

Les Gymnospermes (*Sensu Lato*)

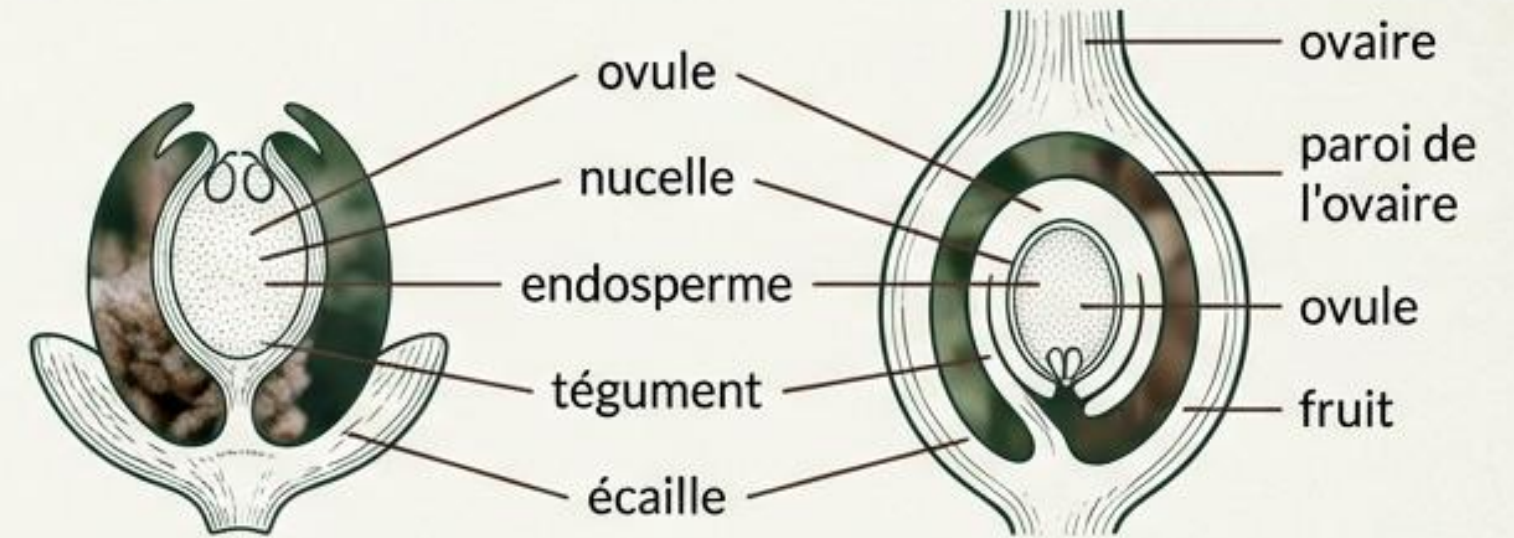


L'Innovation de la « Graine Nue »

Une révolution biologique vieille de 300 millions d'années.

Étymologie : *Gymnos* (nu) + *Sperma* (graine)

Définition : Plantes dont l'ovule est exposé à l'air libre (sur une écaille), sans être enfermé dans un ovaire.



