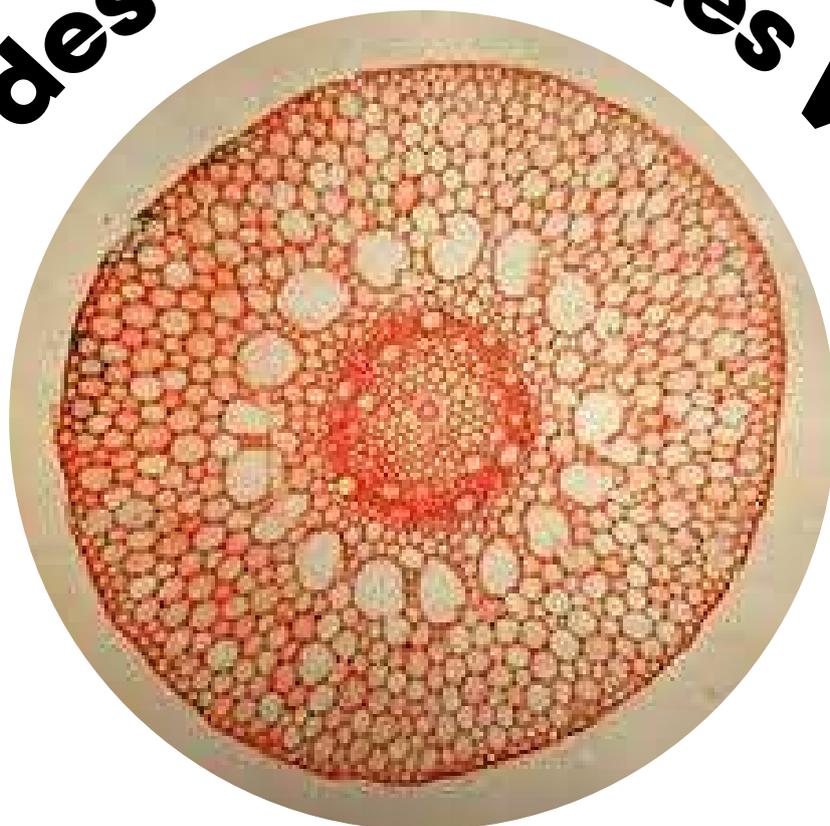


Biologie des Organismes Végétaux



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

BV2: Biologie Végétale 2

Enseignants: **X. Vekemans** et **M.-H. Bouchet** (responsables);
L. Amsellem; A. Créach; F. Gevaert; J.-L. Hilbert;
Y. Lemoine

Responsable T.D./T.P.: **M.-H. Bouchet**



Prof. Xavier Vekemans:
bureau SN2.203

xavier.vekemans@univ-lille1.fr

Evaluation:

Théorie → Examen

TP/TD → Travaux + Colle

Note → **50:50**

Support pédagogique disponible sur <http://www.univ-lille1.fr/gepv>
→ choisir lien "**Ressources pédagogiques**"

BV2: Biologie Végétale 2

Objectifs du cours

Exploration de la **diversité du monde végétal** au travers de son **organisation taxonomique**

- Évolution des **appareils végétatifs**
- Évolution des **modes de reproduction**

BV2: Biologie Végétale 2

Plan du cours

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux
2. L'origine des plastes: théorie de l'endosymbiose *Y. Lemoine*
3. Le groupe des champignons *J.-L. Hilbert*
4. Les groupes d'algues: *A. Créach; F. Gevaert*
5. Les Trachéophytes I: "Ptéridophytes"
A.-S. Blervacq/M.-H. Bouchet
6. Les Trachéophytes II: Spermaphytes *X. Vekemans/L. Amsellem*

Ouvrages de référence

- **Introduction à la botanique** G. Ducreux, 2002, 256 pp. Belin ed. ISBN:2-7011-3080-8.
- **Plant Systematics: a phylogenetic approach** Judd et al., 2002, 576 pp. Sinauer Associates, Sunderland, USA, ISBN:0-87893-403-0.
- **Classification phylogénétique du vivant** G. Lecointre & H. Le Guyader, 2001 Belin ed.
- **Biologie et phylogénie des algues Tome 1** B. de Reviers, 2002, 352 pp. Belin ed. ISBN:2-7011-3083-2

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux

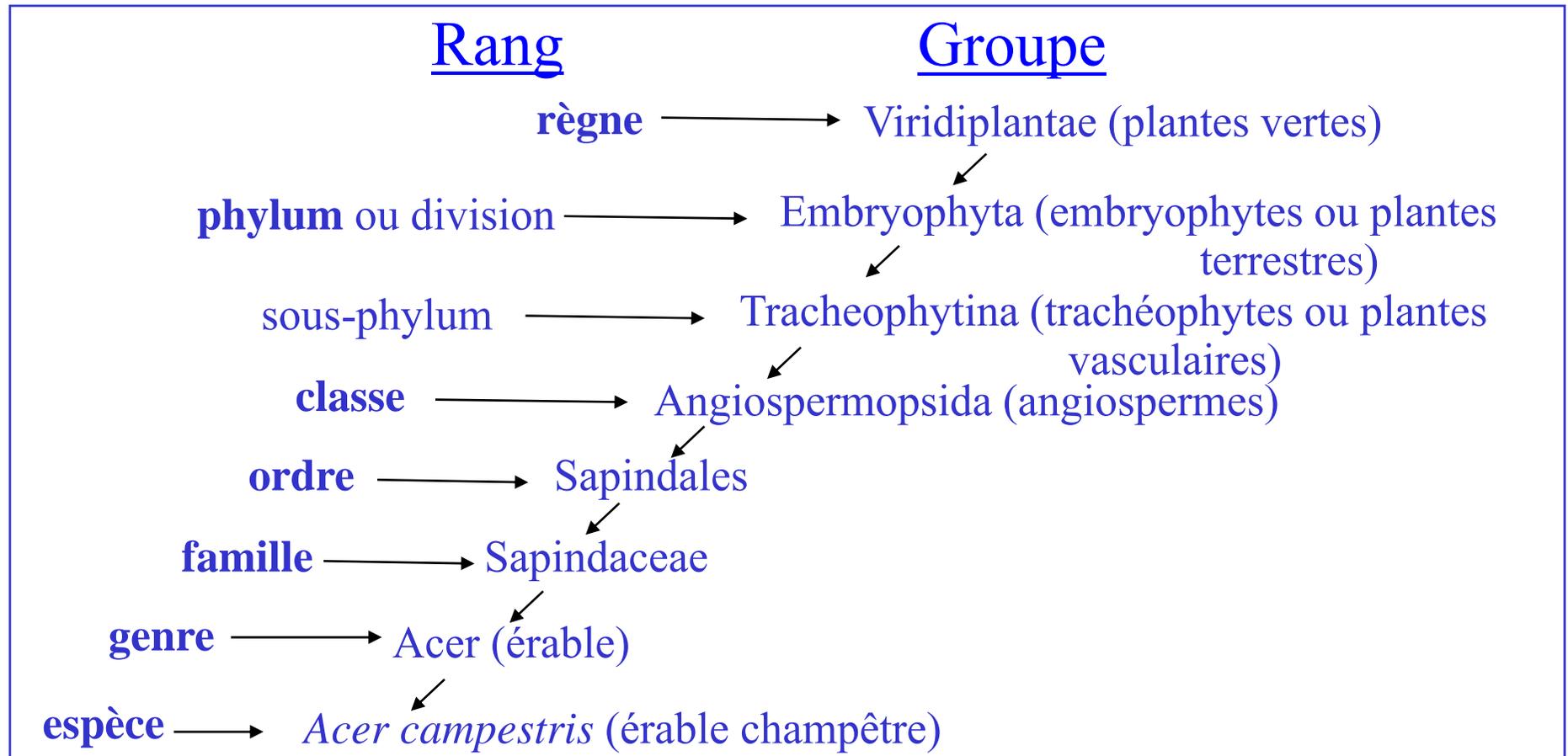
- 1.1. Evolution de la place des lignées végétales dans le monde du vivant
- 1.2. Classification phylogénétique: principes et méthodes
- 1.3. Classification phylogénétique des végétaux

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux

- Objectifs de la classification:
 - définir un **vocabulaire commun** → définition internationale non équivoque des noms d'**organismes**/de **groupes d'organismes**
 - assurer au max. la **cohérence** et la **stabilité** du vocabulaire
 - assurer la **valeur prédictive** de l'appartenance à un groupe d'organismes → informations sur **caractéristiques végétatives** et **reproductives** de l'organisme

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux

- Etapes de construction d'une classification
 1. **délimiter** et **nommer** les groupes d'organismes
 2. assigner un **rang** à chaque groupe d'organismes → classification **hiérarchique**



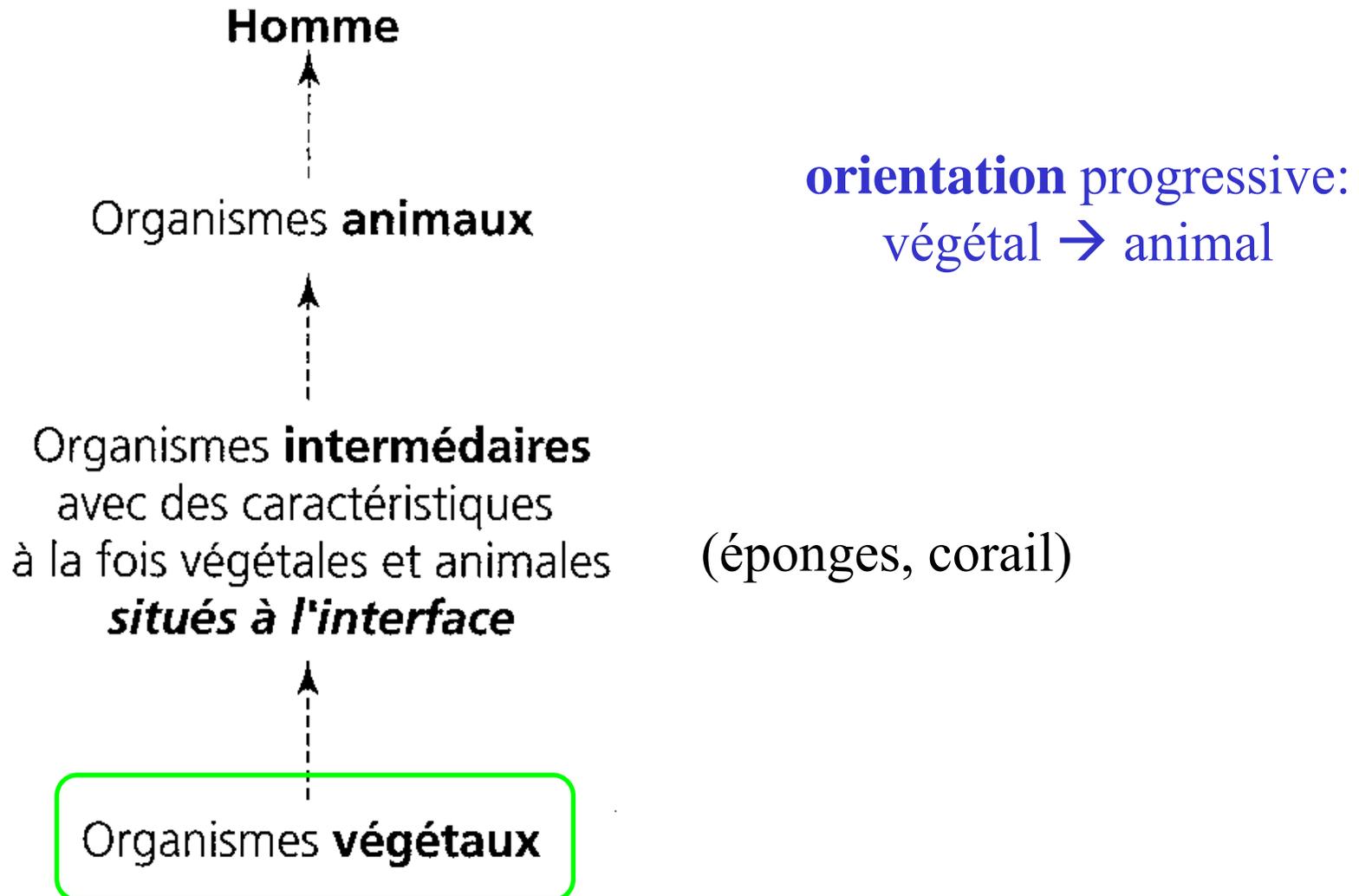
1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux

- Qu'est-ce qu'un végétal?
 - organisme immobile? (>< corail, éponges, anémones de mer)
 - organisme photosynthétique?
 - organisme vert chlorophyllien?
 - organisme appartenant au "règne végétal"?

- Historique de la classification des végétaux

1.1. Evolution de la place des lignées végétales dans monde vivant

La vision à 3 règnes du monde du vivant (Aristote)



1.1. Evolution de la place des lignées végétales dans monde vivant

La vision à 3 règnes du monde du vivant (→ 1^{ère} moitié XX^{ème} siècle)

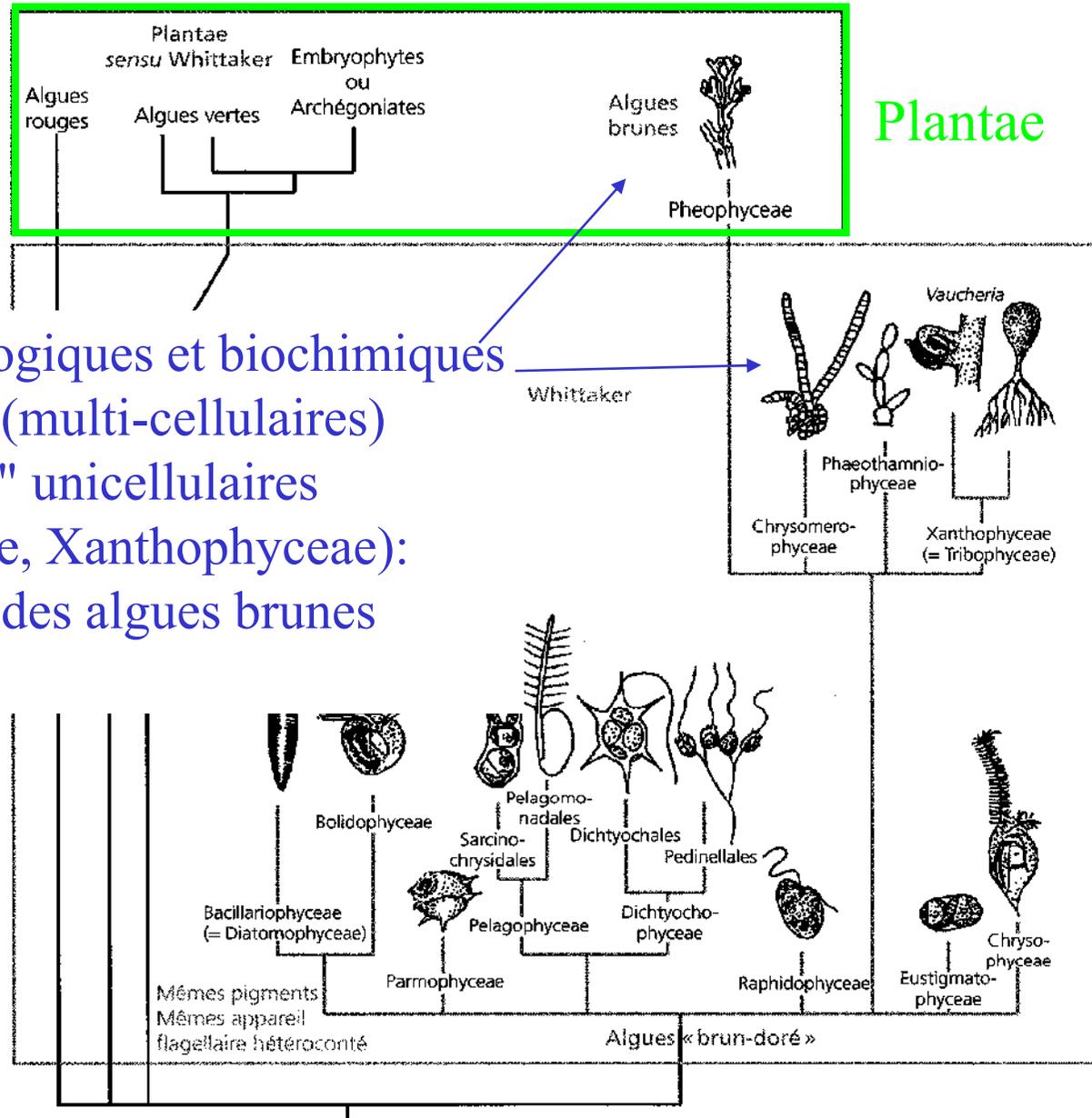
Procaryotes	Règne bactérien		Bactéries non photosynthétiques Bactéries photosynthétiques (bactériochlorophylle)	
	Eucaryotes	Règne végétal	Thallophytes	Algues procaryotes = <u>cyanobactér.</u> (photosynthétiques, chlorophylle a)
			Algues eucaryotes (photosynthétiques, chlorophylle a)	
		(Symbioses lichéniques = champignon + algue) (photosynthétiques, chlorophylle a)		
		<u>Champignons</u> (non photosynthétiques)		
	= <i>embryophytes</i> Cormophytes = <i>plantes terrestres</i>		Bryophytes (considérés comme non vasculaires) (photosynthétiques, chlorophylle a)	
			Trachéophytes (vasculaires) (photosynthétiques, chlorophylle a) <i>subdivisées en:</i> • Ptéridophytes (ni fleurs ni graines) • Spermaphytes (fleurs et graines) <i>divisées en:</i> – Gymnospermes (pas de fruit) – Angiospermes (fruit)	
	Règne animal	Protozoaires	(unicellulaires)	
		Métazoaires	(pluricellulaires)	

→ Règne végétal = groupe "hétérogène"

(tiré de Riviers, 2002)

1.1. Evolution de la place des lignées végétales dans monde vivant

Séparation entre Protista et Plantae dans le système à 5 règnes de Whittaker (1969)



→ affinités morphologiques et biochimiques entre algues brunes (multi-cellulaires) et algues "brun-doré" unicellulaires (Chrysomerophyceae, Xanthophyceae):

- spores flagellées des algues brunes
- pigments

(tiré de de Riviers, 2002)

1.1. Evolution de la place des lignées végétales dans monde vivant

Caractérisation morphologique/biochimique détaillée →
impasse car ≠ critères peuvent suggérer des regroupements ≠

→ Ordre? Critère universel?

