

Première Partie :

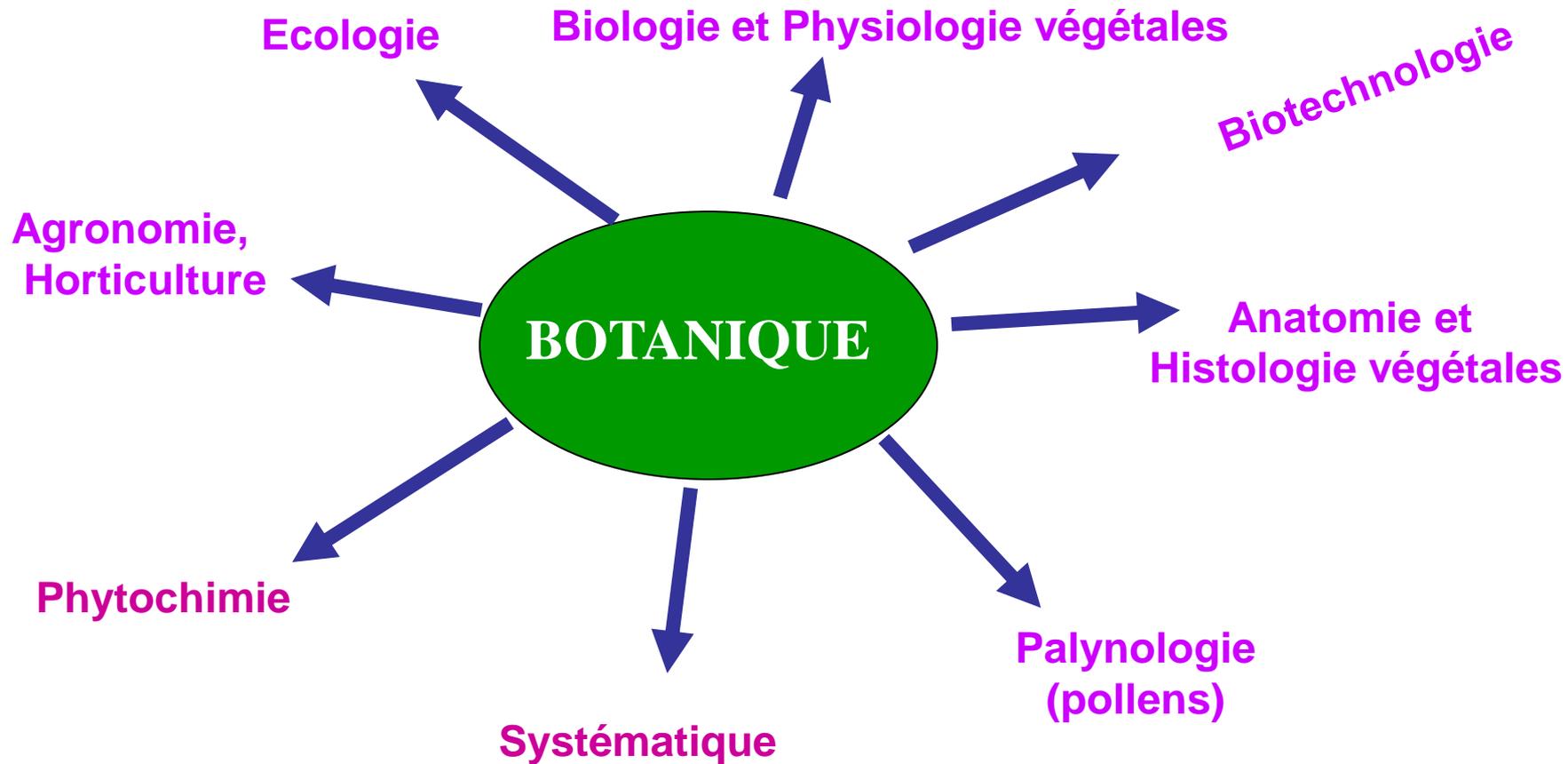
Généralités

La systématique végétale est la partie de la botanique qui a pour objet le groupement des plantes en entités appelées taxons (familles, genres, espèces, etc.) afin de pouvoir les nommer et les classer en prenant en compte les caractères morphologiques, cytologiques, biochimiques et la biologie moléculaire.