GYMNOSPERME

ANGIOSPERME



PTÉRIDOPHYTES
Spores,
dépendance à l'eau

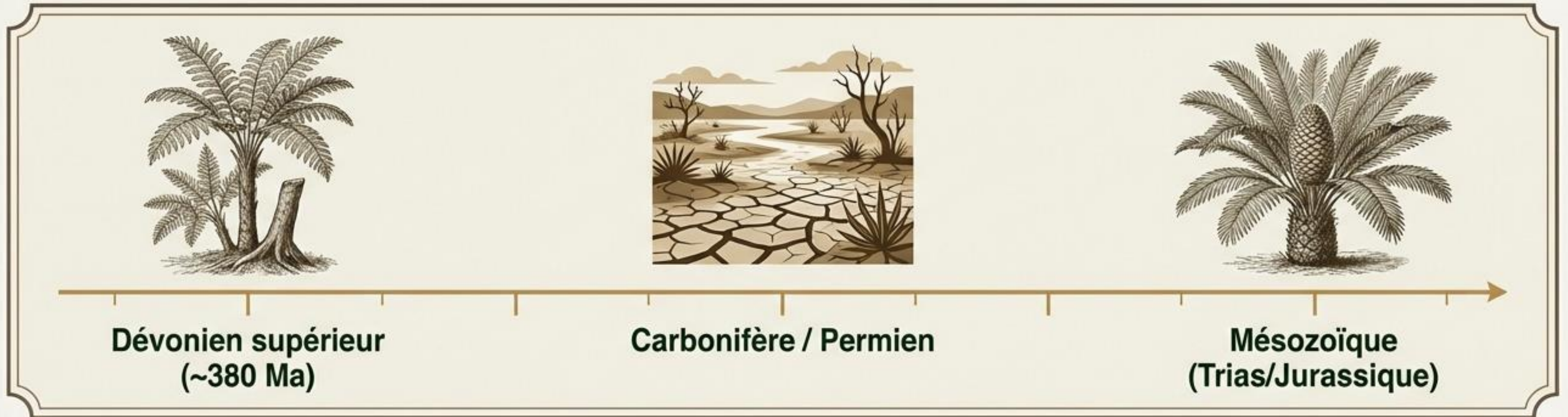


GYMNOSPERMES
Graine nue,
affranchissement de l'eau



ANGIOSPERMES
Graine dans un fruit

Contexte Évolutif : La Conquête de la Terre Sèche



Origine

- Évolution à partir des “fougères à graines” (Progymnospermes).
- Apparition du port arborescent et du bois.

L'Avantage Adaptatif

L'invention de la graine et du pollen a permis la reproduction sans eau libre, un avantage décisif sur les fougères durant l'assèchement du Permien.