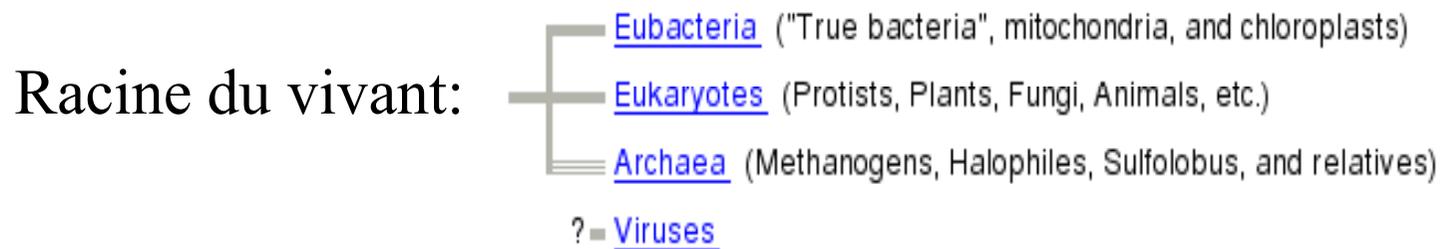
→ **relations phylogénétiques** → adoption de la

classification phylogénétique

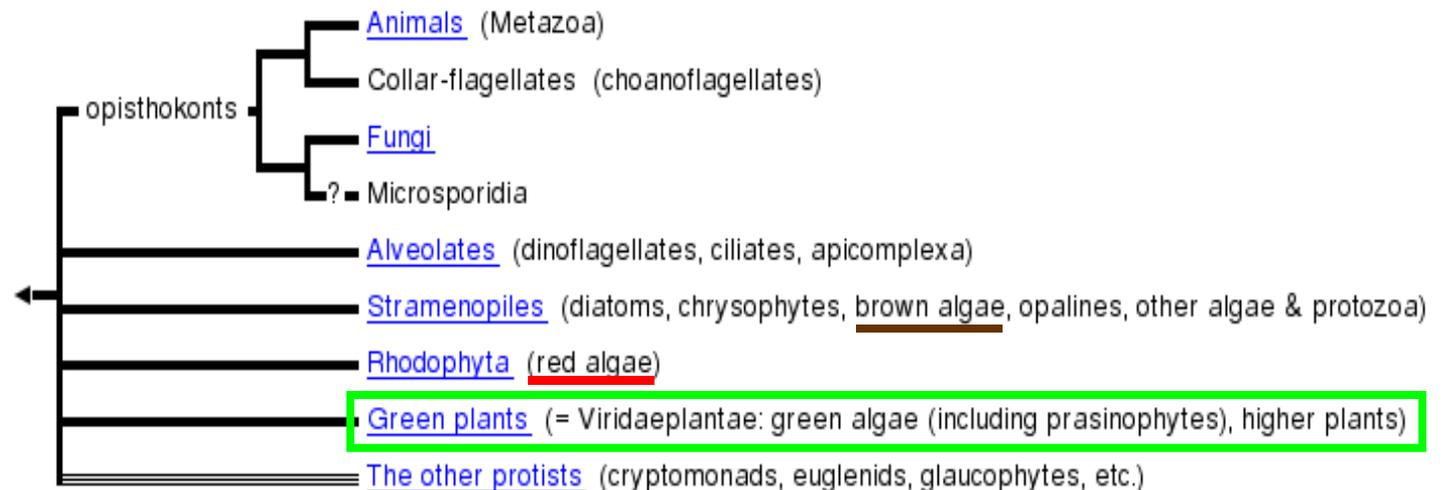
1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

- Principe de base: **évolution biologique** \Rightarrow **tous êtres vivants ont un ancêtre commun** \Rightarrow reliés par branches \rightarrow **arbre phylogénétique du vivant**

(cf. "Tree of life": <http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>)



Eucaryotes:



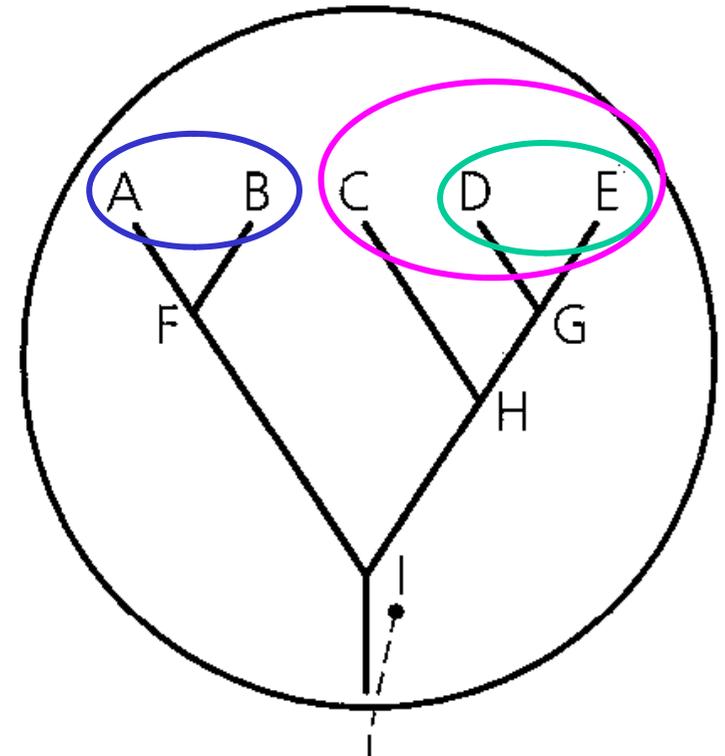
1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Groupe "homogène" = groupe **monophylétique**:

Définition: Un groupe monophylétique est un groupe de taxons qui comprend de manière exhaustive **tous les descendants d'un ancêtre**
→ appelé un **clade**

→ introduction de notions **phylogénétiques** dans la classification

Groupes monophylétiques



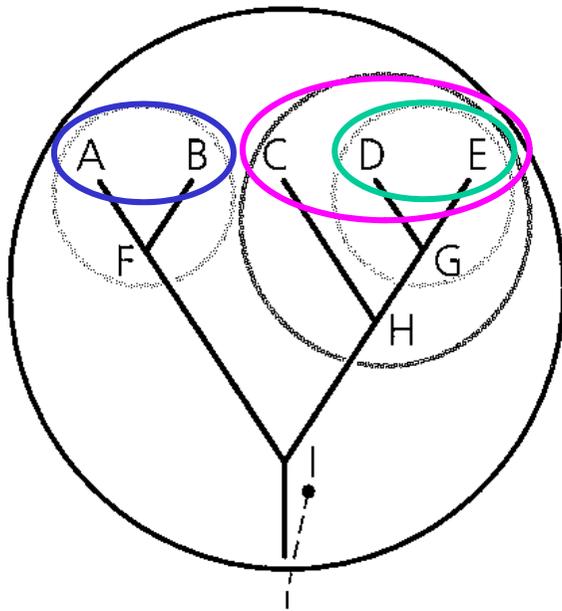
Un ancêtre commun (I).

1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Groupe "hétérogène" = groupe **polyphylétique**:

déf. Un groupe polyphylétique est un groupe de taxons qui ne possèdent **pas d'ancêtre commun direct**

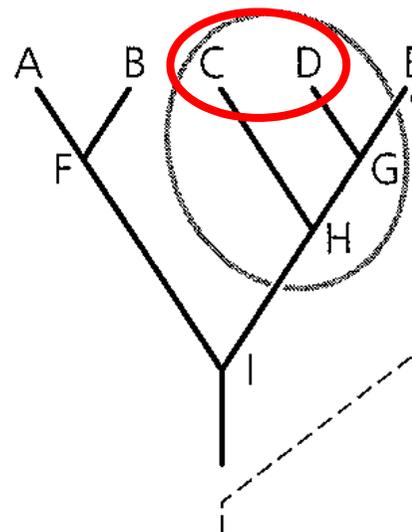
Groupes monophylétiques



Un ancêtre commun (I).
Tous les descendants
de cet ancêtre.

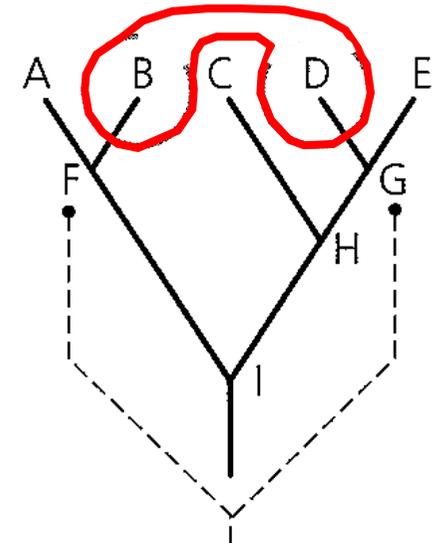
Groupes non monophylétiques

Paraphylétiques



Il manque des
descendants (E).

Polyphylétiques



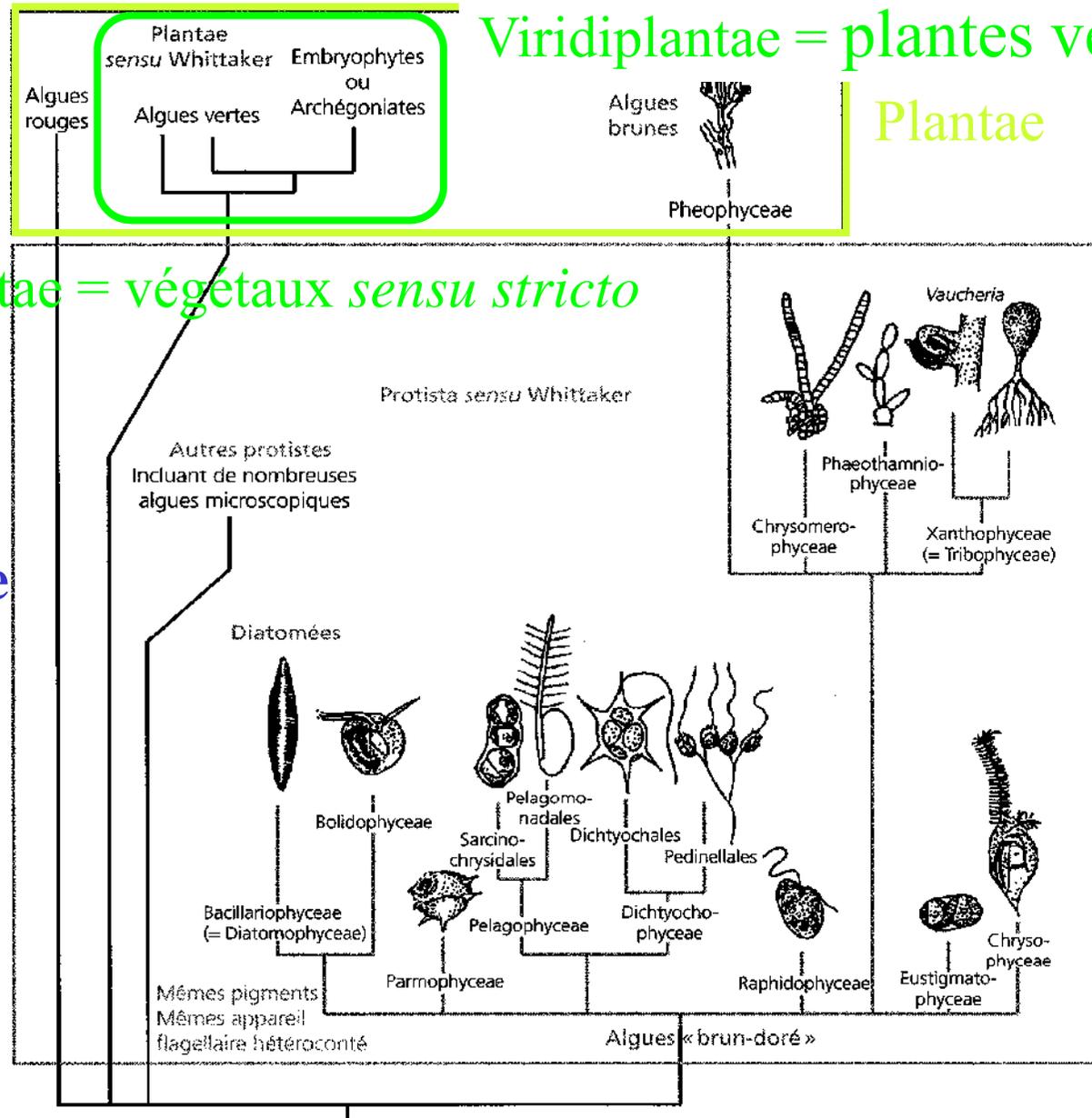
Pas d'ancêtre
commun direct
pour F et G.

1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Séparation entre Protista et Plantae dans le système à 5 règnes de Whittaker (1969)

→ règne Plantae = polyphylétique

→ Règne Viridiplantae = plantes vertes = groupe monophylétique
 - groupes d'"algues vertes"
 - Embryophytes = plantes terrestres



(tiré de de Riviers, 2002)

Introduction à la classification des végétaux: évolution de la place des lignées végétales dans monde vivant

- Anciens "règne végétal" ou "Plantae" → dénominations rejetées car polyphylétiques (→ **végétaux** *sensu lato*)
- Groupe monophylétique le plus large → **règne "Viridiplantae" = plantes vertes** {algues vertes + Embryophytes (= pl. terrestres)} → **végétaux s.s.** (réponse à question "qu'est-ce qu'un végétal"?)
- Ne font pas partie des Viridiplantae (même si étudiés dans ce cours) :
 - **Cyanophytes** = algues **bleues** (cyanobactéries) \subset domaine des Bacteria
 - **Eumycota** = champignons \subset règne Opisthokonta (+ animaux)
 - **Rhodophytes** = algues **rouges**
 - **Phaeophytes** = algues **brunes** \subset groupe des Stramenopiles (+ diatomées)

1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Distinction entre

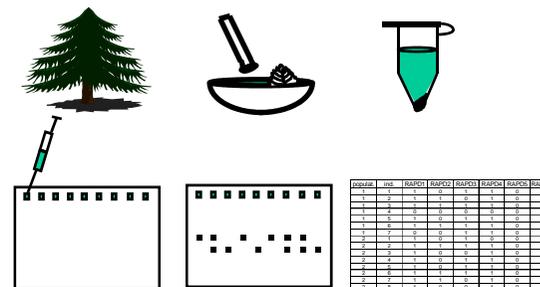
- **Floristique** → inventaire et identification des espèces
- **Classification** → forme des groupes hiérarchiques d'espèces

- **Critères** → floristique: **morphologie externe**
- **Critères** → classification: **séquences ADN** (morphologie ext., anatomie, caract. biochimiques)

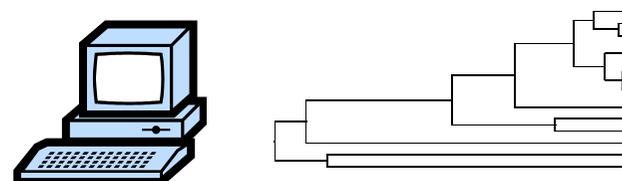
1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Les méthodes de la systématique moléculaire

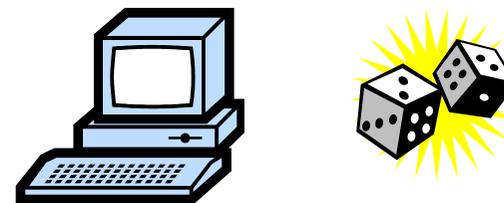
A. Acquisition de données moléculaires
(séquences d'ADN)



B. Reconstructions phylogénétiques



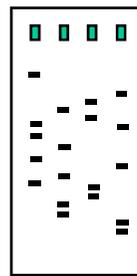
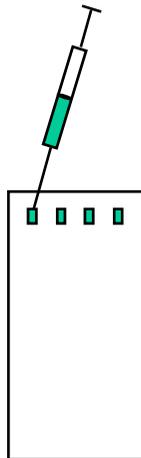
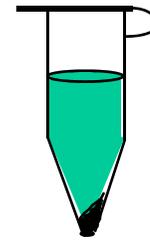
C. Test de robustesse des reconstructions
phylogénétiques



1.2. Classification phylogénétique: principe et méthodes

Les méthodes de la systématique moléculaire

A. Acquisition de données moléculaires (séquences d'ADN)

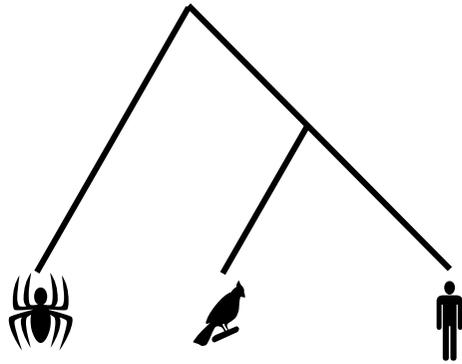


...AGACTTACGG...

Les méthodes de la systématique moléculaire:

A. Acquisition de données moléculaires

- Comparaison de séquences ADN entre elles:



Alignement de séquences partielles du gène X

🕷️	AGC	AGT	ACC	TAA	CAC	TAG
🐦	AGC	TGA	ACC	TTA	AAG	TAT
🧑	AGC	TGA	ACT	TTA	AAC	TAT

Calcul de p = **proportion de différences nucléotidiques** entre 2 séquences
 = **distance génétique**

Comparaisons:

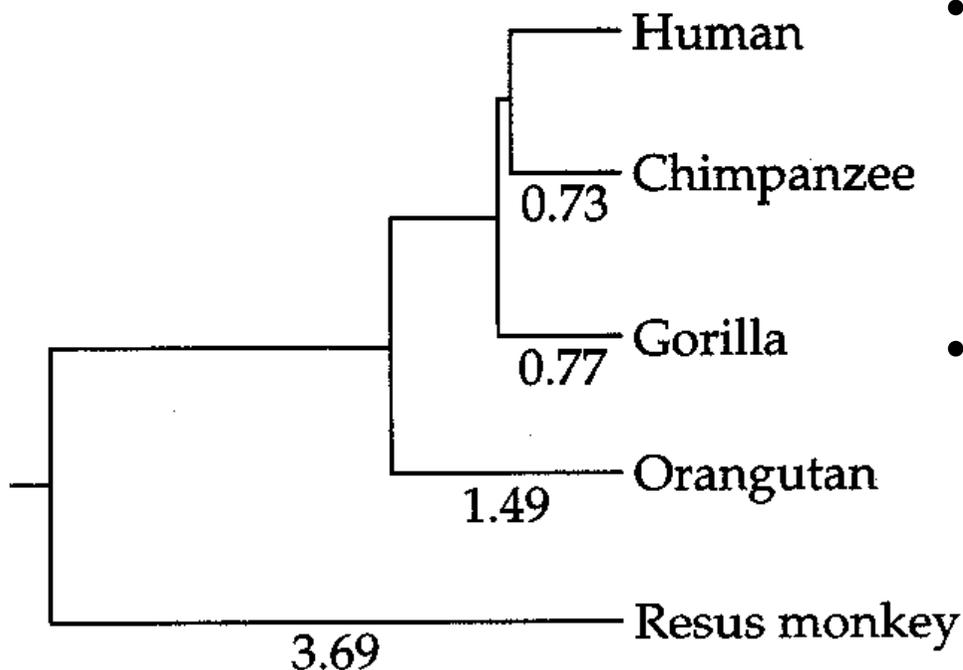
🐦 \Leftrightarrow 🧑 : 2 sites nucléot. $\neq \rightarrow p = 2/18 = 0.111 = 11.1 \%$

🕷️ \Leftrightarrow 🧑 : 6 sites nucléot. $\neq \rightarrow p = 6/18 = 0.333 = 33.3 \%$

Les méthodes de la systématique moléculaire:

B. Méthodes de reconstruction phylogénétique

- Comparaison des **séquences d'ADN homologues** au sein d'un échantillon d'espèces \Rightarrow élaboration d'un **arbre phylogénétique**

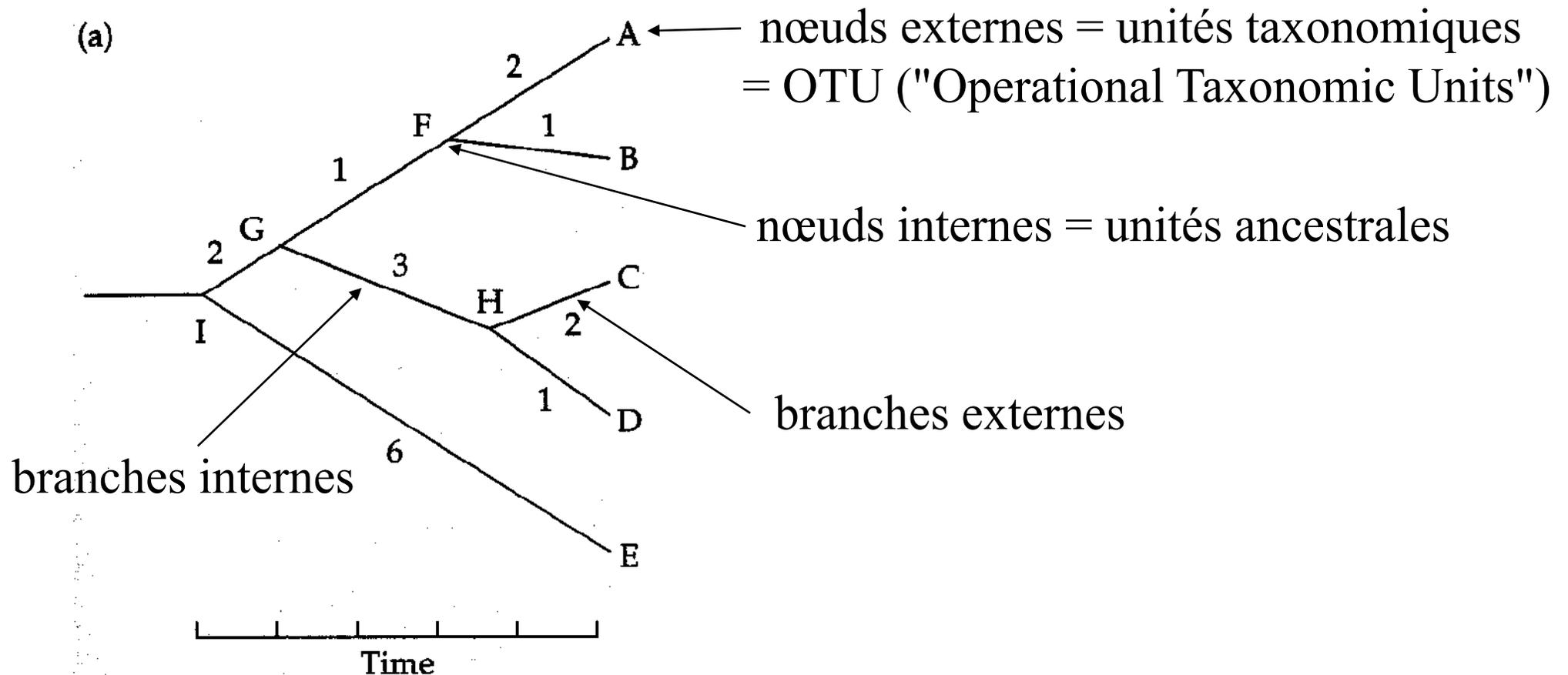


- Méthodes des **distances génétiques**:
 - construction progressive de l'arbre phylogénétique
- Méthodes de **maximum de parcimonie/vraisemblance**:
 - Exploration d'arbres
 - Calcul d'un score
 - Choix de l'arbre avec le meilleur score