La taxonomie, c'est-à-dire la classification des organismes, est un outil de base essentiel pour une série d'autres disciplines

Qu'est ce que la Botanique ?

Discipline scientifique en constante évolution



I. Histoire de la Botanique

De l'Antiquité jusqu'au 17^{ème} siècle :

- ▶ **pas de règles universelles** pour nommer et classer les plantes
- ▶ **classifications purement "utilitaires"** :
plantes alimentaires, médicinales, textiles....
- ▶ descriptions souvent **incomplètes** ou **fantaisistes**
- ▶ ouvrages **très rares**

A. Antiquité

- * **manuscrit chinois (300 plantes) 2800 ans avant JC**
- * **philosophe grec "père de la Botanique" 500 plantes travaux ignorés jusqu'au 15^{ème} siècle**
- * **Histoire Naturelle**
- * **médecin grec travaux très utilisés jusqu'au 16^{ème} siècle**

B. Moyen-Age (du 5^{ème} au 15^{ème} siècle)

- ▶ **compilations** et **commentaires** des ouvrages des auteurs de l'Antiquité
- ▶ multiples **copies** et **recopies** des ouvrages de l'Antiquité
- ▶ descriptions de **plantes fraîches** très rares
- ▶ les plantes citées par les auteurs de l'Antiquité sont des **plantes méditerranéennes**
- ▶ parfois, une même illustration pour des espèces différentes !

C. Renaissance (15^{ème} et 16^{ème} siècles)

- ▶ **invention de l'imprimerie**
- ▶ **renaissance scientifique**
- ▶ **grandes explorations et découvertes géographiques**

* essais de **classifications scientifiques des plantes**,

critères morphologiques variables : fruits, corolle ...

Classifications "artificielles" : en général un seul caractère utilisé.

* descriptions et représentations précises de plantes



Maïs 16^{ème} siècle

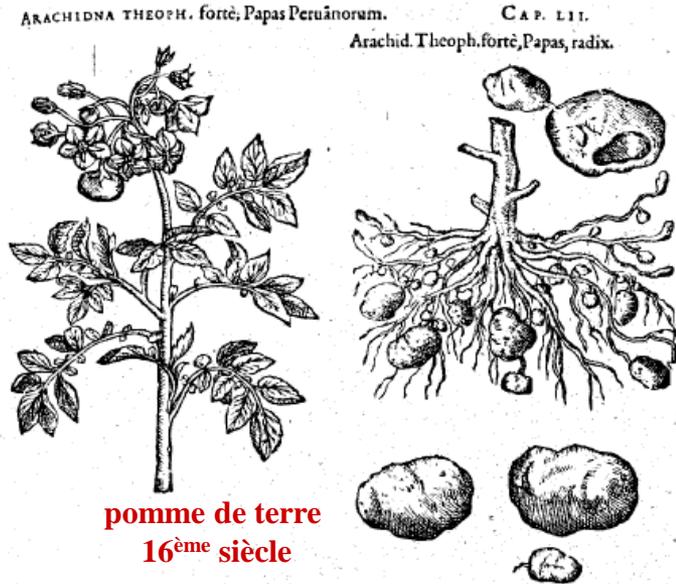


Maer de schoonste zijn zeer dobbel ende vol bl
zijn/ zeer aerdich aen d'waterse canen oock ghefer
tende in d'midden van de bloeme abelijc twee d

* diffusion d'ouvrages botaniques

** Fuchs, Charles de l'Ecluse, Bauhin,....

* premiers herbiers, premiers jardins botaniques



pomme de terre
16^{ème} siècle

D. La nomenclature et la systématique modernes

A partir du 17ème siècle, nombreux essais de mise en place d'une **classification** et d'une **nomenclature** universelles.