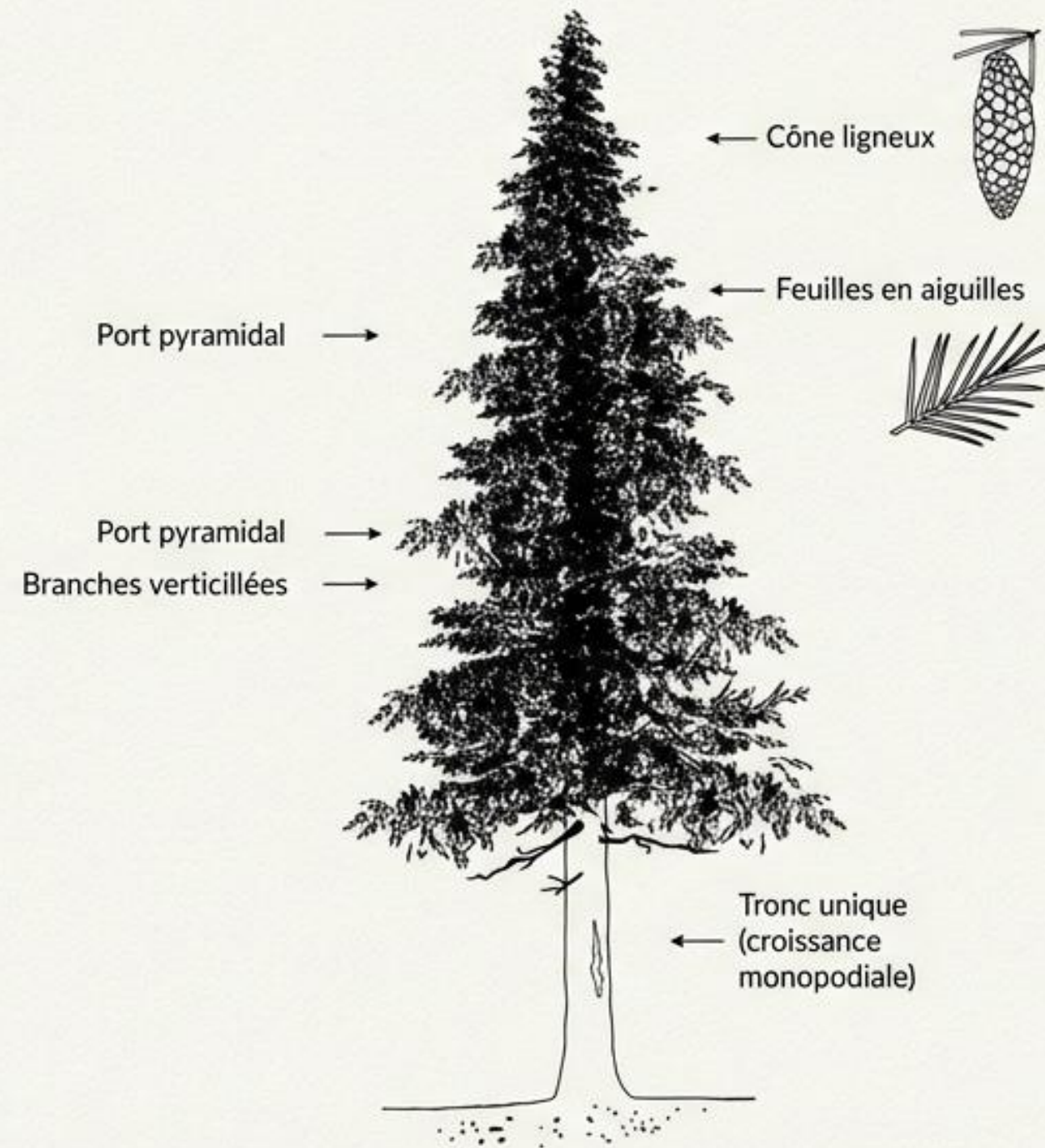
L'Âge d'Or

Dominance mondiale durant le Mésozoïque, souvent appelé “L'Âge des Cycas”.

Diversification massive grâce à la duplication du génome.

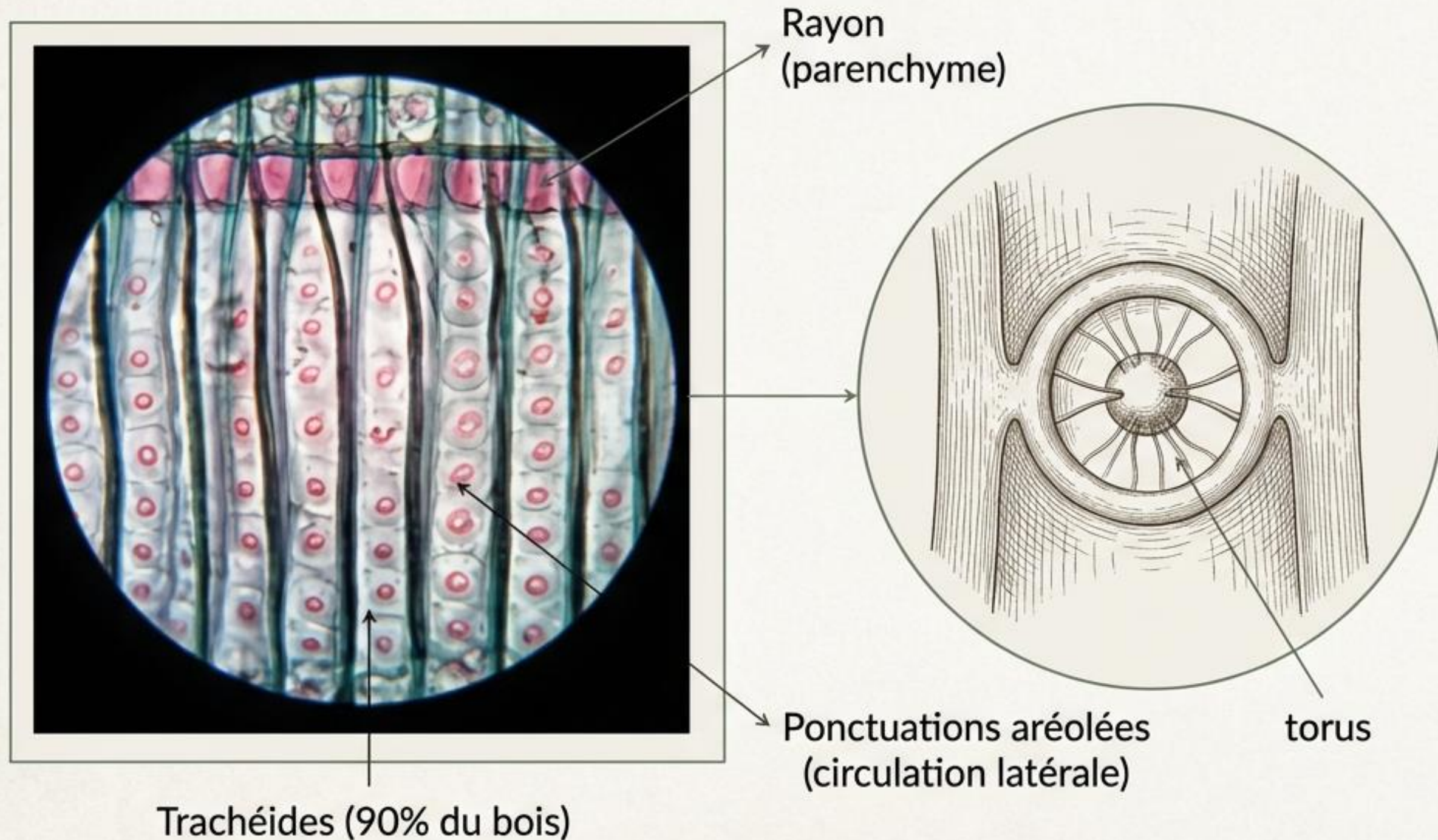
4.1 Morphologie : L'Appareil Végétatif

Le modèle ligneux et la dominance du sporophyte



- **Port** : Majoritairement des espèces ligneuses (arbres).
- **Croissance** : Monopodiale avec ramification latérale.
- **Longévité** : Capacité d'atteindre des âges records.