B. Méthodes de reconstruction phylogénétique

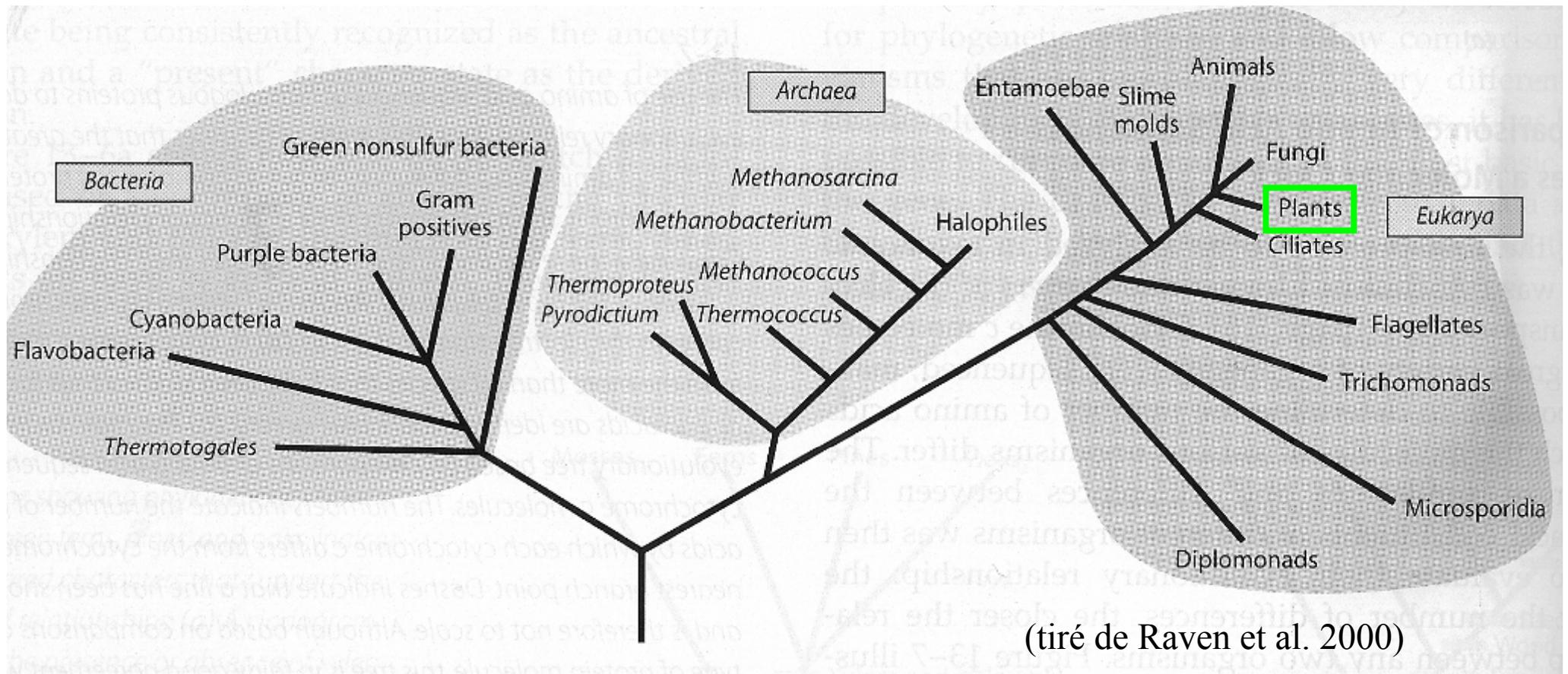
Représentation d'un **arbre phylogénétique**

- **nœuds**: A, B, C,...I (nombre de nœuds = $2m-1$)
- **branches**: FA, FB, IG,... (nombre branches = $2m-2$)



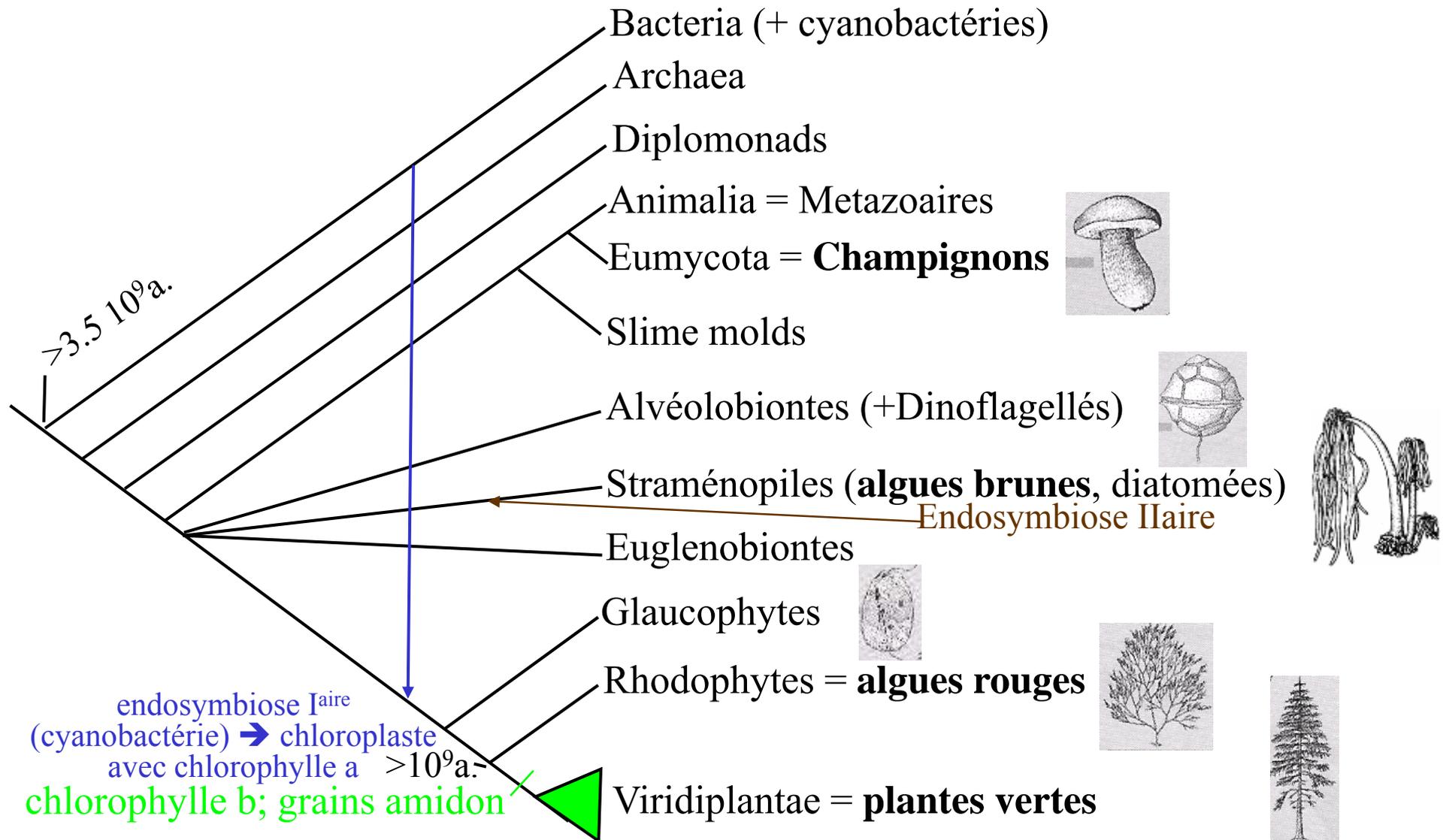
1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- Les 3 **domaines** de Woese
 - séquences petite sous-unité ARN ribosomique



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

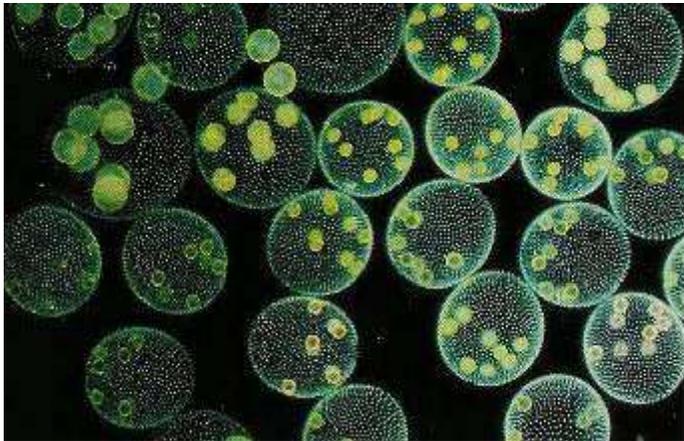
- Arbre phylogénétique du vivant simplifié



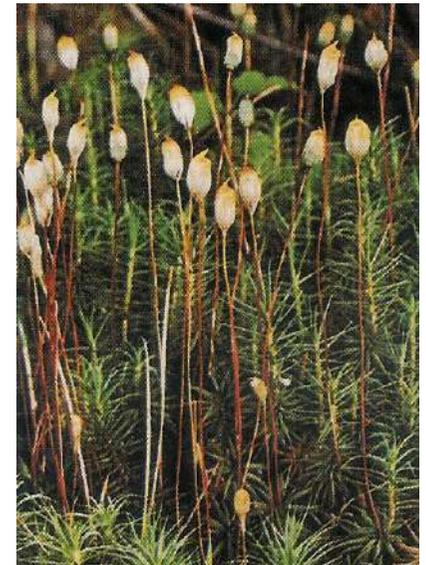
1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- Rappel: Objectifs de la classification
 - définir un **vocabulaire commun**
 - assurer une **stabilité** du vocabulaire
 - assurer la **valeur prédictive** de l'∈ à un groupe d'organismes
- Ex.1. Règne des **Viridiplantae** = plantes vertes (= *chlorobiontes*)
 - contient: {"algues vertes s.l." + Embryophytes (= pl. terrestres)}
 - caractères prédictifs: présence **chlorophylle a & b**; stockage carbohydrates
→ **grains d'amidon**
 - apparaît il y a 1 10⁹ ans

Volvox ∈
Chlorophytes =
algues vertes s.s.

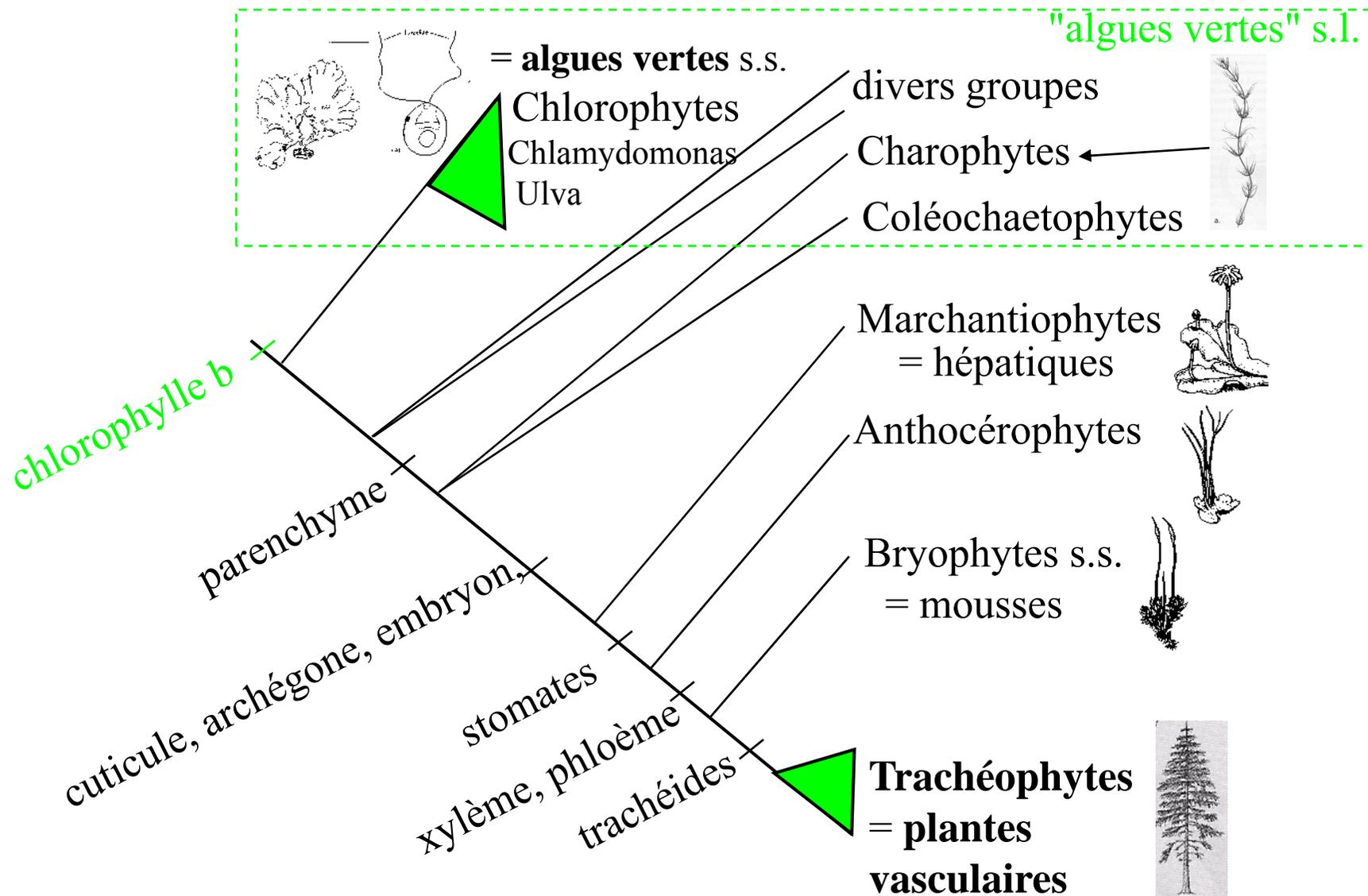


Polytrichum ∈
Embryophytes
(Bryophytes s.s.
= mousses)



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

Arbre phylogénétique des Viridiplantae = plantes vertes



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- groupe "Algues vertes" s.l. → **paraphylétique**
 - contient:
 - Chlorophytes = algues vertes s.s. → groupe monophylétique
 - Charophytes et apparentés = plusieurs clades phylogénétiquement plus proches des Embryophytes que des Chlorophytes

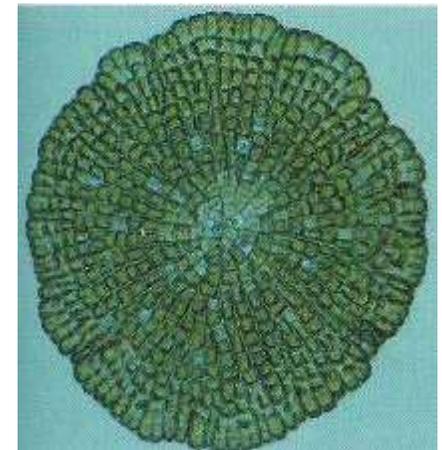
Ulva ∈
Chlorophytes



Chara ∈
Charophytes

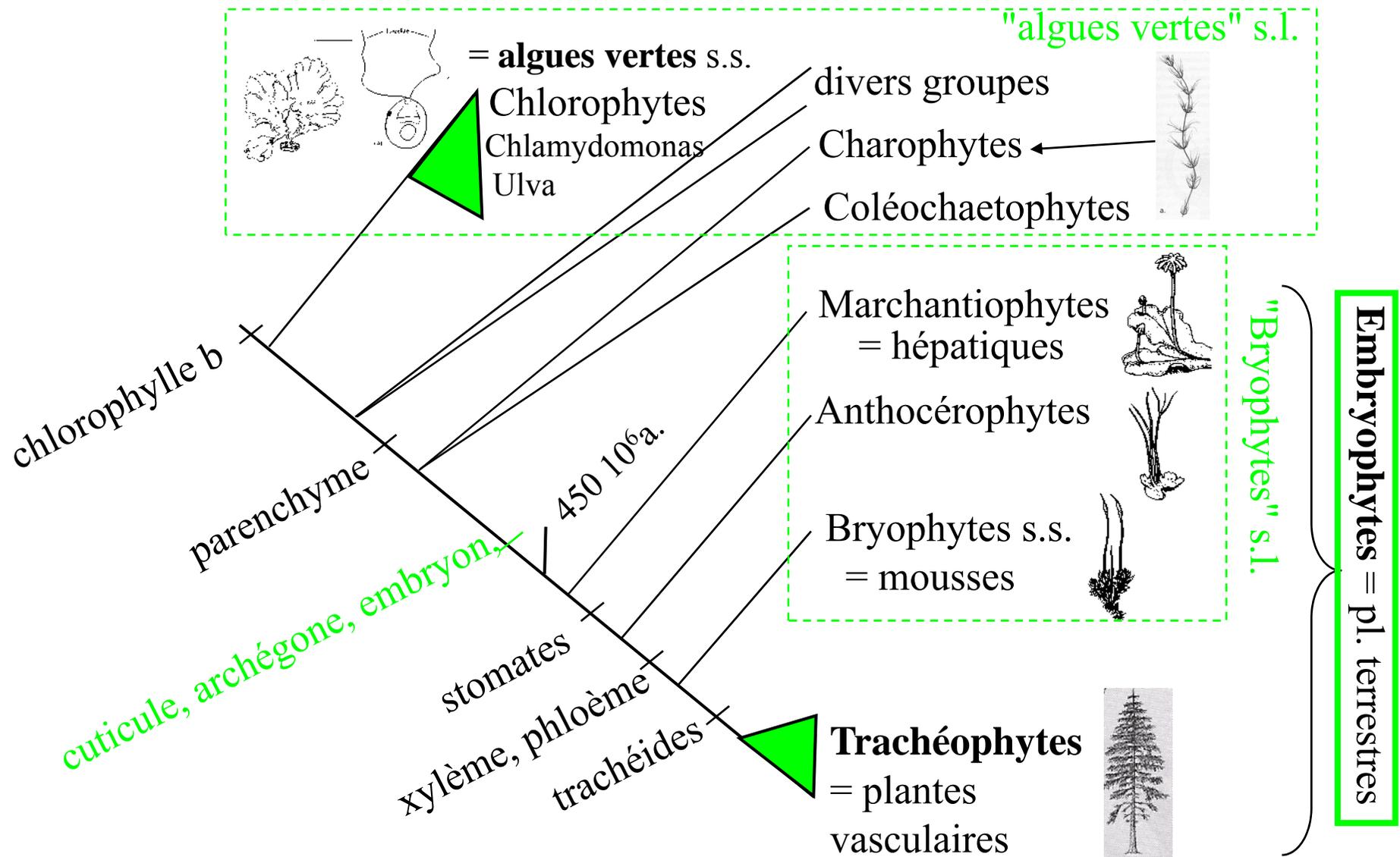


Coleochaete ∈
Coléochaetophytes



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

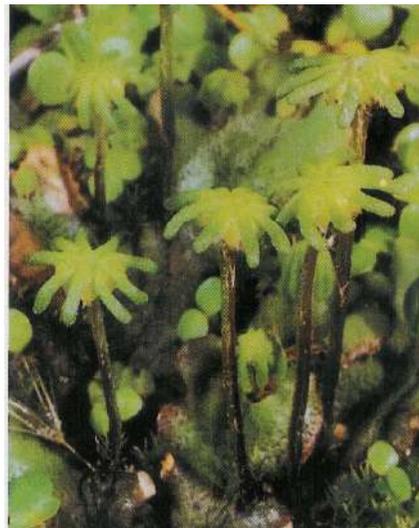
Arbre phylogénétique des Viridiplantae = plantes vertes



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- Ex.2. Phylum des **Embryophytes** = plantes terrestres (= *Cormophytes*)
 - contient: {"Bryophytes s.l." + Trachéophytes (= pl. vasculaires)}
 - caractères prédictifs: \exists stade **embryon** \rightarrow développement du sporophyte; \exists structures reproductives multicellulaires (**anthéridies, archégonies, sporanges**); \exists **cuticule** (cire \rightarrow épiderme)
 - terme Embryophyte préférable à "plante terrestre" car \exists "algues terrestres"
 - apparaît il y a 450 10^6 ans

Marchantia \in
Bryophytes s.l.
 \rightarrow Marchantiophytes
(= hépatiques)



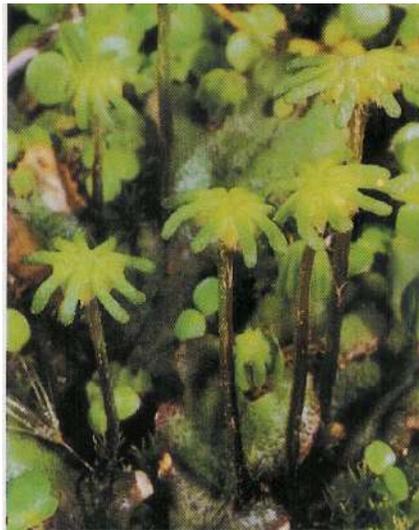
Heracleum \in
Trachéophytes
(Angiosperme
Apiaceae
= Ombellifère)



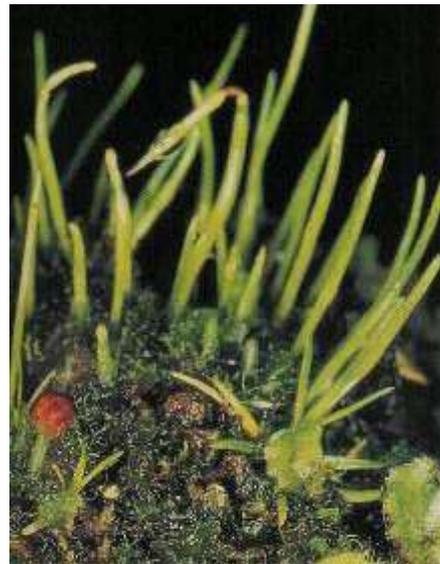
1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- groupe "Bryophytes s.l." → **paraphylétique**
 - contient:
 - Marchantiophytes = hépatiques (angl. *liverworts*)
 - Anthocérophytes (angl. *hornworts*) ← (stomates)
 - Bryophytes s.s. = mousses ← (xylème/phloème)

