POLYPODIACEAE

1 - *Dryopteris gongyloides* RR

## MARSILEACEAE

2 - *Marsilea strigosa* R

3 - *Marsilea diffusa* RRR

4 - *Marsilea aegyptiaca* RR

5 - *Pillularia minuta* RR

## SALVINIACEAE

6 - *Salvinia natans* RR

# En Algérie

## ISOETACEAE

7 - *Isoetes velata* RR

8 - *Isoetes duriaei* R

9 - *Isoetes histrix* AC

## EQUISETACEAE

10 - *Equisetum maximum* AC

11 - *Equisetum ramosissimum* CC