Anatomie du Bois : Le Système Homoxylé



- **Bois Homoxylé :** Constitué uniquement de trachéides.
- **Fonction :** Soutien mécanique + Conduction de la sève.
- **Particularité :** Absence de vaisseaux parfaits (contrairement aux Angiospermes).
- **Canaux Résinifères :** Présents chez les Pinaceae.

Les Feuilles : Adaptations Xérophytiques

Réduction de surface pour la résistance au froid et à la sécheresse.

En Aiguilles (*Pinus*)



Feuilles fines et allongées.

En Écailles (*Cupressus*)



Feuilles courtes et imbriquées.

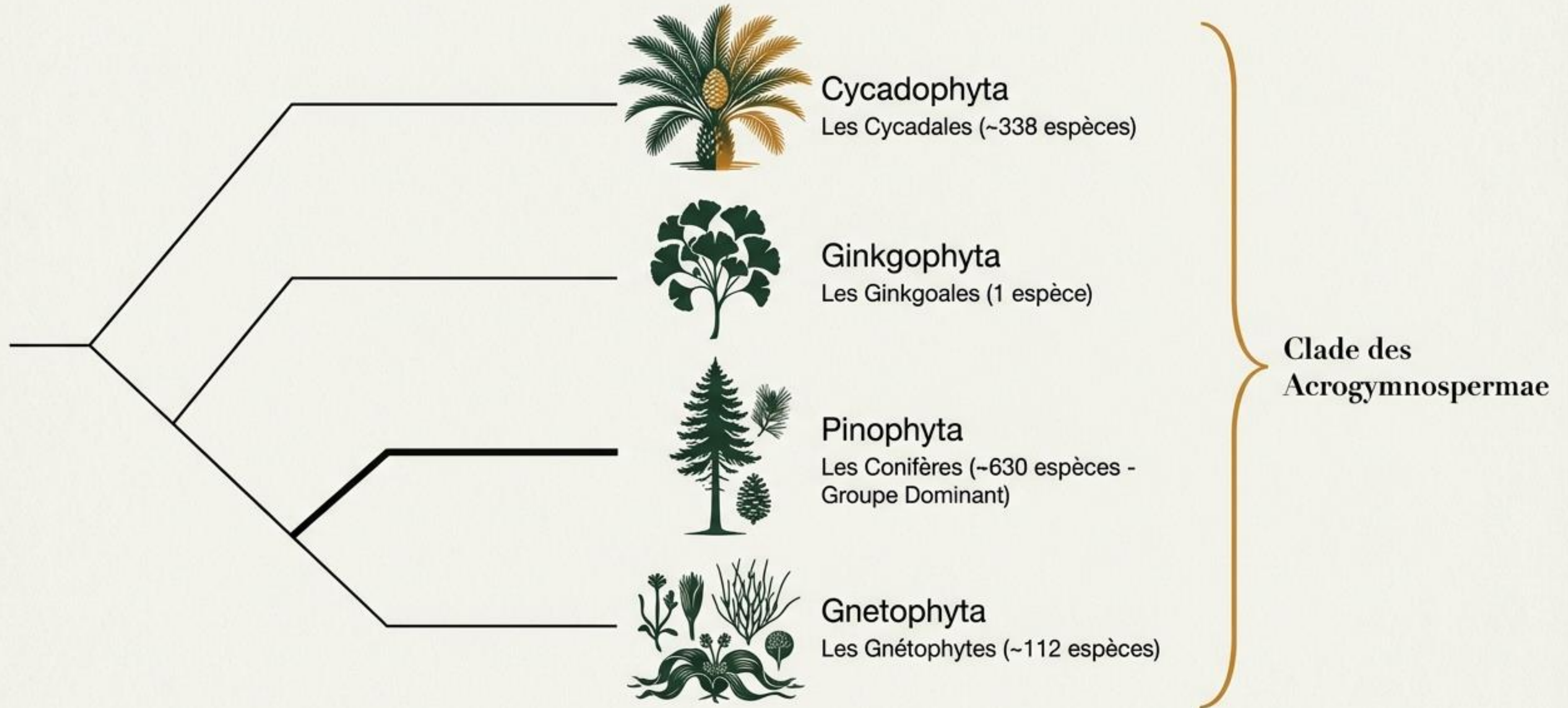
Lames Larges (*Ginkgo*)



Feuilles en éventail.