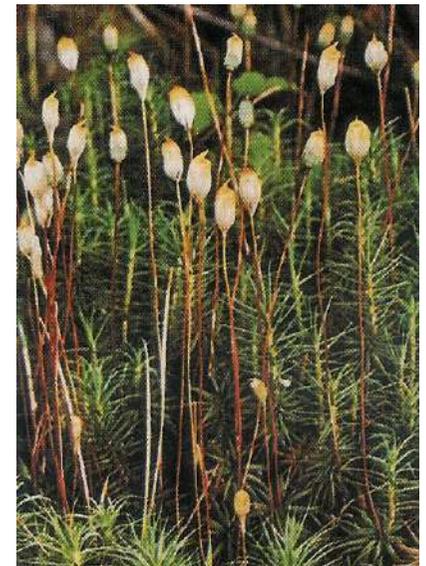
Marchantia ∈
Marchantiophytes
(= hépatiques)



Anthoceros ∈
Anthocérophytes

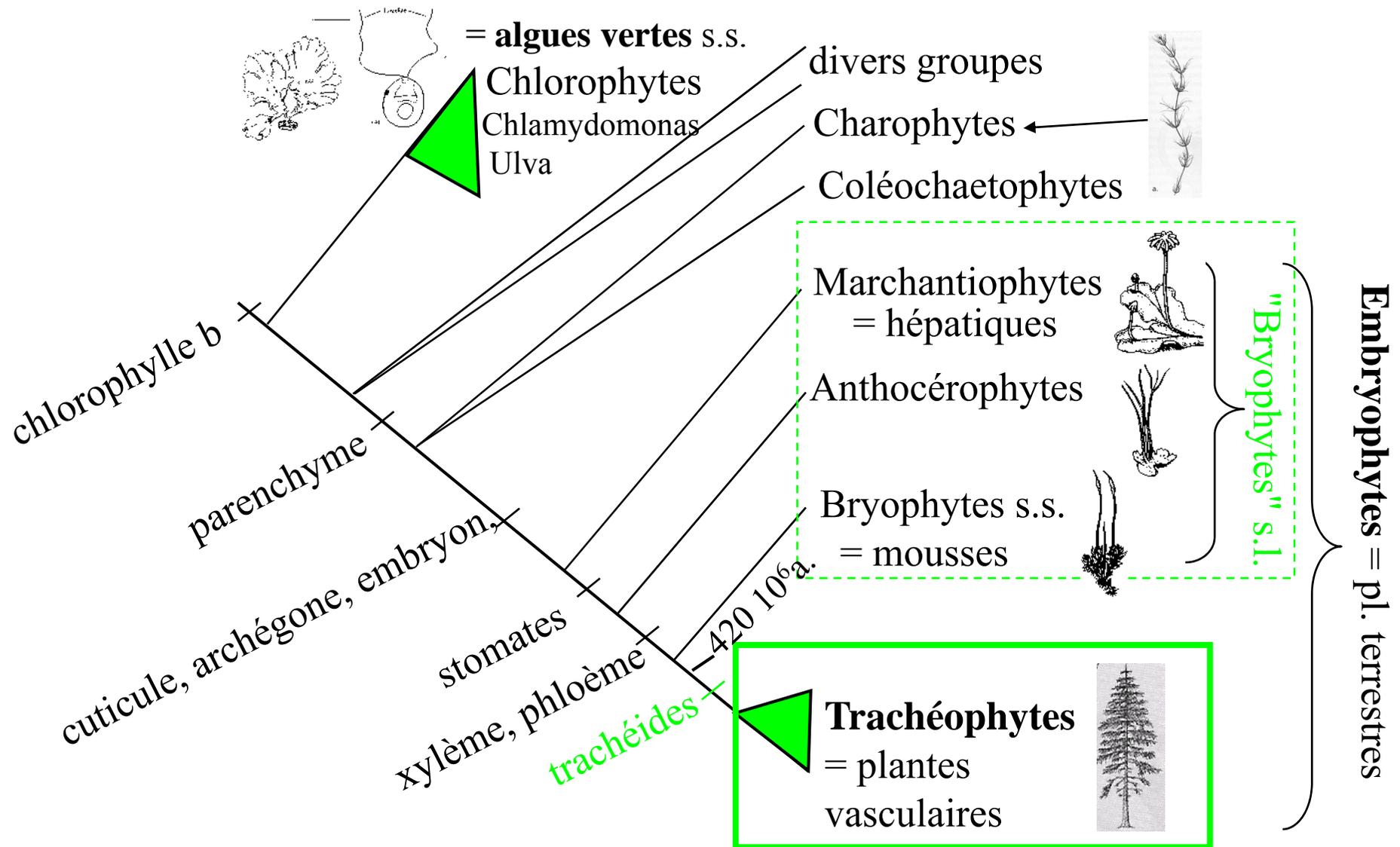


Polytrichum ∈
Bryophytes s.s.
(= mousses)



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

Arbre phylogénétique des Viridiplantae = plantes vertes



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

- Ex.3. Sous-phylum des **Trachéophytes** = plantes vasculaires
 - contient: {Lycophytes + "Ptéridophytes s.l." (= fougères) + Spermaphytes (= pl. à graines)}
 - caractères prédictifs: \exists **tissu vasculaire**; \exists xylème avec **trachéïdes**
 - apparaît il y a 420 10⁶ ans

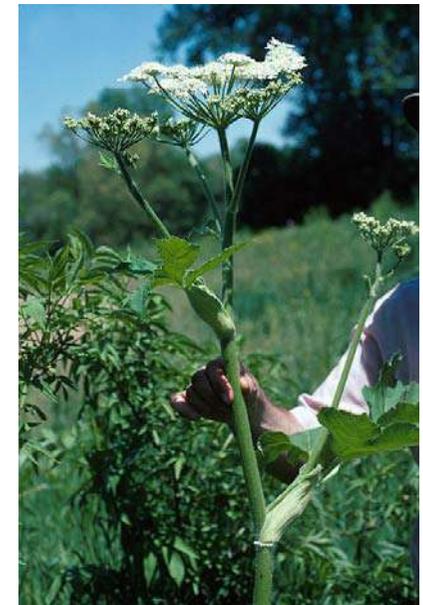
Selaginella \in
Lycophytes



Dryopteris \in
Ptéridophytes s.l.



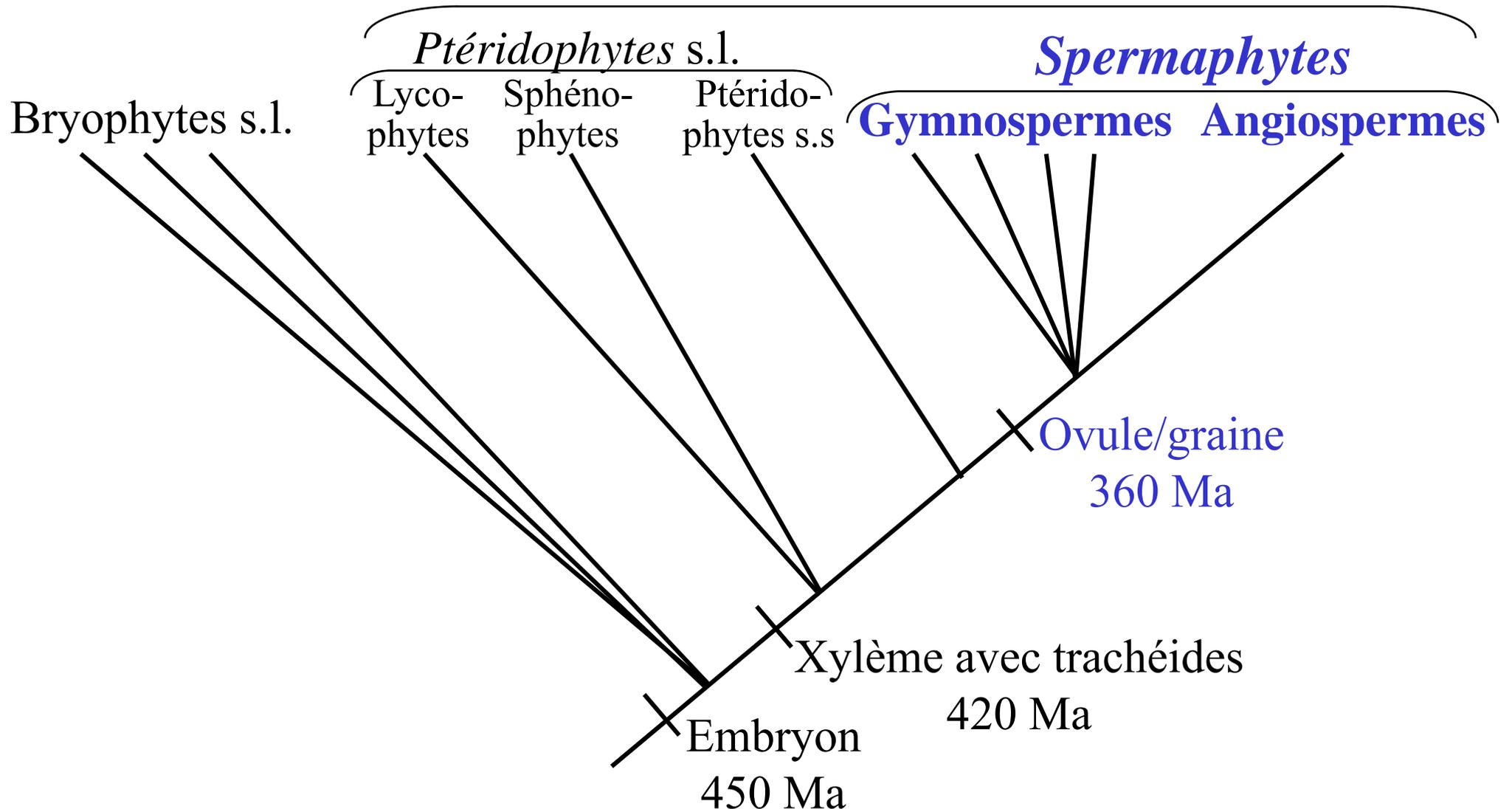
Heracleum \in
Spermaphytes



1.3. Classification phylogénétique des végétaux

Diversification des Embryophytes

Trachéophytes



BV2: Biologie Végétale 2

Plan du cours

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux
2. L'origine des plastes: théorie de l'endosymbiose *Y. Lemoine*
3. Le groupe des champignons *J.-L. Hilbert*
4. Les groupes d'algues: *A. Créach; F. Gevaert*
5. Les Trachéophytes I: "Ptéridophytes *s.l.* "
A.-S. Blervacq/M.-H. Bouchet
6. Les Trachéophytes II: Spermaphytes *X. Vekemans/L. Amsellem*

BV2: Biologie Végétale 2

Enseignants: **X. Vekemans** et **M.-H. Bouchet** (responsables);
L. Amsellem; A. Créach; F. Gevaert; J.-L. Hilbert;
Y. Lemoine

Responsable T.D./T.P.: **M.-H. Bouchet**



Prof. Xavier Vekemans:
bureau SN2.203

xavier.vekemans@univ-lille1.fr

Support pédagogique disponible sur <http://www.univ-lille1.fr/gepv>
→ choisir lien "**Ressources pédagogiques**"

BV2: Biologie Végétale 2

Plan du cours

1. Introduction. Classification phylogénétique des végétaux
2. L'origine des plastes: théorie de l'endosymbiose *Y. Lemoine*
3. Le groupe des champignons *J.-L. Hilbert*
4. Les groupes d'algues: *A. Créach; F. Gevaert*
5. Les Trachéophytes I: "Ptéridophytes"
A.-S. Blervacq/M.-H. Bouchet
6. Les Trachéophytes II: Spermaphytes *X. Vekemans/L. Amsellem*

BV2: Biologie Végétale 2

Objectifs du cours

Exploration de la **diversité du monde végétal** au travers de son **organisation taxonomique**

- Évolution des **appareils végétatifs**
- Évolution des **modes de reproduction**

6. Les embryophytes II: Spermaphytes

6.1. La reproduction chez les spermaphytes: L. Amsellem

6.2. Evolution chez les Gymnospermes: X. Vekemans

6.3. Evolution chez les Angiospermes: X. Vekemans

6.2. Evolution chez les Gymnospermes

6.2.1. Origine des Gymnospermes

6.2.2. Les 4 embranchements actuels de Gymnospermes

6.2.1. Origine des Gymnospermes

- Règne des **Viridiplantae** = plantes vertes
 - Phylum des **Embryophytes** = cormophytes = plantes terrestres
 - Sous-phylum des **Trachéophytes** = plantes vasculaires
 - Embranchement des **Spermaphytes**
 - » Classe des **Gymnospermes**
 - » Classe des **Angiospermes**

Taxus (if) ∈
Gymnospermes

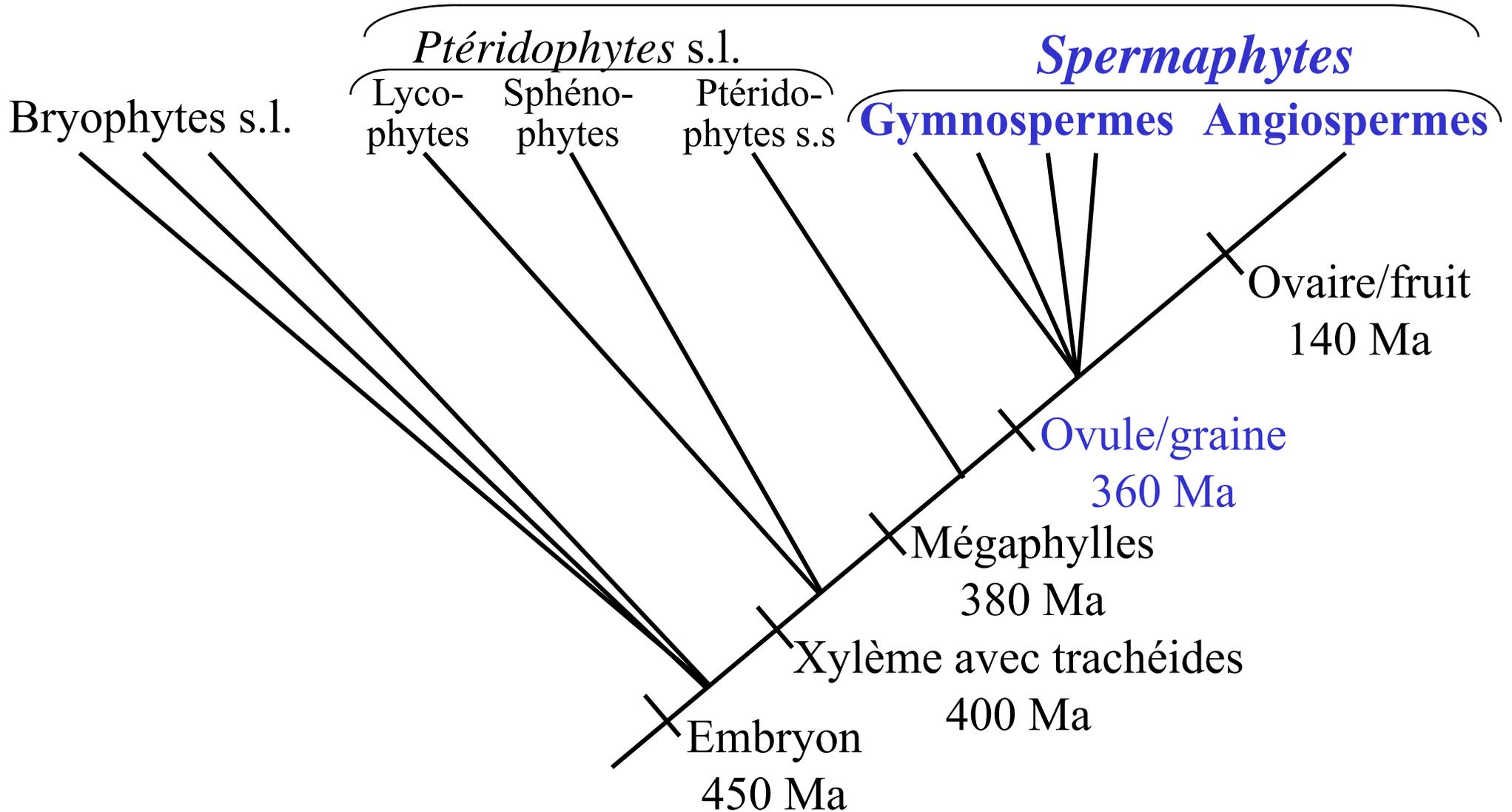


Heracleum ∈
Angiospermes



6.2.1. Origine des Gymnospermes

Les étapes majeures de l'évolution des Spermaphytes
Trachéophytes

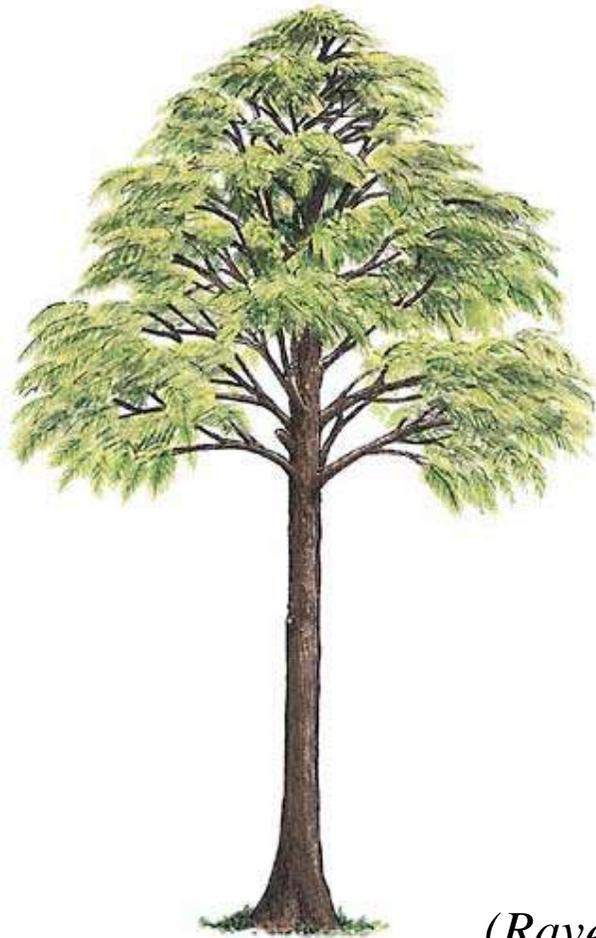


6.2.1. Origine des Gymnospermes

- Ancêtres les plus directs seraient les **Progymnospermes**:
 - Arbres fossiles apparus au Dévonien et éteints au Carbonifère (-380 à -340 Ma): ex. *Archaeopteris*
 - **Caractères évolués**: arbres avec structure "eustèle" de la tige, **cambium**, xylème secondaire
 - **Caractères primitifs**: feuillage = port de fougères arborescentes; reproduction par **spores**

6.2.1. Origine des Gymnospermes

Progymnospermes: *Archaeopteris* (-380 à -340 Ma)