Charles Linné (18ème siècle), botaniste, suédois



(1707-1778)



a) avant Linné :

- ▶ pas de système de classification validé
- ▶ pas de règles de nomenclature universelle, 2 sortes de noms :

* noms **vernaculaires** ou **vulgaires** : noms régionaux

Problèmes des noms vernaculaires

- ▶ une même espèce peut avoir plusieurs noms vernaculaires
- ▶ même nom pour plusieurs espèces

ex. les lauriers

* noms latins, **polynômes** : brèves descriptions latines
(souvent 2-3 termes latins, parfois jusqu'à 10)

b) travaux de Linné

Linné considéra que toutes les espèces ne changeraient pas après avoir été créées par Dieu- (aucune espèce nouvelle) et considérait que toutes les espèces étaient apparues en même temps. Mais vers la fin de sa vie, il commence à noter des différences chez plusieurs espèces de plantes.

Il reconnut également que de nouvelles variétés pouvaient être cultivées et il nota des exemples de ce que nous appelons maintenant les mutations. Il lui semble que de nouveaux types de plantes étaient apparues après la première création . Linné abandonna l'idée qu'aucune nouvelle espèce ne pouvait apparaître.

Les systématiciens ont utilisés de nombreux caractères pour classer les organismes et sont classés de façon hiérarchique dans des catégories

- catégorie **Règne**,
- les différents groupes qui constituent un règne sont les **Embranchements**,
- *dans un embranchement , chaque groupe est une* **Classe**,
- dans une classe, chaque groupe est un **Ordre**,
- dans un ordre, chaque unité est une **Famille**,
- dans chaque famille, chaque groupe est un **Genre**,

Un genre est composé d'une ou plusieurs **espèces**.

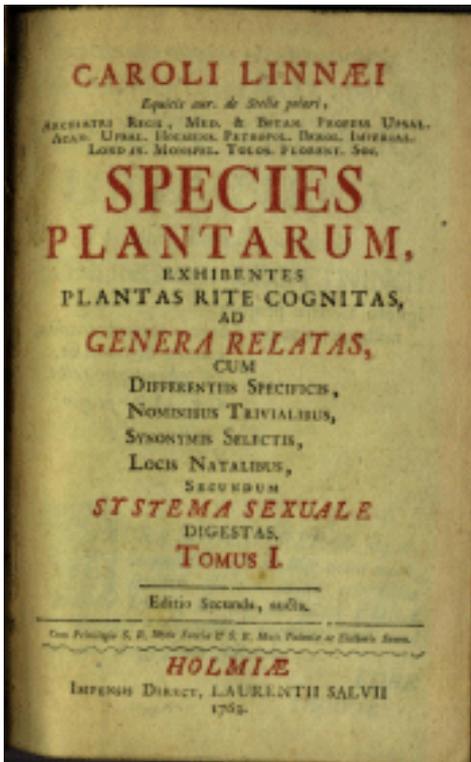
Chaque groupe d'organismes, quel que soit le niveau dans la classification, est appelé Taxon = Solanaceae (Famille).

- On identifie le niveau des différents taxons des plantes par leurs noms.
- les noms de famille se termine par **aceae**
- noms d'ordre par **ales**

1. mise au point de la **nomenclature** botanique **binomiale**

(ou binominale ou binaire) :

toutes les espèces nommées par 2 termes
Genre + espèce : le binôme



Species Plantarum 1753

* Binôme toujours **latinisé** (sauf exceptions !)

* Genre avec une **majuscule**

* espèce toujours avec une **minuscule**

ex : *Geranium robertianum*

* Les 2 termes en *italiques*

* Binôme suivi du nom complet ou abrégé du 1er descripteur (en écriture normale).

départ de la nomenclature botanique scientifique :

1^{er} mai 1753

avant Linné
ex de polynôme

Bellis scapo nudo uniflora

depuis Linné
binôme

Bellis perennis L.

initiale **descripteur**
(ici Linné)



↑
Genre

(12-15 espèces)

↑
espèce



nom vernaculaire



pâquerette

Synonymes (du nom scientifique)

En plus de son nom scientifique valide, une espèce peut posséder plusieurs autres noms scientifiques : **synonymes**

- ▶ quand elle a été décrite et nommée **plusieurs fois depuis 1753**

ex. le muguet :

Convallaria majalis L. 1753
Convallaria latifolia Miller 1768
Convallaria fragrans Salisb. 1796

le nom juste le plus ancien

(à partir de 1753)

est le **nom valide** (règle d'antériorité)

} **synonymes**

- ▶ quand elle a **changé** de genre ou de famille et que son nom a changé

ex. la tomate :

Solanum lycopersicum L.
Lycopersicon esculentum Mill.