Le feuillage est généralement persistant (sempervirent), permettant la photosynthèse en conditions difficiles.

Classification : Les Quatre Divisions Actuelles



Les Cycadophytes : Les Vestiges de l'Ère Secondaire



- **Morphologie** : Aspect de palmier ou de fougère arborescente.
- **Reproduction** : Espèces Dioïques (sexes séparés).
- **Trait Archaique** : Gamètes mâles ciliés et nageurs (zoidoïdie), héritage des ancêtres aquatiques.
- **Exemple** : *Cycas revoluta*.

Groupe 1 : Cycadophyta (Les Cycadales)



- Apparence : Port de palmier ou de fougère arborescente avec un tronc épais (pachycaule).
- Reproduction : Dioïque (sexes séparés).
Caractéristique primitive : Spermatozoïdes ciliés et mobiles.
- Écologie : Habitats tropicaux et subtropicaux.
Racines coralloïdes en symbiose avec des cyanobactéries (fixation d'azote).
- Toxicité : Produisent des neurotoxines puissantes (BMAA).

Les Ginkgophytes : Le Fossile Vivant

- **Unicité** : Un seul genre, une seule espèce (*Ginkgo biloba*). Inchangé depuis 80 Ma.
- **Feuilles** : Caduques, flabelliformes (en éventail).
- **Reproduction** : Dioïque. Les 'fruits' sont en réalité des ovules charnus (fausses drupes).
- **Résistance** : Extrême tolérance à la pollution et aux stress urbains.



Groupe 2 : Ginkgophyta (Les Ginkgoales)

- **Le Survivant :**

Ginkgo biloba est la seule espèce survivante d'un phylum entier. Un "fossile vivant" inchangé depuis >200 Ma.



- **Morphologie :** Feuilles caduques en forme d'éventail à nervation dichotomique unique.
- **Reproduction :** Dioïque. Les graines possèdent une enveloppe charnue (sarcotesta) qui dégage une odeur rance (acide butyrique) à maturité.
- **Résilience :** Tolérance extrême à la pollution urbaine et aux maladies.

Les Pinophytes (Conifères) : Les Maîtres du Nord

Le groupe le plus diversifié (~560 espèces) formant la taïga.



Cône de Pin
(*Pinaceae*)



Galbule de Genévrier
(*Cupressaceae*)



Aiguilles de Sapin

- **Famille Pinaceae** : Pins, Sapins (Canaux résinifères).
- **Famille Cupressaceae** : Cyprès, Genévriers (Feuilles en écailles).
- **Famille Taxaceae** : Ifs (Graine entourée d'un arille charnu, toxique).

Groupe 3 : Pinophyta (Les Conifères)



- **Dominance** : Le groupe le plus diversifié (~630 espèces) et écologiquement significatif.
- **Adaptation Xérophytique** : Feuilles réduites en aiguilles ou écailles avec une cuticule épaisse pour limiter la perte d'eau.
- **Anatomie** : Bois 'tendre' (homoxylé), composé de trachéides (absence de vaisseaux).
- **Habitus** : Majoritairement des arbres à feuillage persistant (Pins, Sapins, Cèdres, Séquoias).

Diversité des Familles de Conifères

Pinaceae



Hémisphère Nord.
Cônes ligneux, aiguilles en faisceaux.
(Ex: Pinus, Picea)

Cupressaceae



Distribution mondiale.
Feuilles en écailles, cônes variés.
(Ex: Juniperus, Sequoia)

Araucariaceae / Podocarpaceae



Hémisphère Sud.
Feuilles souvent larges,
cônes parfois charnus.

Groupe 4 : Gnetophyta (Les Gnétophytes)



- **Les 'Inclassables'** : Trois genres très différents (Gnetum, Ephedra, Welwitschia).
- **Convergence Évolutive** : Présence de vaisseaux dans le xylème et double fécondation, rappelant les Angiospermes.
- **Welwitschia** : Endémique du désert de Namib, cette plante ne produit que deux feuilles à croissance continue durant des millénaires.
- **Ephedra** : Arbustes de milieux arides, source historique d'éphédrine.

Les Gnétophytes : Le Chaînon Manquant ?

Une convergence évolutive vers les Angiospermes.