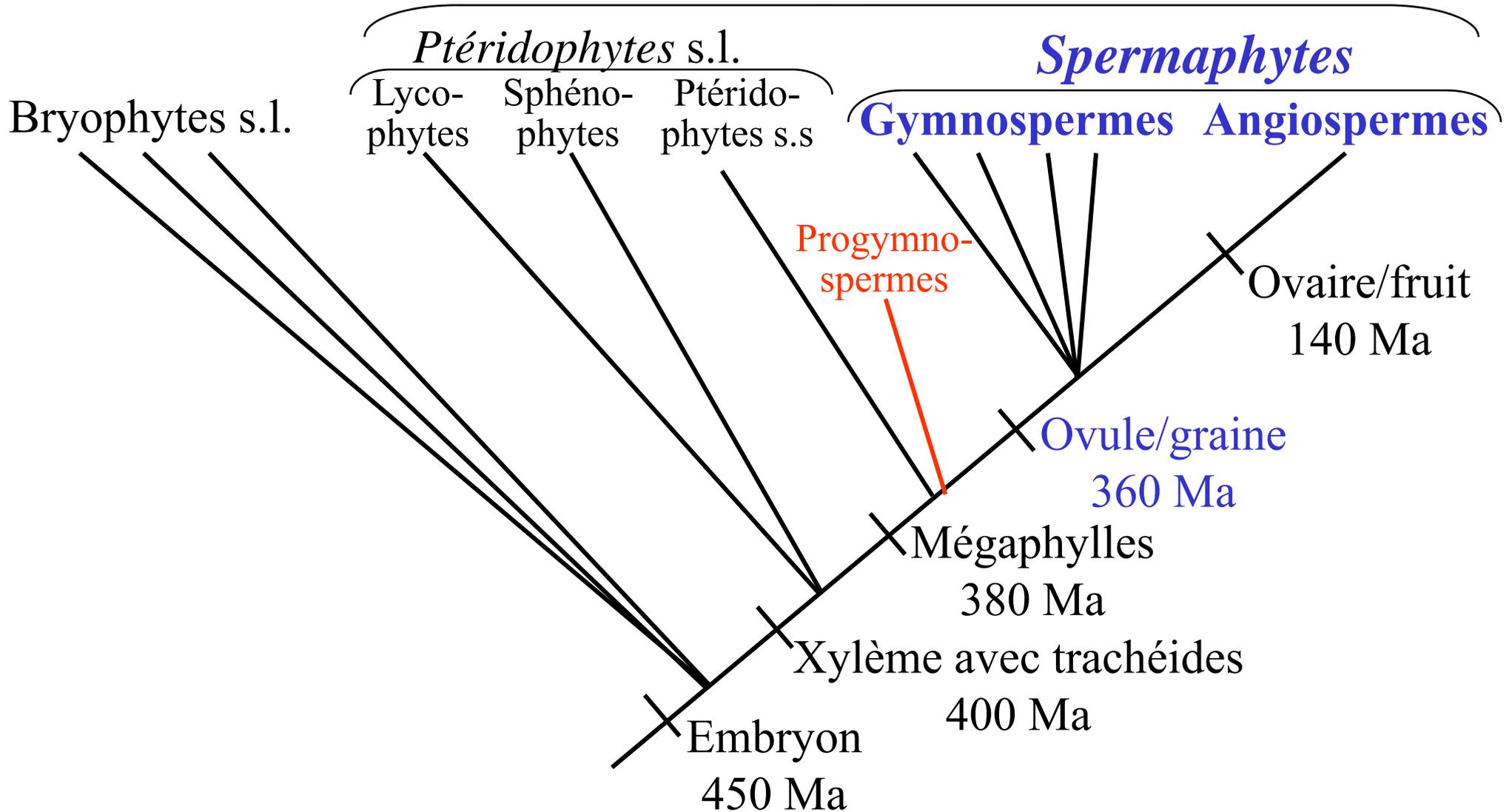


(Raven et al., 1999)



6.2.1. Origine des Gymnospermes

Les étapes majeures de l'évolution des Spermaphytes
Trachéophytes



6.2.1. Origine des Gymnospermes

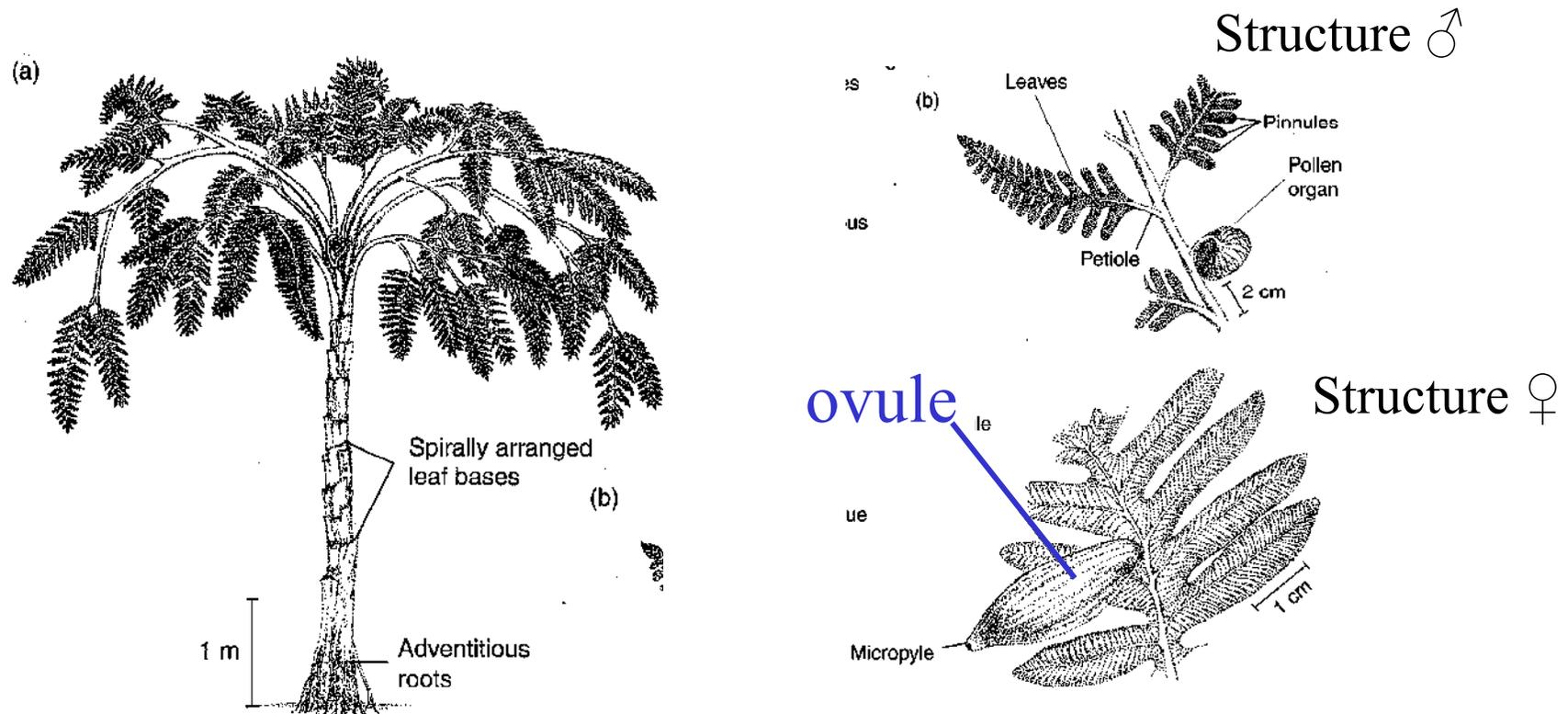
- Les premiers Gymnospermes:
 - **Pteridospermophytes** (=Ptéridospermales): "**fougères à graines**"
 - groupe fossile
 - apparition vers -360 Ma (fin Dévonien); extinction vers -150 Ma (fin Jurassique)
 - port de fougères arborescentes
 - ovules primitifs présents → **graines**
 - spermatozoïdes **ciliés**
 - embryon se développe souvent après la dispersion de l'ovule fécondé (**graine aembryonnée**)

6.2.1. Origine des Gymnospermes

- Les premiers Gymnospermes:

– **Pteridospermophytes** (=Ptéridospermales): "fougères à graines"

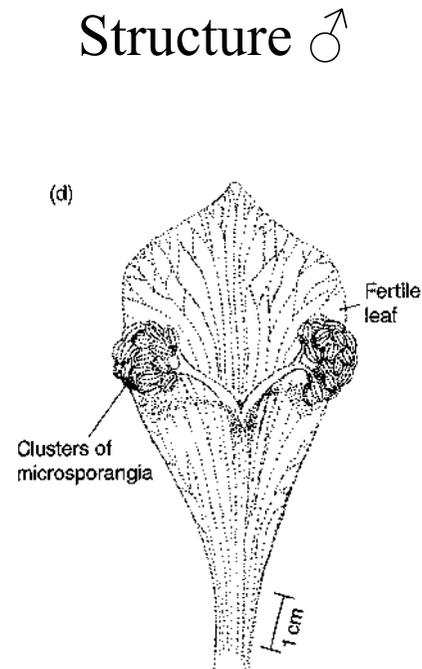
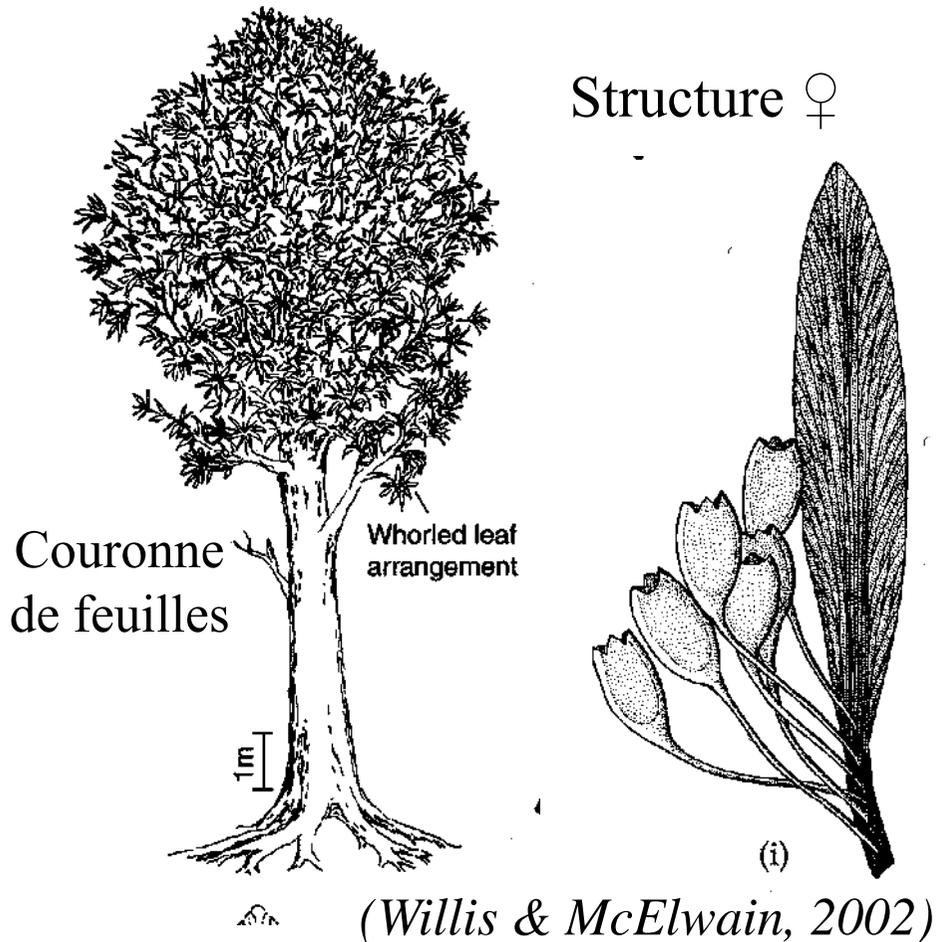
Ptéridosperme primitif: *Medullosa*



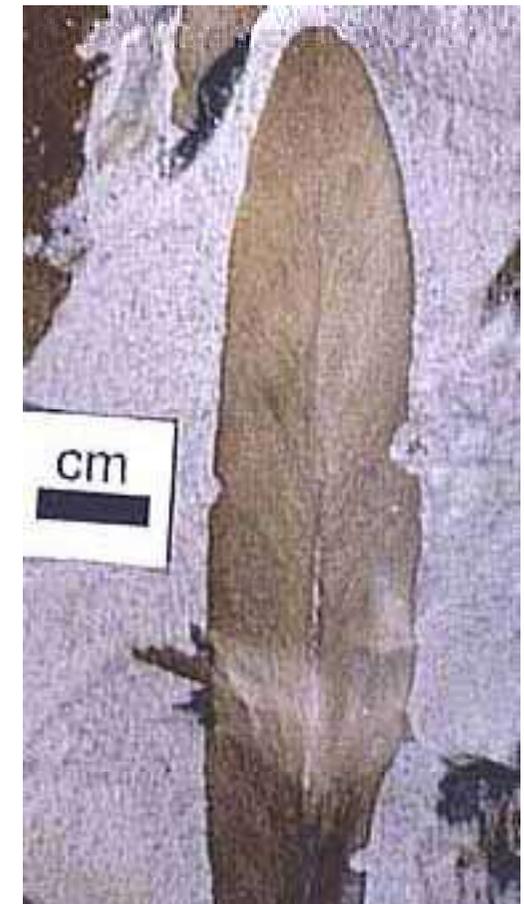
(Willis & McElwain, 2002)

6.2.1. Origine des Gymnospermes

- Les premiers Gymnospermes:
 - **Pteridospermophytes (=Ptéridospermales): "fougères à graines"**
Ptéridosperme à large distribution australe: *Glossopteris*



fossile de feuille

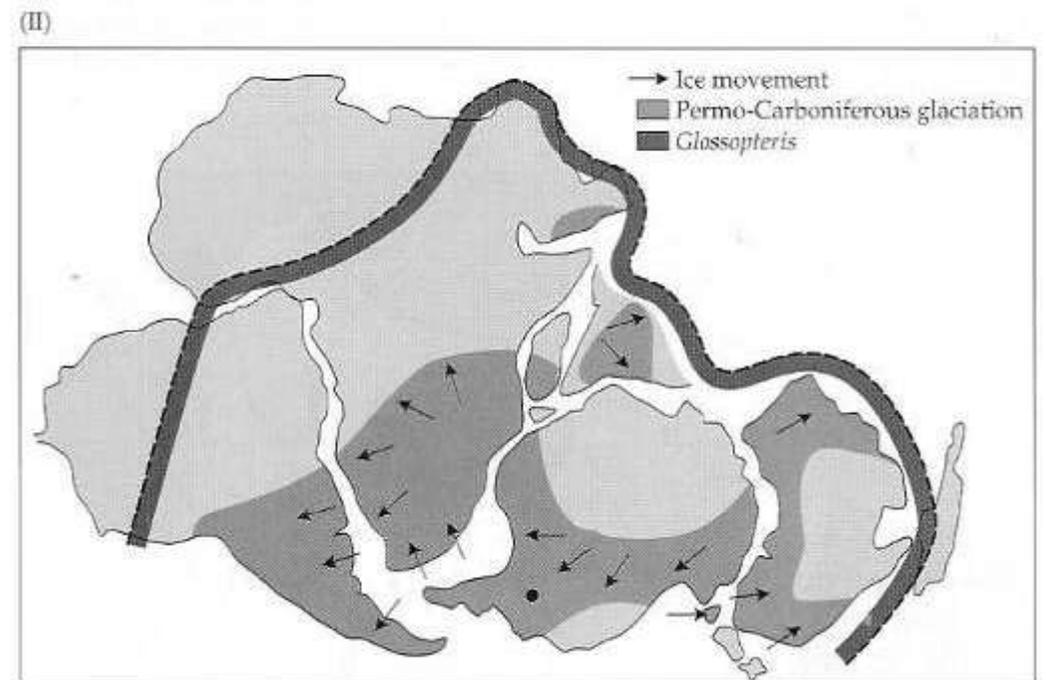
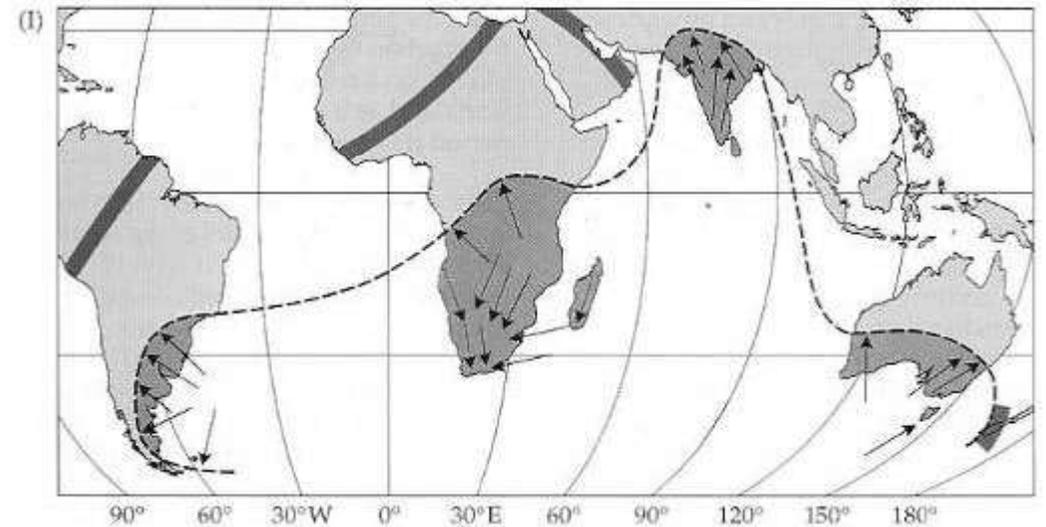


6.2.1. Origine des Gymnospermes

Evolution des masses terrestres

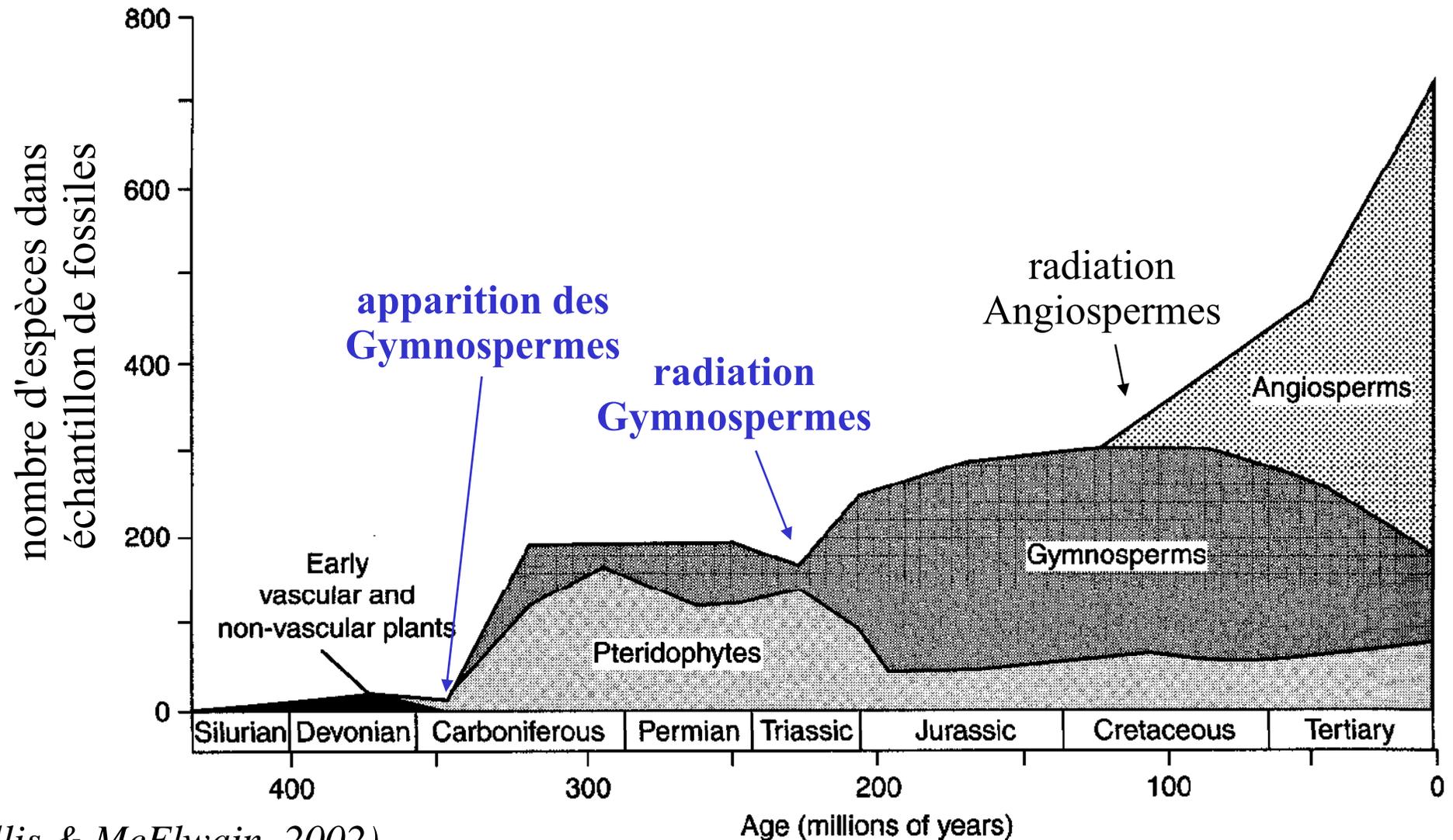
- Flore à *Glossopteris*: "fougère à graine" fossile de climat froid
 - fossiles de *Glossopteris* → plusieurs continents dans l'hémisphère sud (+ Inde)
 - cohérent avec l'hypothèse de **dérive des continents**
 - forme de la limite des fossiles de *Glossopteris* est cohérente avec distribution des glaciers au sein du **Gondwana**

(Brown & Lomolino, 1998)