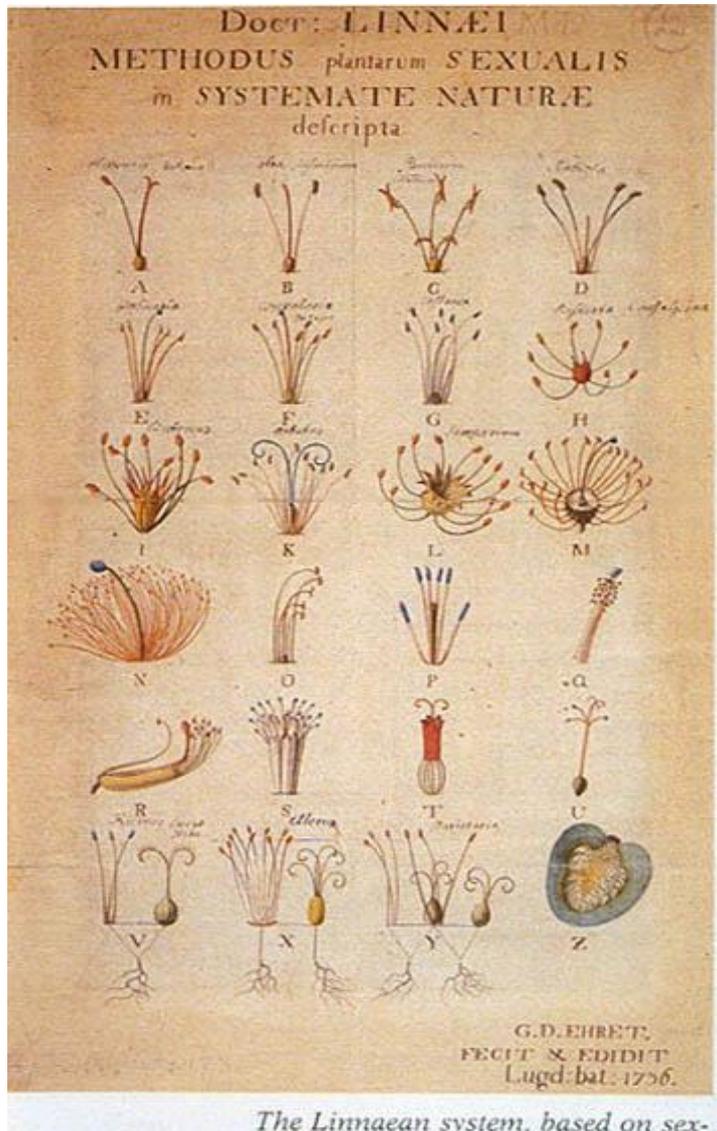
on trouve également :

Solanum lycopersicon
Lycopersicum esculentum

Intérêt de la nomenclature scientifique

Dans un **article scientifique**, quelle que soit la langue utilisée, les plantes doivent toujours être citées selon la **nomenclature binomiale**.

2. Mise au point de la **classification universelle des végétaux** grâce au "**système sexuel**" (*Systema Naturae* 1749)



plantes réparties en **24 classes** selon les étamines

- * nombre
- * disposition
- * longueur

classification artificielle mais pratique !
Linné a ainsi classé les 8000 espèces décrites
à son époque.

* Antoine –L de Jussieu (1748-1838) a décrit de nombreuses familles dont nous essayons aujourd'hui d'étudier l'évolution. Ses genres et ses familles ont été considérés pendant deux siècles comme des groupes plus ou moins distincts, mais ce n'est pas ainsi que Jussieu les considérait; pour lui, les relations, dans la nature , étaient continues.

Il soulignait que les groupes étaient liés entre eux et que ses familles, comme les composées, étaient des exemples de cette continuité; il n'est pas étonnant que les genres réunis dans ces familles étaient difficile à identifier .