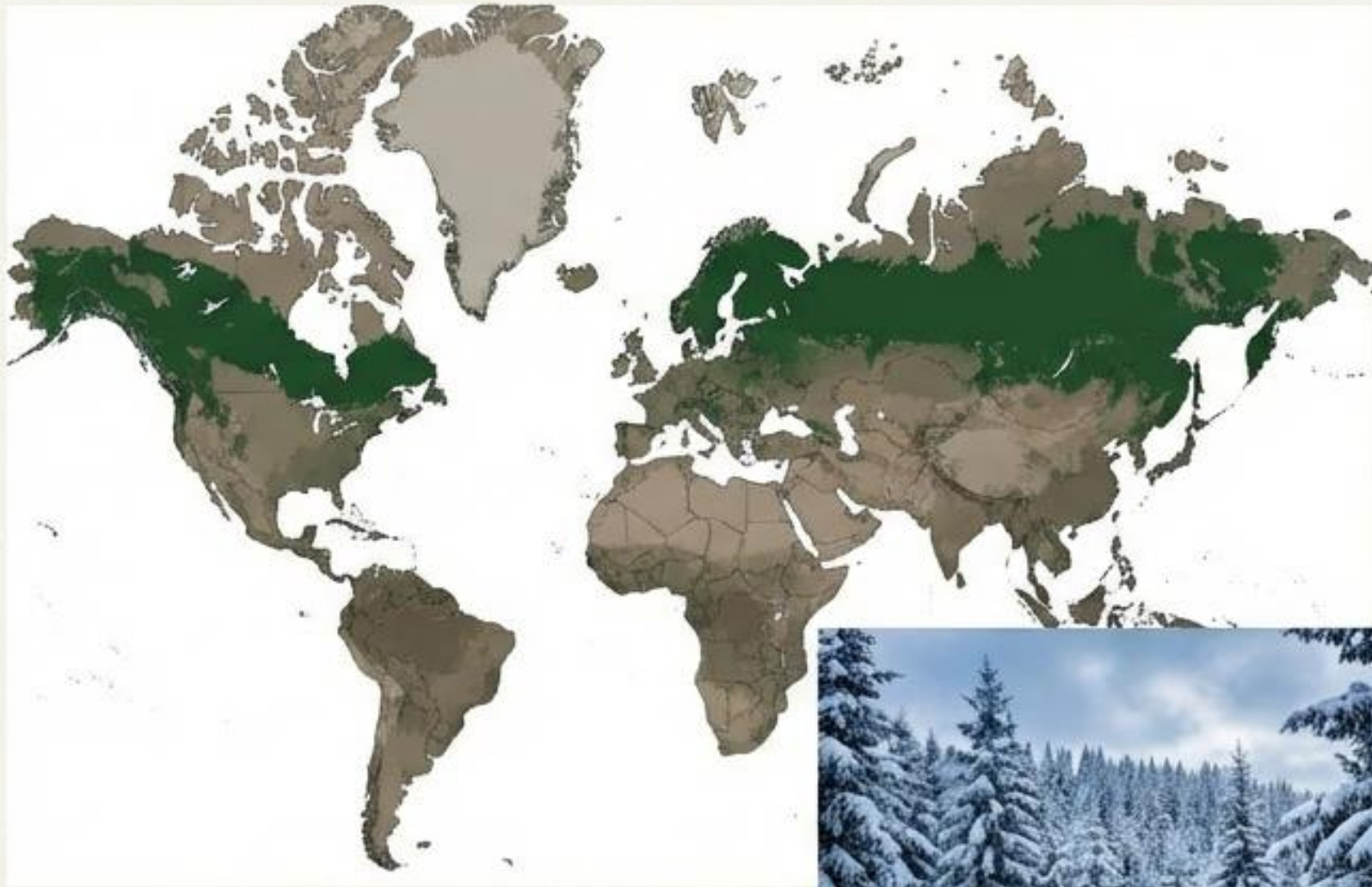
Ephedra



Welwitschia mirabilis

- ☛ “Chlamydospermes” : Ovule entouré d’une enveloppe (préfigurant l’ovaire).
- ☛ Anatomie Avancée : Bois hétéroxylé avec présence de **vaisseaux** (vaisseaux éphédroïdes).
- ☛ Diversité : Ephedra (buissons), Gnetum (lianes), Welwitschia (désert).