6.2.1. Origine des Gymnospermes

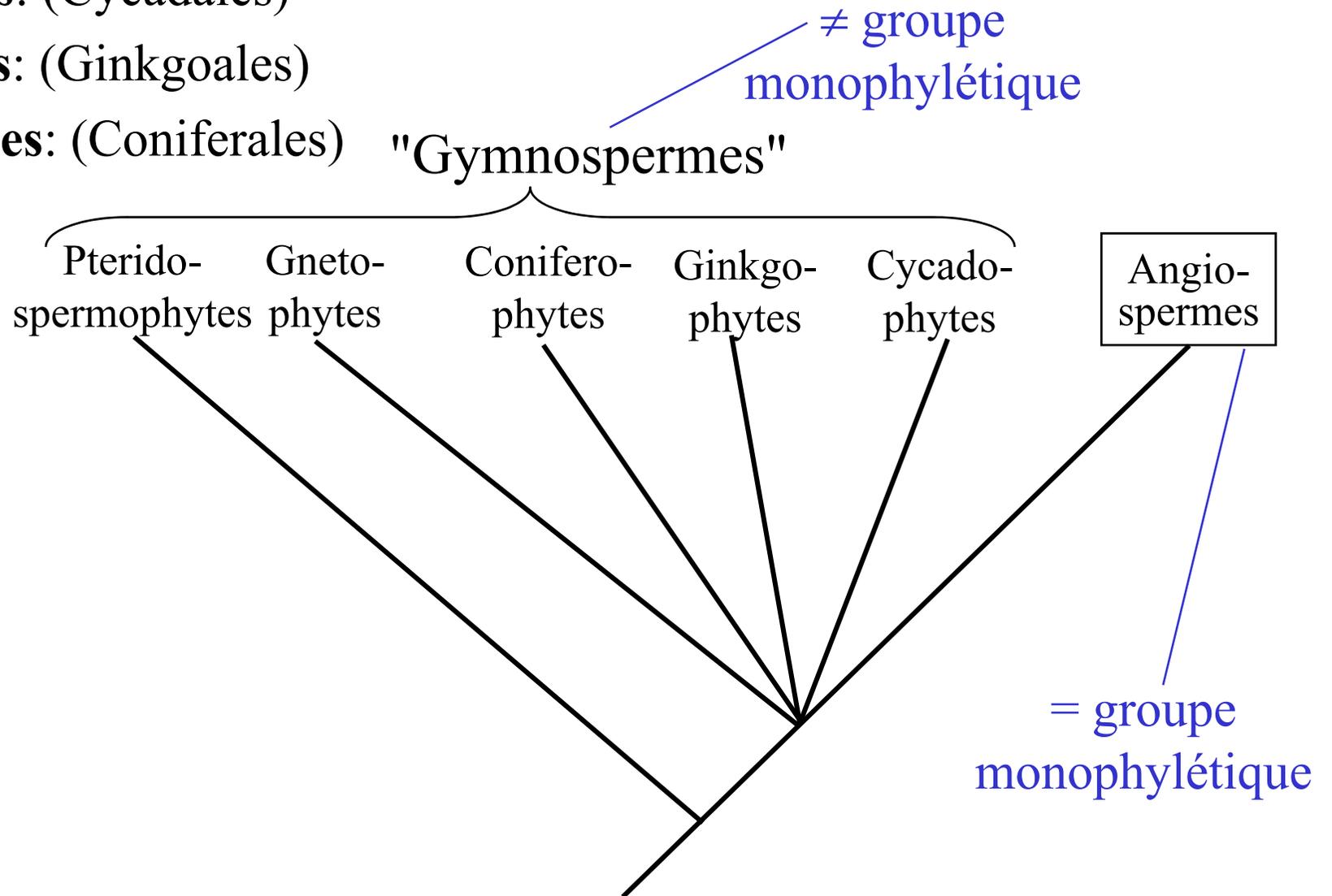
- Succession de groupes végétaux dominants



(Willis & McElwain, 2002)

6.2.2. Les 4 embranchements actuels de Gymnospermes

- **Cycadophytes:** (Cycadales)
- **Ginkgophytes:** (Ginkgoales)
- **Coniferophytes:** (Coniferales)
- **Gnetophytes:**

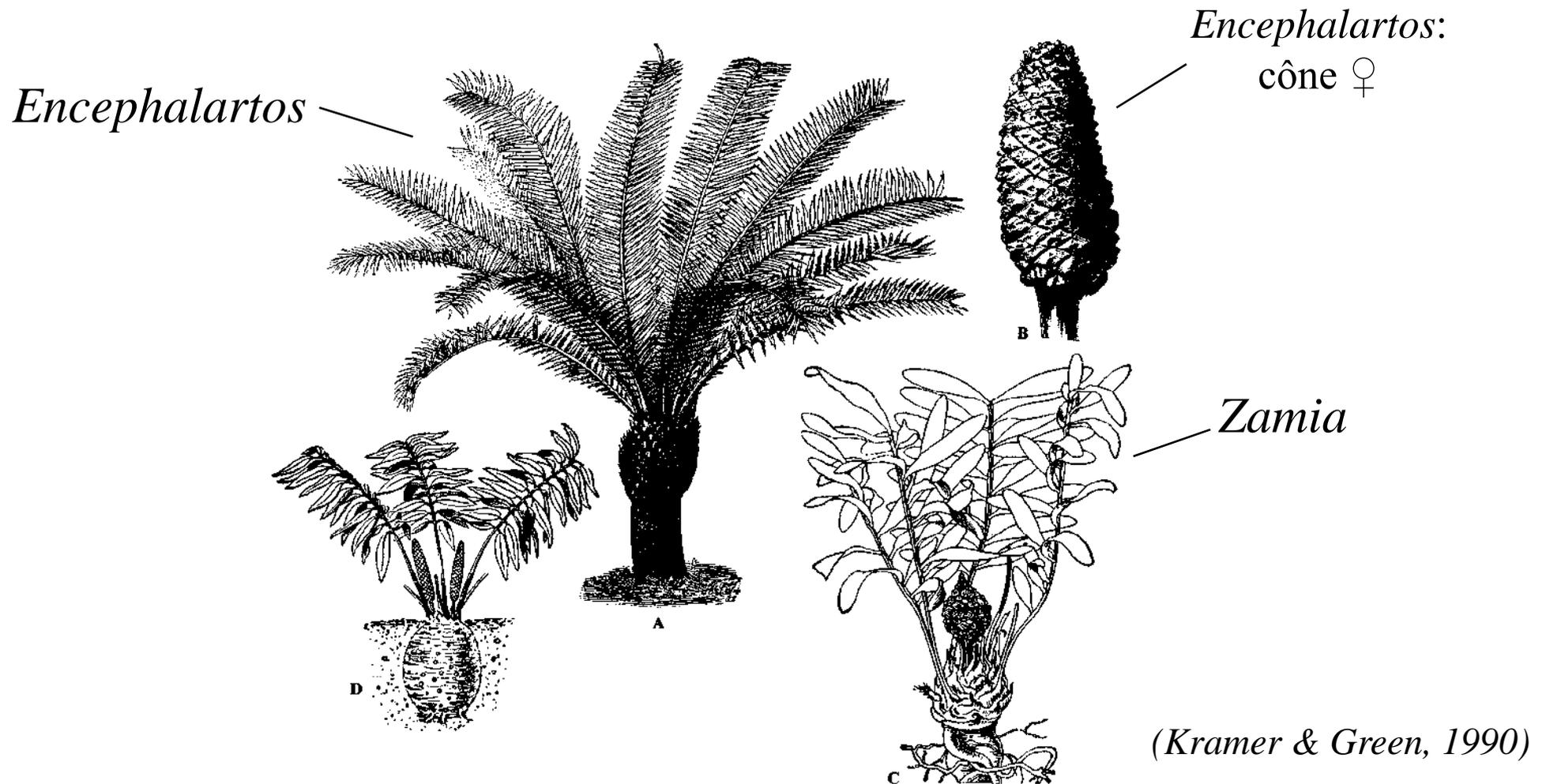


6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes:** (Cycadales)
 - apparition vers -280 Ma (Permien); apogée au Secondaire (Mésozoïque)
 - 130 espèces actuelles
 - port de petits palmiers
 - grandes feuilles composées pennées
 - croissance très lente
 - 2 groupes géographiques: Amérique (*Zamia*, *Dioon*) et Afrique + Australie + Asie (*Cycas*, *Encephalartos*)

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes: (Cycadales)**



(Kramer & Green, 1990)

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes: (Cycadales)**
 - cône mâle parfois de grande taille
 - écailles du cône ♂ = microsporophylles avec **nombreux sacs polliniques** à la face inférieure
 - pollen à 3 cellules (une seule cell. prothallienne; 1 cell. anthéridiale; 1 cell. végétative)
 - production de 2 spermatozoïdes **ciliés**

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes:** *Cycas*

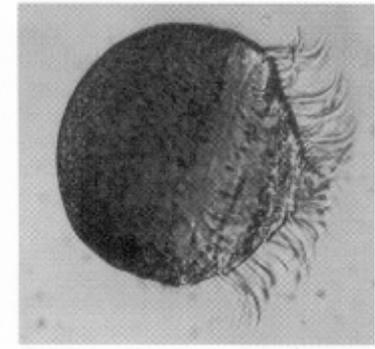
cône ♂



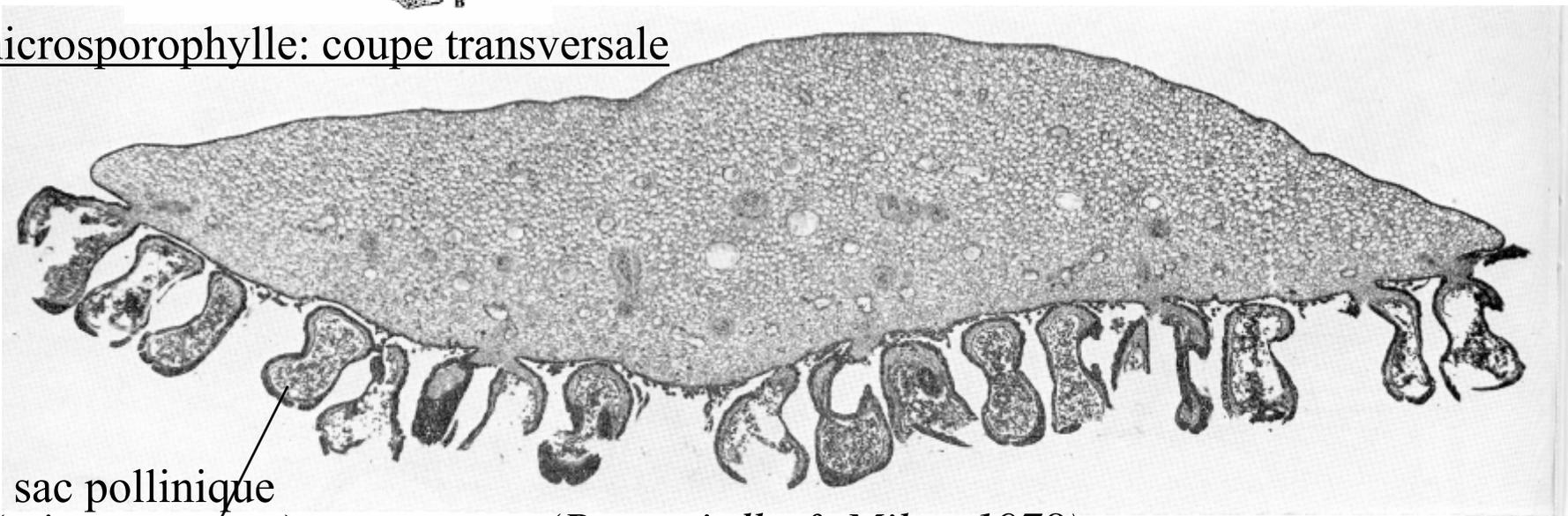
microsporophylle:
face inférieure

(Kramer & Green, 1990)

Spermatozoïde cilié



microsporophylle: coupe transversale

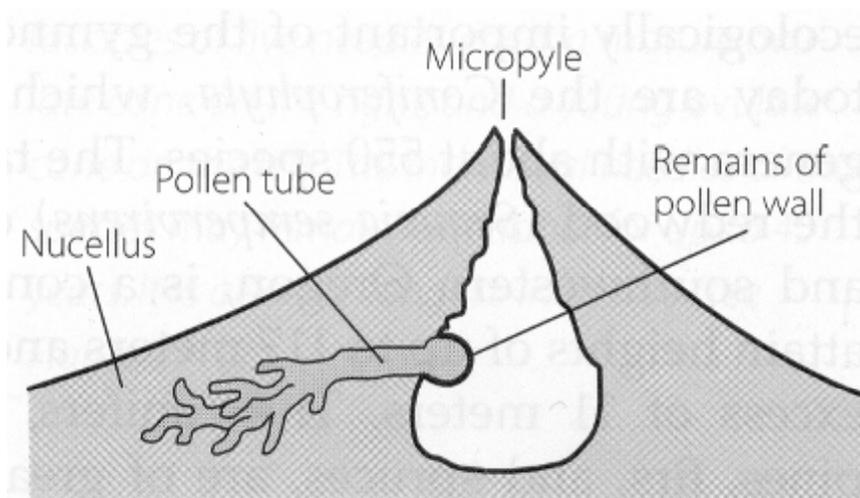


sac pollinique
(microsporange)

(Bracegirdle & Miles, 1978)

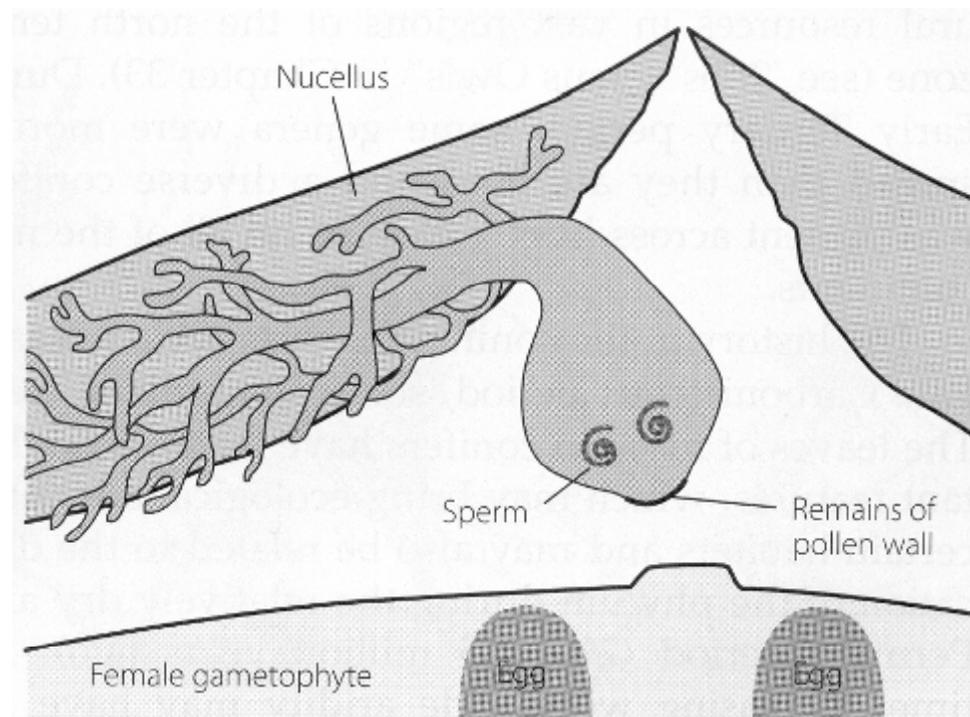
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Croissance du tube pollinique et production de **spermatozoïdes ciliés** chez les Cycadophytes et Ginkgophytes



croissance du tube pollinique
activation de la production
des spermatozoïdes

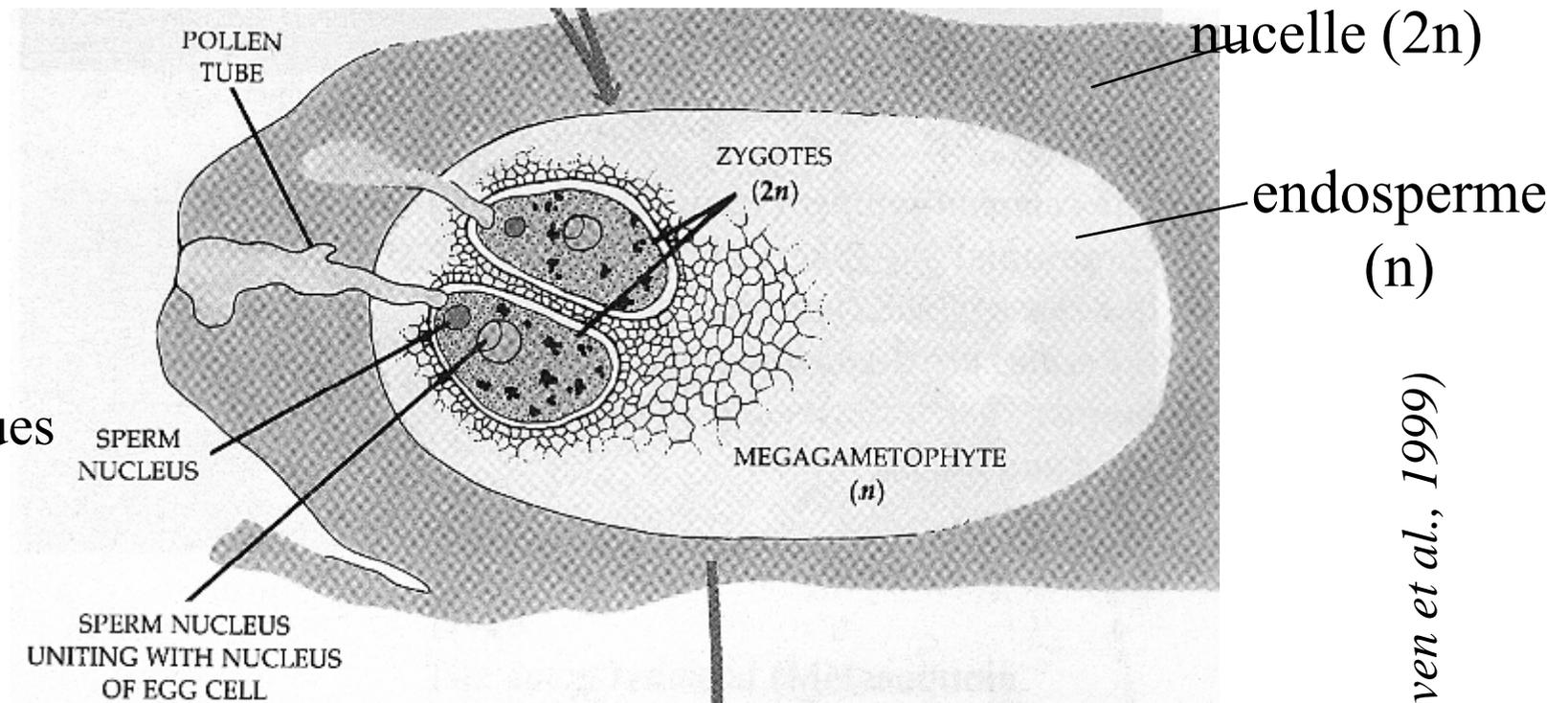
⇒ **zoïdogamie**



libération des spermatozoïdes
dans la chambre pollinique

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Croissance du tube pollinique chez le Pin (Coniferophytes)



libération des 2
noyaux spermatiques
directement
dans l'oosphère

⇒ siphonogamie

(Raven et al., 1999)

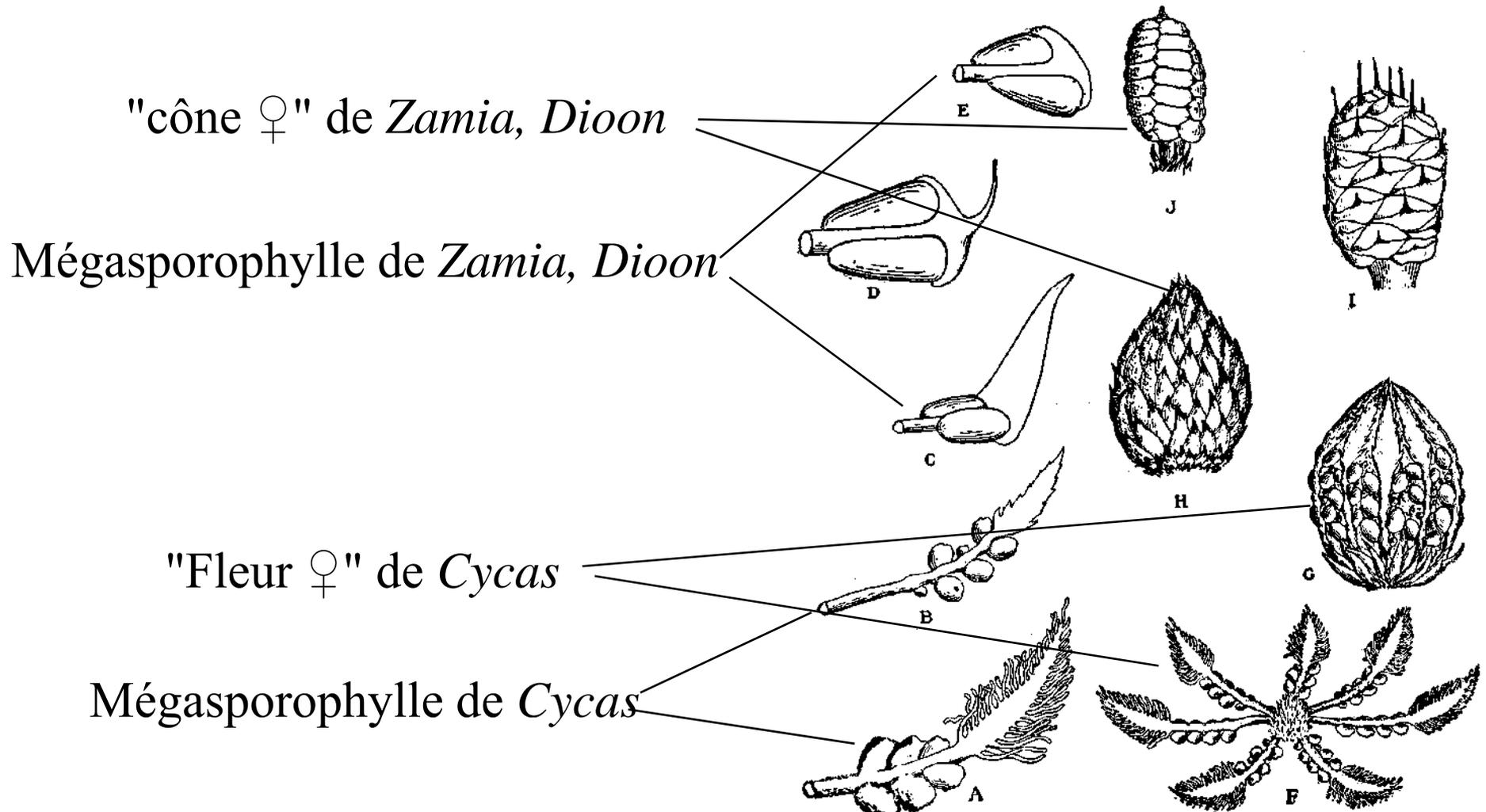
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes: (Cycadales)**
 - structure reproductive **femelle**:
 - Cycas (ancestral): mégasporophylle foliacée avec plusieurs ovules sur 2 rangées
 - autres: **cône** ♀; écailles = mégasporophylles à 2 ovules