Jussieu en 1789 construisit des « groupes » par synthèse , pour former successivement des espèces, des genres et des familles; cette synthèse semble avoir été dirigée par l'idée d'une ressemblance globale.

Jussieu montra ensuite comment des traits différents pouvaient caractériser des groupes d'importance de plus en plus réduite.(ne croyait pas en l'existence de groupes dans la nature)

* De Candolle Auguste-Pyrame (1778-1841) avait tendance à privilégier l'analyse et il affirmait également l'existence de groupes distincts dans la nature; il recherchait les caractéristiques propres à ces groupes. Les genres étaient décrits de plus en plus lents, les genres restaient des groupes d'espèces séparées par des discontinuités morphologiques suffisantes.

E. XIX^{ème} siècle : démonstration de l'évolution du monde vivant

* jusqu'au 18^{ème} siècle, un seul concept : les espèces vivantes ont été **créées** telles quelles sont quelques siècles plus tôt, elles sont **fixes** et **immuables** !

Mais l'étude des **fossiles**, notamment, provoque des interrogations.

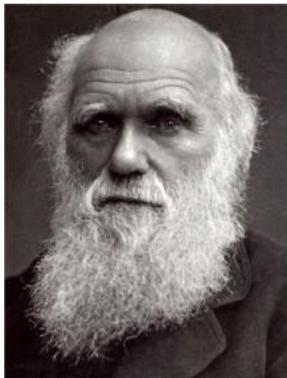


* en 1800, Jean-Baptiste Monet de **Lamarck (1744-1829)** :

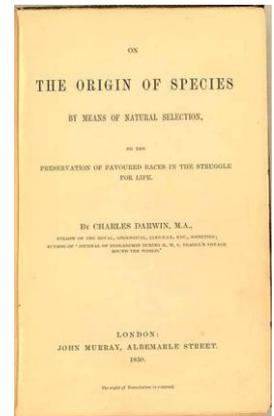
"...**modification** des espèces sous l'**action du milieu** et **hérédité** des caractères **acquis**..."

Théorie du **Transformisme**

* **Charles Darwin** (dans "**de l'origine des espèces**" 1859) :



"...toutes les espèces vivantes manifestent une **variabilité** constante, la **sélection naturelle** garde les individus les **plus aptes** qui peuvent donner naissance à de **nouvelles espèces**..."



- Lamarck (1778) proposa un schéma numérique de pondération basé sur la répartition généralement , parmi les plantes, d'un caractère tel que la présence d'un calice, par exemple: il tenait compte non seulement de la présence/absence, mais aussi de la nature du caractère.

- L'acceptation de l'évolution n'inspira aucun nouveau moyen de mettre les relations en évidence. Charles Darwin ne donna pas d'indications sur la manière d'attribuer un rang aux taxons.

La théorie darwinienne de l'évolution est basée sur les cinq principales observations et inférences tirées. Ces observations et inférences ont été résumées par le grand biologiste Ernst Mayr comme suit:

1) les espèces ont une grande fertilité. Ils font plus de descendants que peut atteindre l'âge adulte.

2) Les populations restent à peu près la même taille, avec des fluctuations modestes.