Écologie Globale : Les Maîtres du Froid

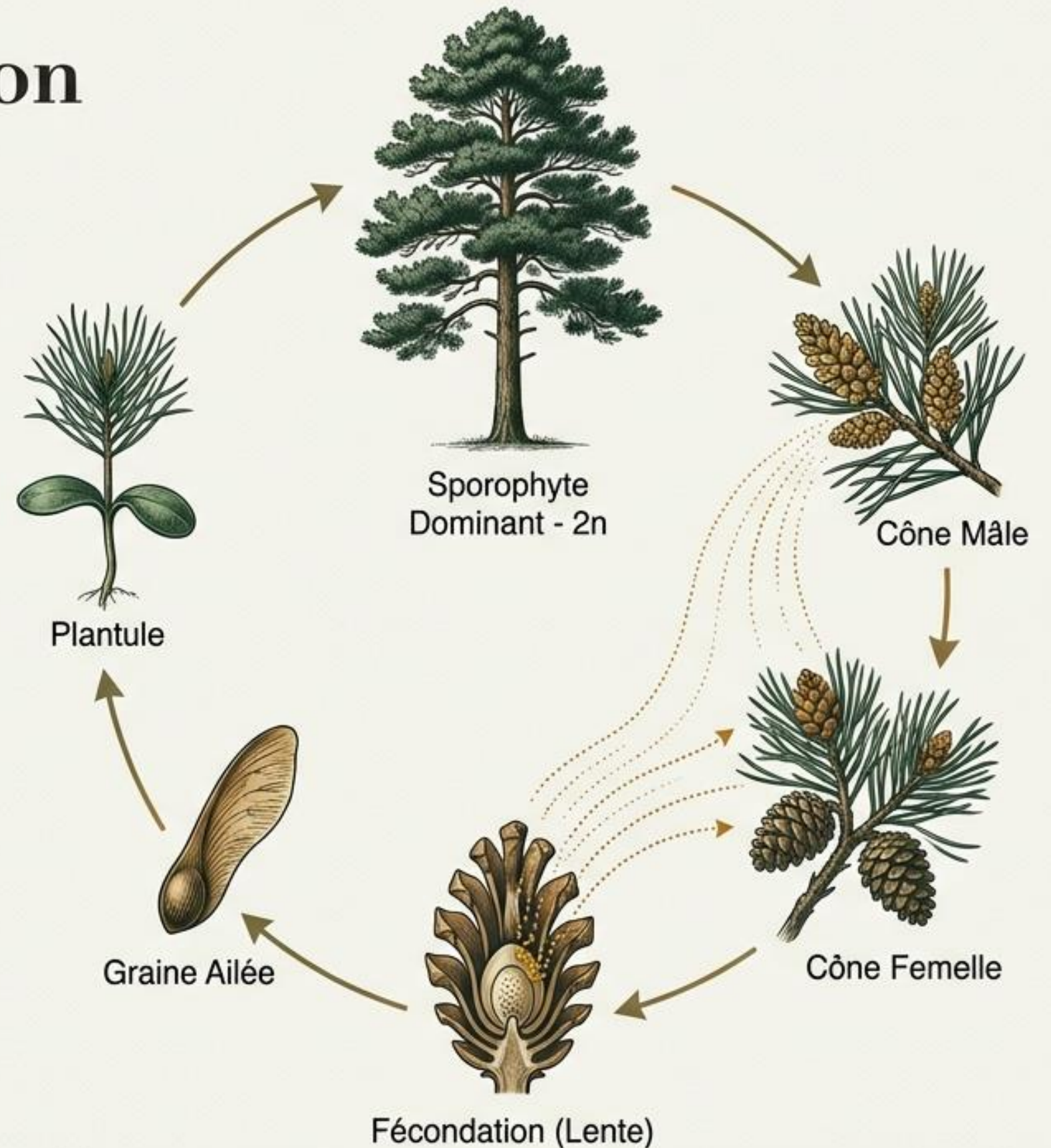


- **Le Biome Taïga** : La plus grande forêt terrestre du monde est dominée par les Gymnospermes.
- **Puits de Carbone** : Rôle critique dans la régulation climatique par le stockage massif de carbone dans la biomasse et le pergélisol.
- **Résistance** : Physiologie adaptée aux sols pauvres, au froid extrême et à la sécheresse physiologique (gel).



Cycle de Vie et Reproduction

- ❖ **Phase Dominante** : Sporophyte (l'arbre est diploïde).
- ❖ **Hétérosporie** : Production distincte de microspores (pollen) et mégaspores (ovules).
- ❖ **Mécanisme** : Pollinisation anémophile (par le vent).
- ❖ **Temporalité** : Cycle très lent. Chez Pinus, il faut jusqu'à 3 ans entre la pollinisation et la maturité de la graine.