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Cycadophytes:** structures reproductives ♀

(Gaussen et al., 1982)



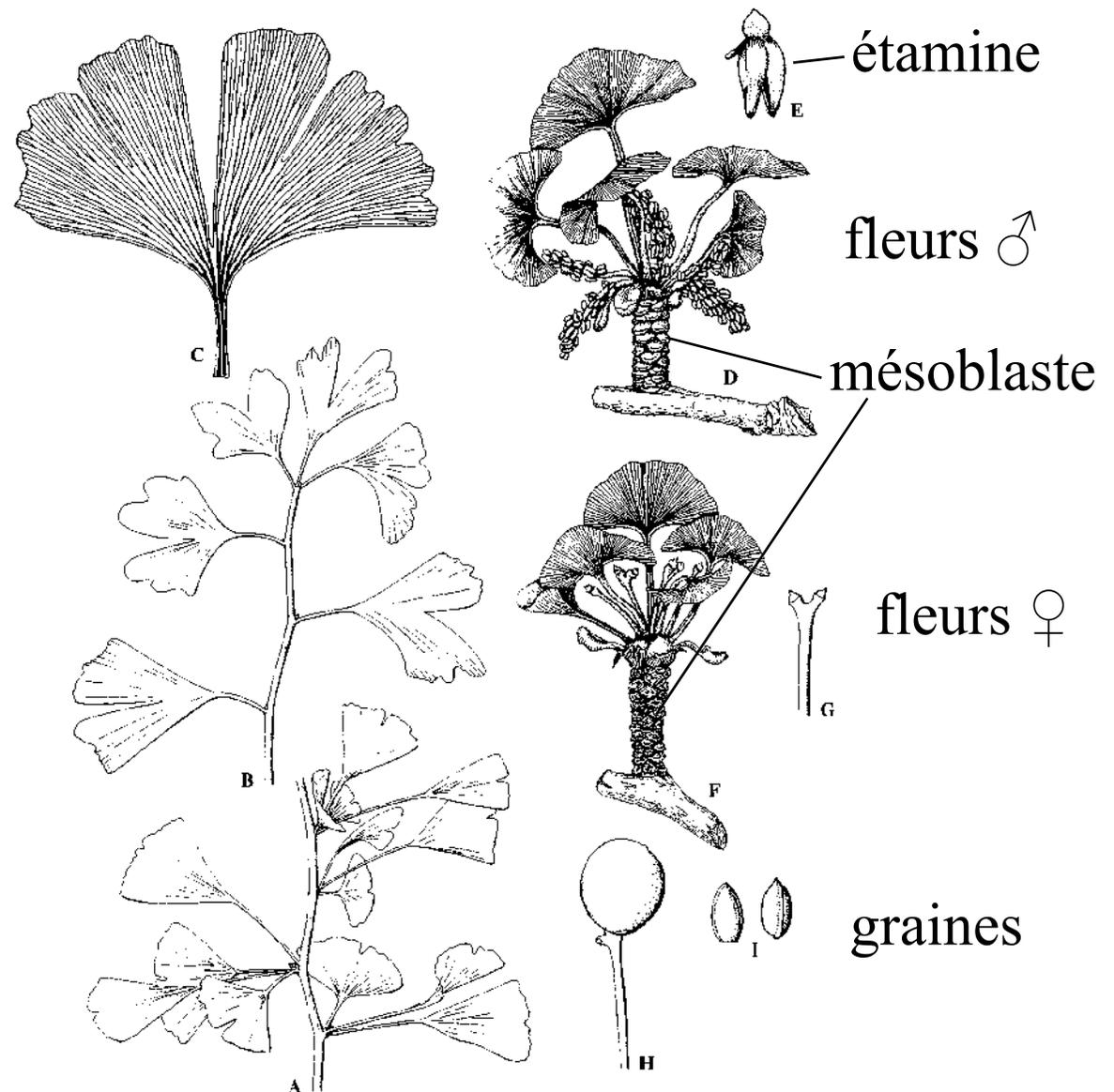
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Ginkgophytes: (Ginkgoales)**

- apparition vers -280 Ma (Permien); apogée au Secondaire (Mésozoïque)
- une seule espèce actuelle: *Ginkgo biloba* (découvert par les Européens en 1690), existe à l'état spontané en Chine
- arbres parfois de grande taille (→40m), dioïques (individus ♂ et ind. ♀)
- petites feuilles multilobées (di-, tri-, ou tétra-lobées)
- structure reprod. ♂ = châton (= "fleur")
 - microsporophylles à **2 sacs polliniques**
- pollen à **4 cellules** (2 cell. prothalliennes; 1 cell. anthéridiale; 1 cell. végétative)
- production de **2 spermatozoïdes ciliés**
- structure reprod. ♀ réduite à un pédoncule bifide à **2 ovules**

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Ginkgophytes:**
Ginkgo biloba



(Kramer & Green, 1990)

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- **Coniferophytes:** (Coniférales ou Conifères)
 - apparition vers -310 Ma (Carbonifère); apogée au Secondaire avec radiation majeure au Triassique (-245 à -208 Ma)
 - 550 espèces actuelles
 - 8 familles actuelles (dont **Pinaceae**) arbres/arbustes à port **pyramidal**
 - petites feuilles souvent en **aiguilles** ou **écailles**
 - espèces souvent monoïques à **cônes mâles** et **cônes femelles**
 - pollen souvent avec ballonnets aérifères; spermatozoïdes **non ciliés**

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des **Pinaceae**
 - environ 12 genres et 200 espèces (Pin, Mélèze, Sapin, Picea,...)
 - distribution géographique naturelle → hémisphère Nord
 - arbres à feuilles étroites et allongées; persistantes ou caduques; **pseudophylles** en faisceaux chez le genre *Pinus*; résine
 - **cône** ♀ ligneux avec 2 ovules par écaille ovulifère; **bractée** nettement distincte de l'**écaille ovulifère**

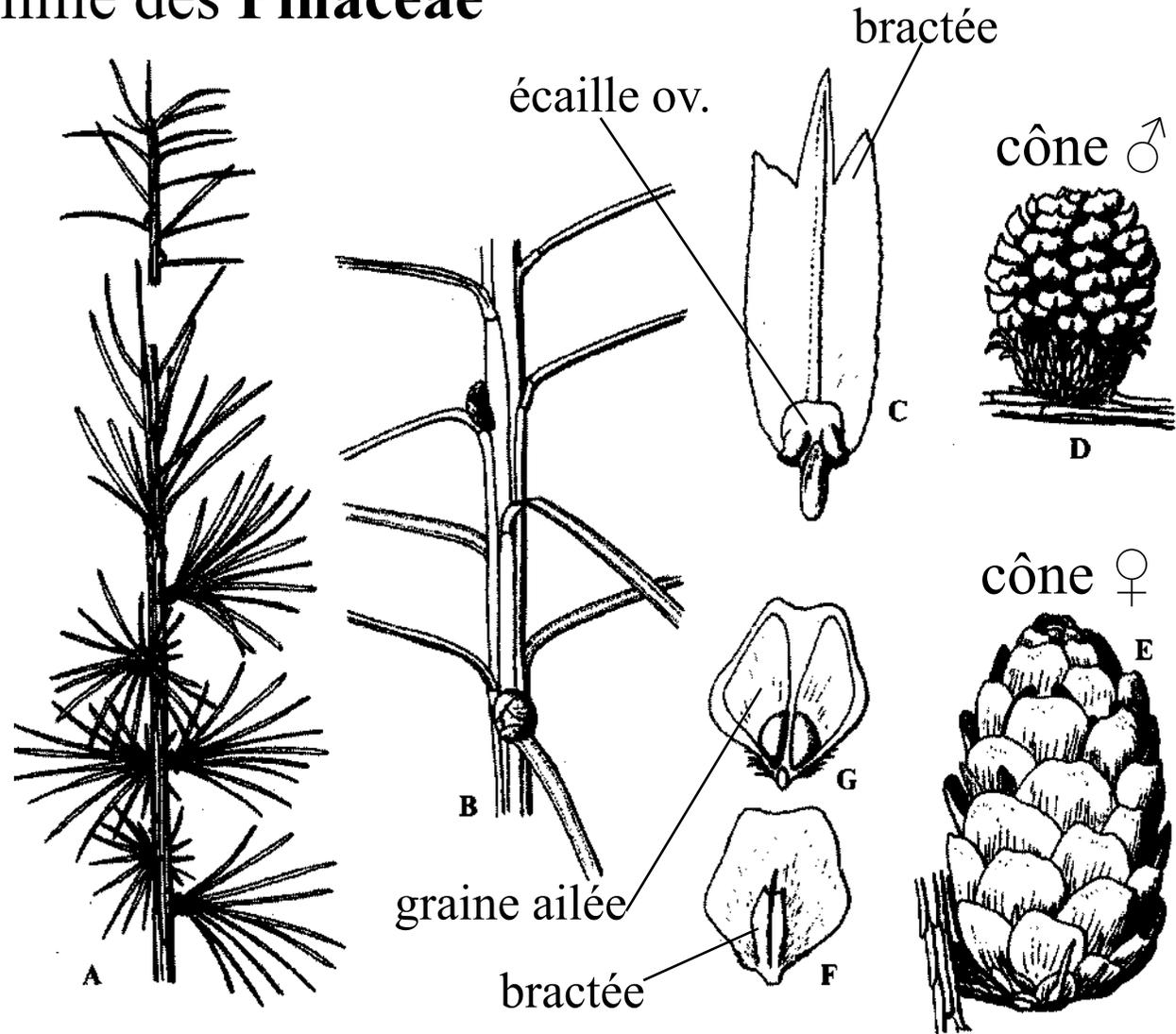
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

• Coniferophyta - Famille des **Pinaceae**

Larix: le **Mélèze**

- euphylls groupées sur des **mésoblastes** (axes courts); **caduques**
- bractée bien visible (> écaille ovulifère à la floraison)

(Kramer & Green, 1990)

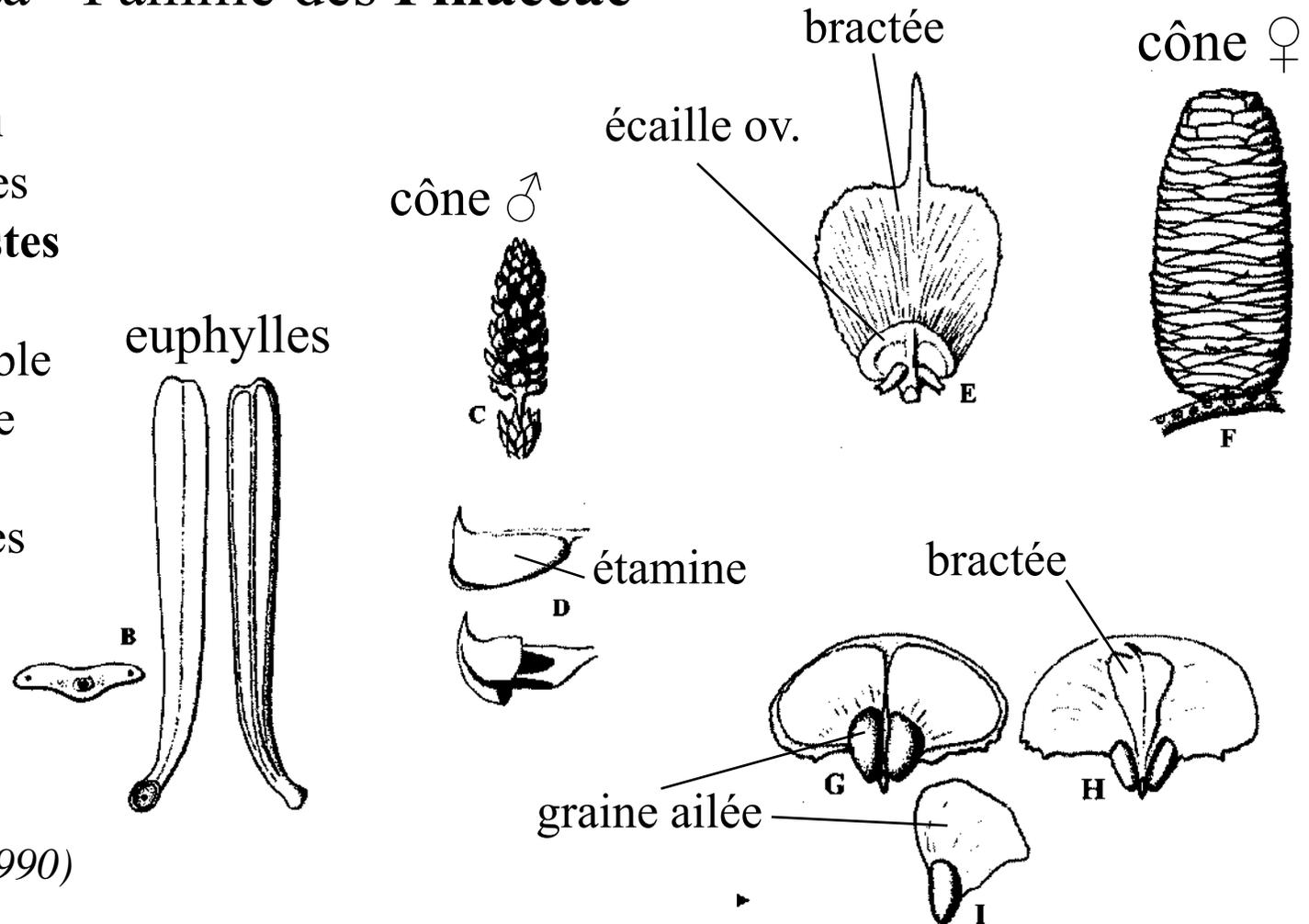


6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

• Coniferophyta - Famille des **Pinaceae**

Abies: le **Sapin**

- euphylls insérées sur des **auxiblastes** (axes allongés)
- bractée bien visible (> écaille ovulifère à la floraison)
- écailles ovulifères caduques



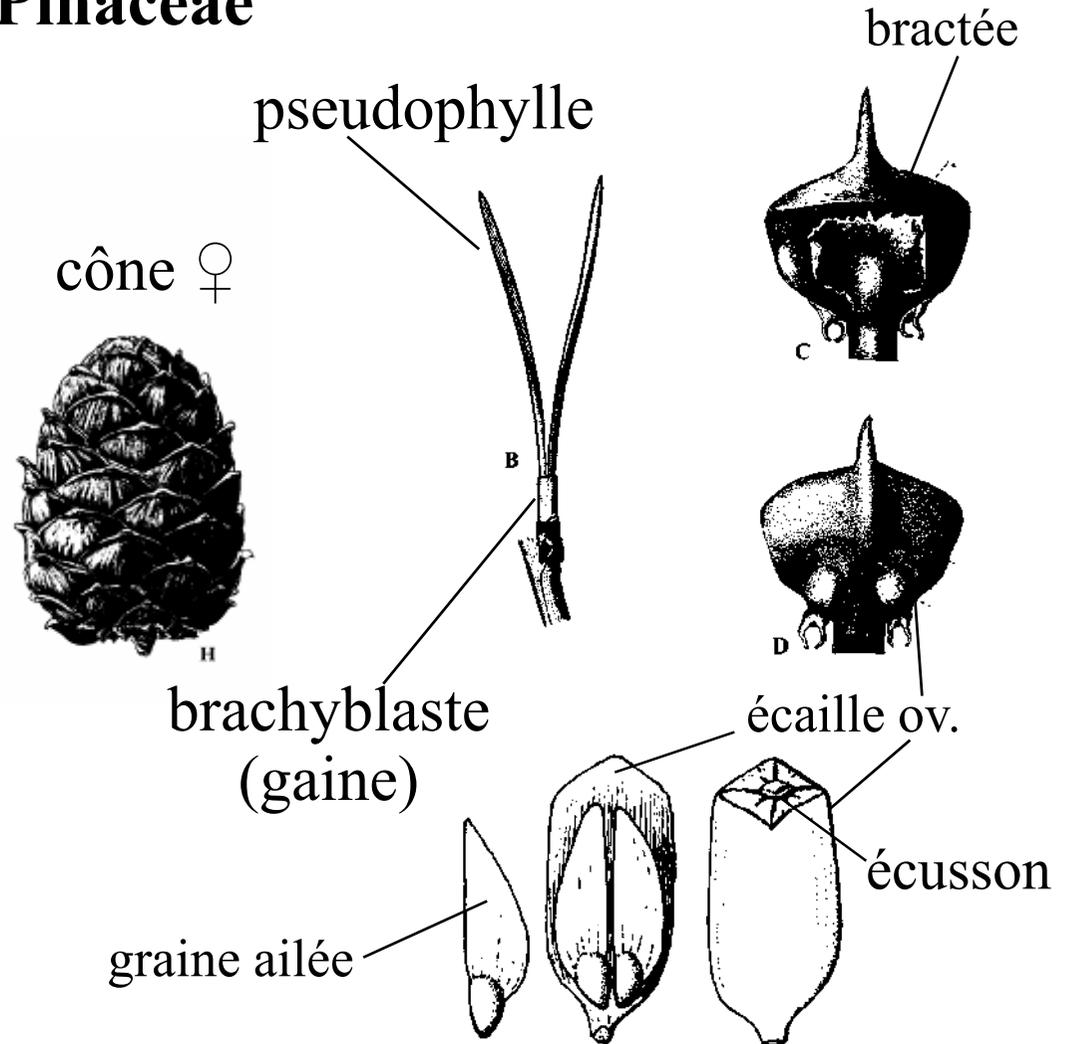
(Kramer & Green, 1990)

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des **Pinaceae**

Pinus: le **Pin**

- **pseudophylles** insérées sur des brachyblastes
- bractée peu développée
- écailles ovulifères avec **écusson**



(Kramer & Green, 1990)

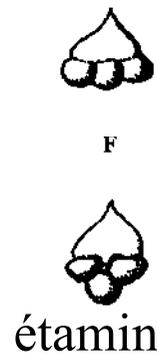
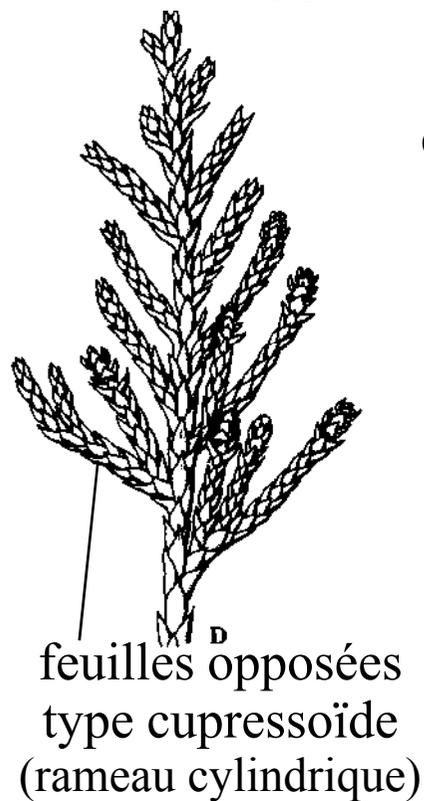
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des **Cupressaceae**
 - actuellement 20 genres et 125 espèces (Cyprès, Thuya, Genévrier)
 - large distribution géographique actuelle
 - arbres ou arbustes à feuilles souvent réduites à des **écailles**, **opposées** ou **verticillées par 3**, souvent **décurrentes**
 - 1-20 ovules par écaille ovulifère
 - pollen sans ballonnets aérifères

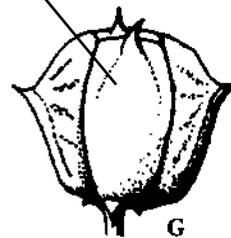
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des Cupressaceae