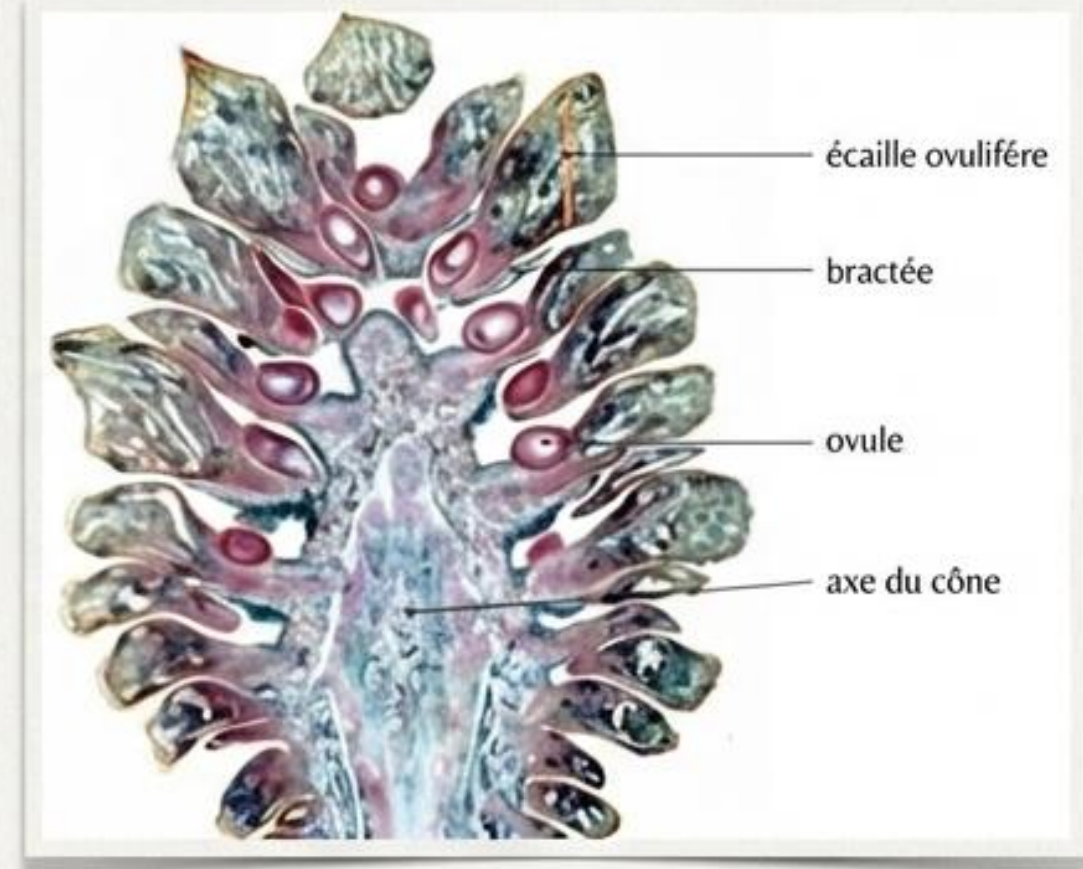
L'Appareil Reproducteur : Le Cône (Strobile)

Mâle



Cône Mâle : Groupés en épis. Portent les sacs polliniques (microsporangies). Éphémères.

Femelle



Cône Femelle : Écailles ovulifères ligneuses. Portent les ovules nus. Persistants.

- **Unisexualité :** Fleurs toujours séparées (Dioïque ou Monoïque).
- **Pollinisation Anémophile :** Transport du pollen par le vent.

Synthèse : Gymnospermes vs Angiospermes

Gymnospermes (Graine Nue)

Angiospermes (Plante à Fleurs)

Graine : Nue (sur écaille)

Graine : Enfermée dans un fruit (ovaire)

Fleur : Unisexuée (Cône)

Fleur : Souvent Hermaphrodite

Pollinisation : Vent (Anémophile)

Pollinisation : Animaux (Entomophile)

Bois : Homoxylé (Trachéides)

Bois : Hétéroxylé (Vaisseaux)

Fécondation : Simple

Fécondation : Double (avec albumen)



Cône de Pin



Fruit de Pommier (Coupe)



Conclusion

Les Gymnospermes ne sont pas simplement des précurseurs.

Ils sont des maîtres de l'adaptation, comblant le fossé entre les plantes à spores primitives et les plantes à fleurs modernes.

Une architecture biologique qui a résisté à 300 millions d'années.