Cyprès: *Chamaecyparis*

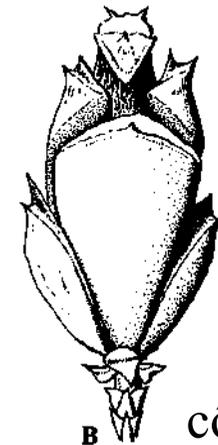


cône ♀ à écailles
peltées valvaires



Thuja: *Thuja*

feuilles opposées
type thuyoïde
(rameau aplati)



cône ♀ à écailles
allongées imbriquées

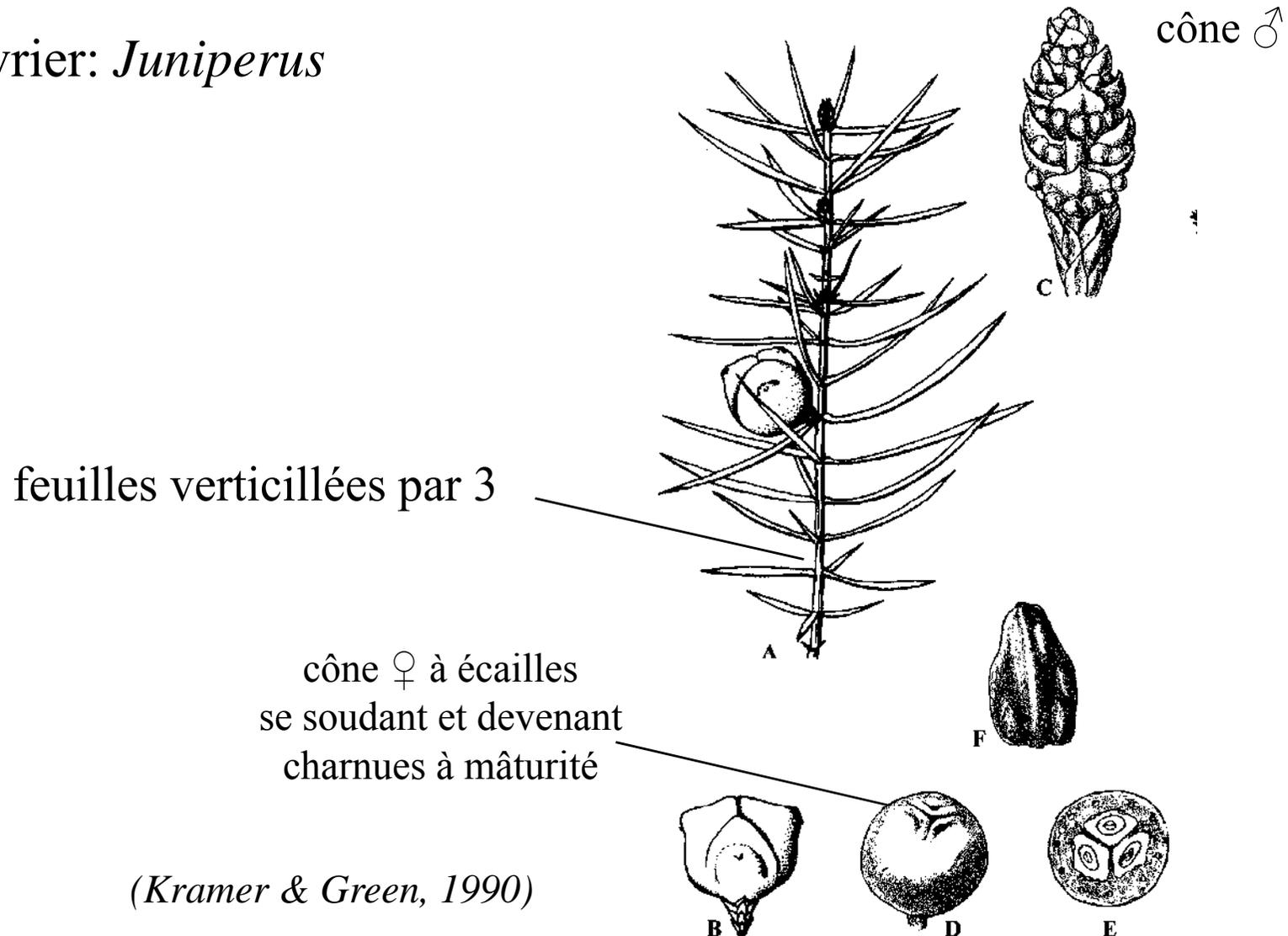


(Kramer & Green, 1990)

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des Cupressaceae

Genévrier: *Juniperus*



6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des Taxaceae
 - actuellement 4 genres et 20 espèces (If = *Taxus*)
 - arbres dioïques
 - distribution principalement dans l'hémisphère nord
 - 1 ovule terminal par cône femelle, entouré d'une arille charnue

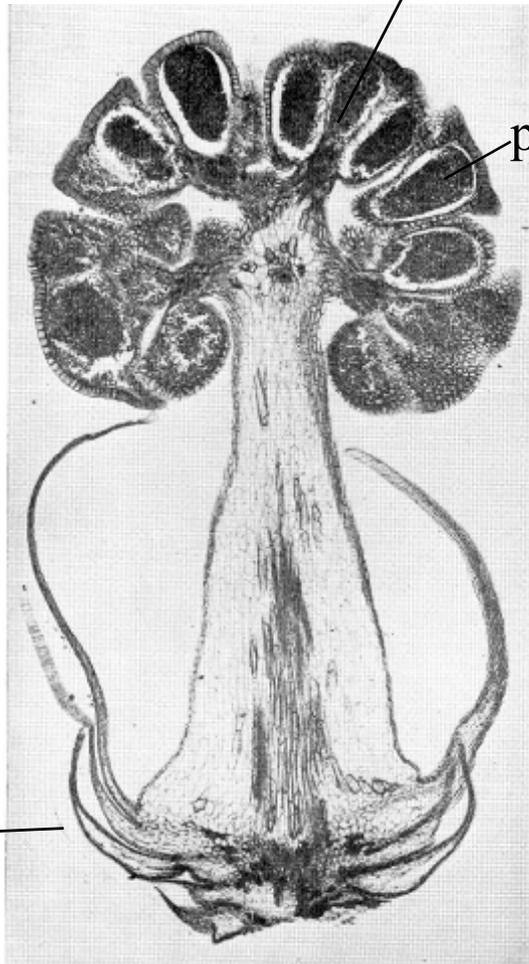


6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

- Coniferophyta - Famille des Taxaceae

If: *Taxus*

cône ♂



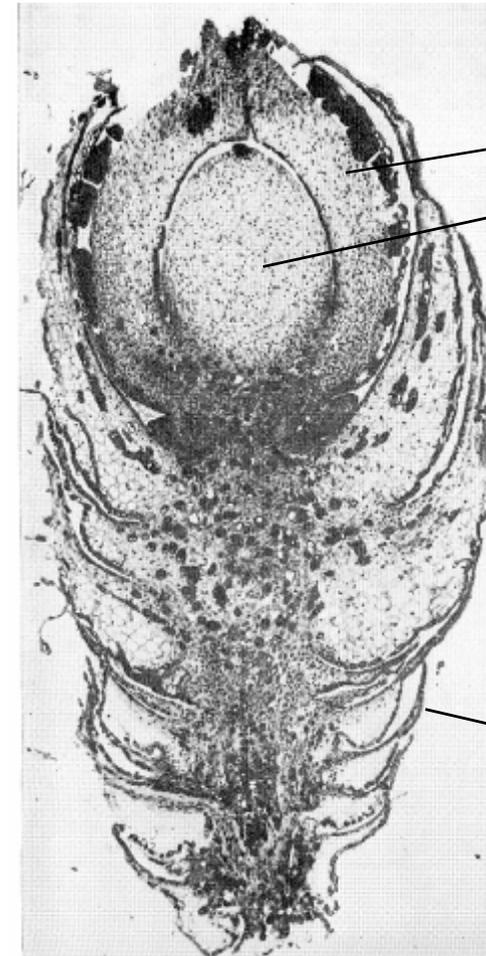
étamine

sac

pollinique

bractées

cône ♀
(1 ovule)



tégument

nucelle

bractées

(Bracegirdle & Miles, 1978)

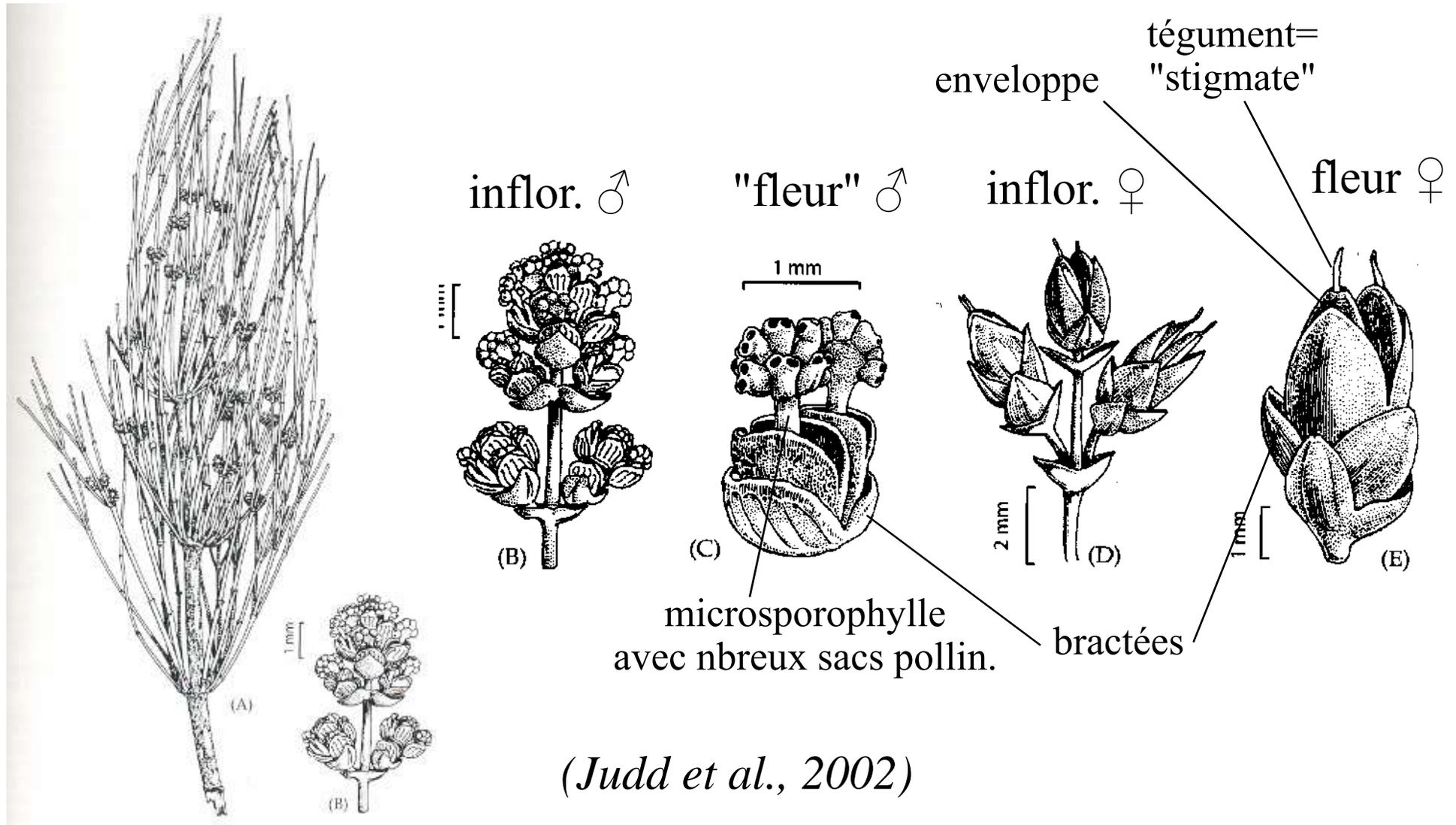
6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

• **Gnetophytes**

- groupe d'origine récente (-200 Ma)
- 3 genres , chacun définissant une famille (Ephedraceae, Gnetaceae, Welwitschiaceae), avec 70 espèces
- 4 caractéristiques communes "évoluées":
 - "fleurs" ♂ et ♀ groupées en "inflorescences"
 - ∃ enveloppe autour des ovules
 - ovule: tégument se prolonge au-delà du micropyle → tube = "stigmate"
 - ∃ vaisseaux dans xylème secondaire
- ⇒ ancêtre direct des Angiospermes?
- Mais: endosperme haploïde , production d'archégonies, croissance du tube pollinique typique pour Gymnospermes

6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

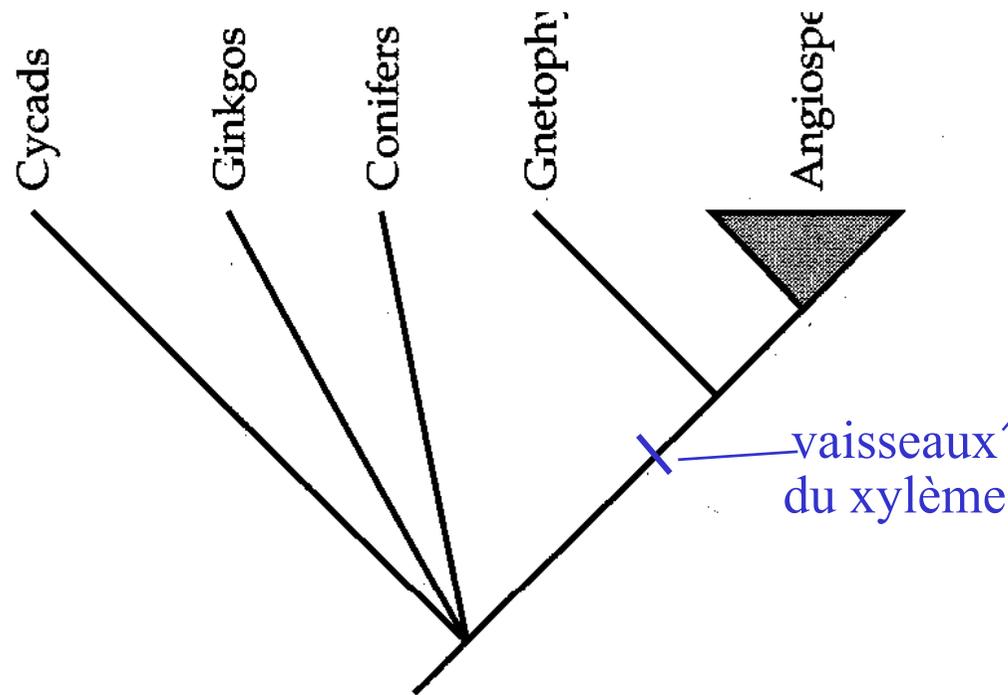
- **Gnetophytes:** genre *Ephedra*, famille des Ephedraceae



6.2.2. Les 4 embranchements de Gymnospermes

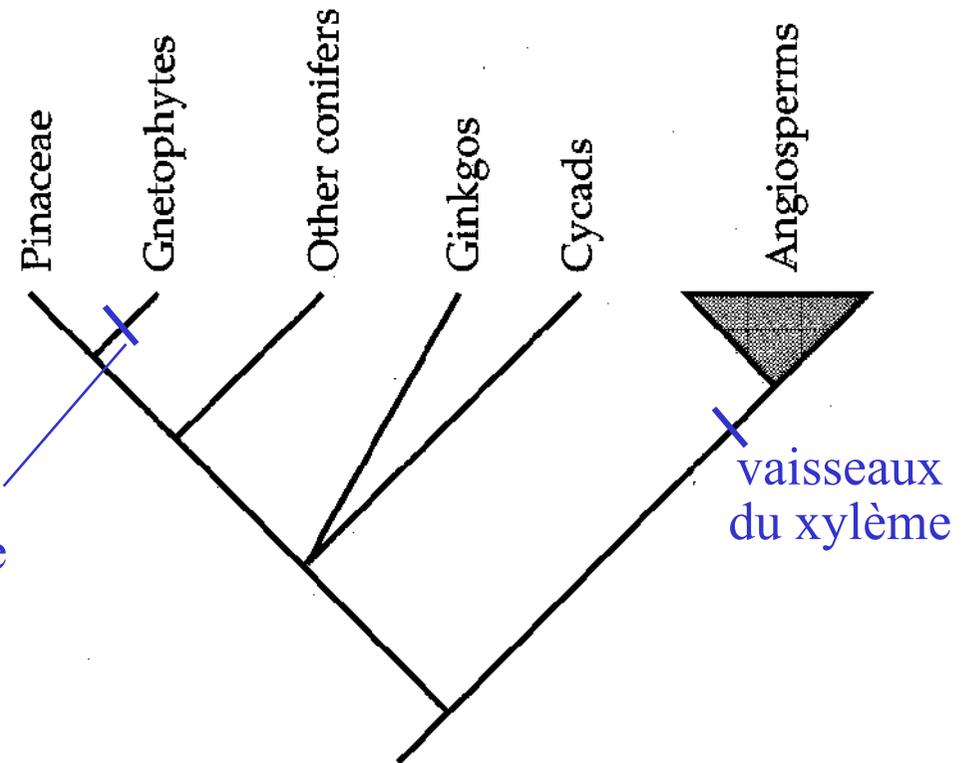
- **Gnetophytes** et origine des Angiospermes

morphologie



Gnetophytes = groupe "sœur"
des Angiospermes

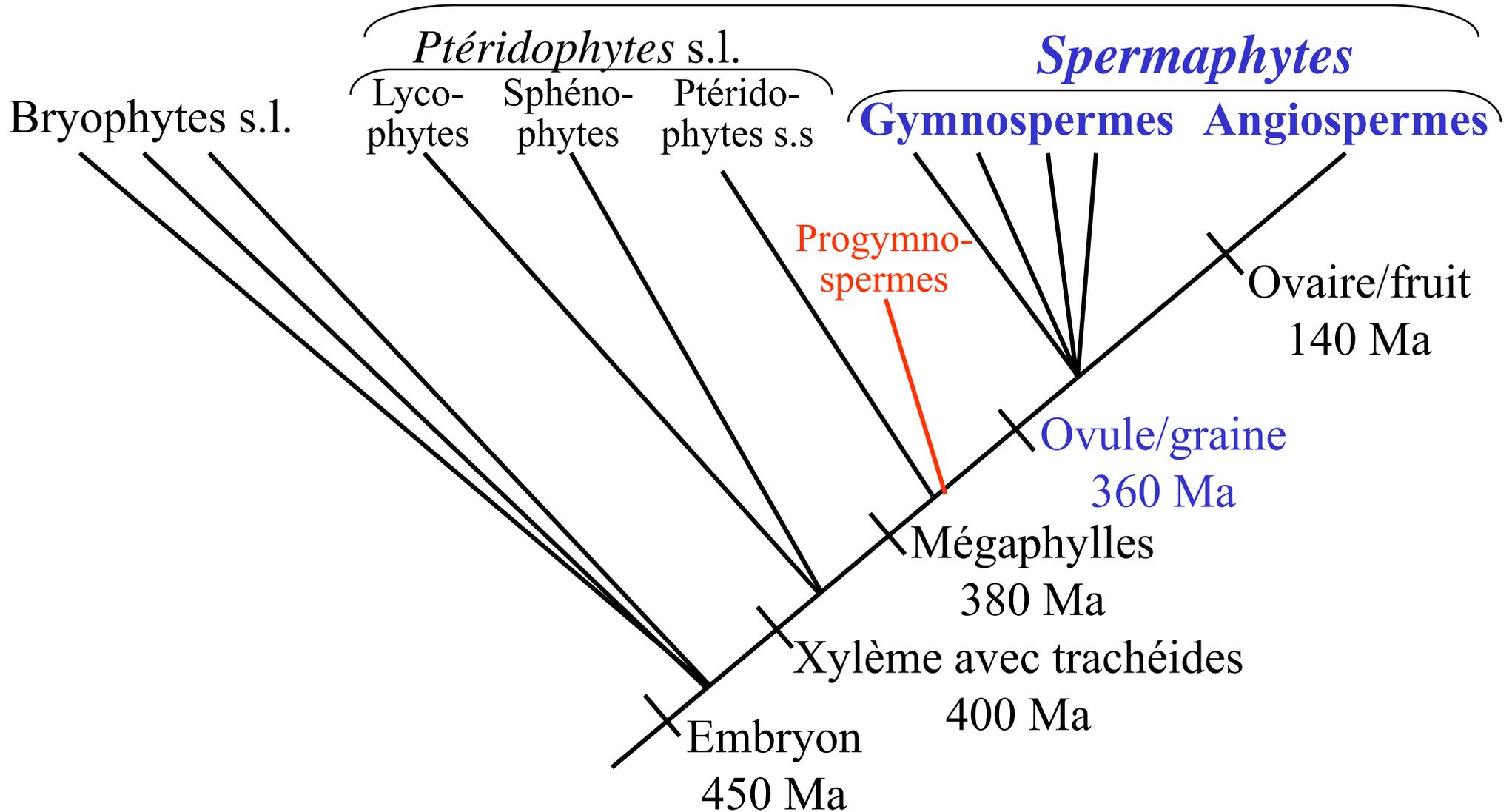
séquences nucléotidiques



Gnetophytes = groupe "sœur"
des Pinaceae (dans Coniferophyta)

6.2.1. Origine des Gymnospermes

Les étapes majeures de l'évolution des Spermaphytes
Trachéophytes



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