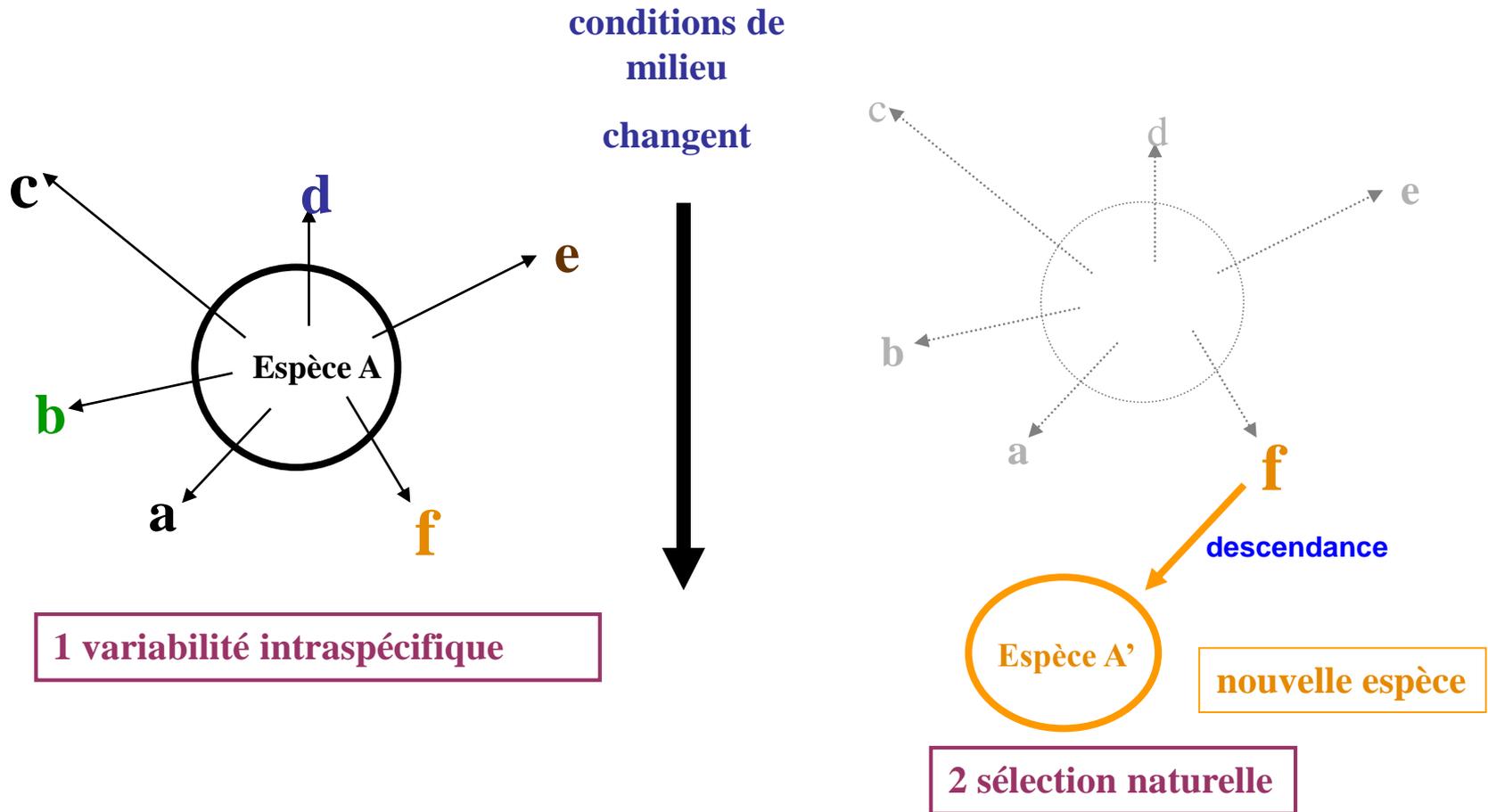
3) Les ressources alimentaires sont limitées, mais elles sont relativement constant la plupart du temps.

De ces trois observations, on peut conclure que dans un tel environnement, il y aura une lutte pour la survie entre les individus.

4) Dans les espèces à reproduction sexuée, généralement il n'ya pas deux personnes sont identiques. La variation est endémique.

5) Une grande partie de cette variation est héréditaire.

Schématisation de la théorie de l'évolution selon **Charles Darwin**



De nombreuses découvertes confirmant cette théorie ont été faites depuis les travaux de Darwin :

- * lois de l'hérédité (Mendel, 1866)
- * chromosomes et mutations (responsables de la variabilité intraspécifique) (Morgan vers 1900)
- * ADN support de l'hérédité (1944)...

F. Les classifications botaniques après Linné

- a) Fin 18ème siècle – début 19ème siècle :
essais de "classifications naturelles"
utilisant de nombreux caractères hiérarchisés



Bernard de Jussieu
(démonstrateur Jardin du Roi)
1699-1777

mais surtout

Antoine-Laurent de Jussieu
(prof. Muséum d'Histoire
Naturelle) 1748-1836



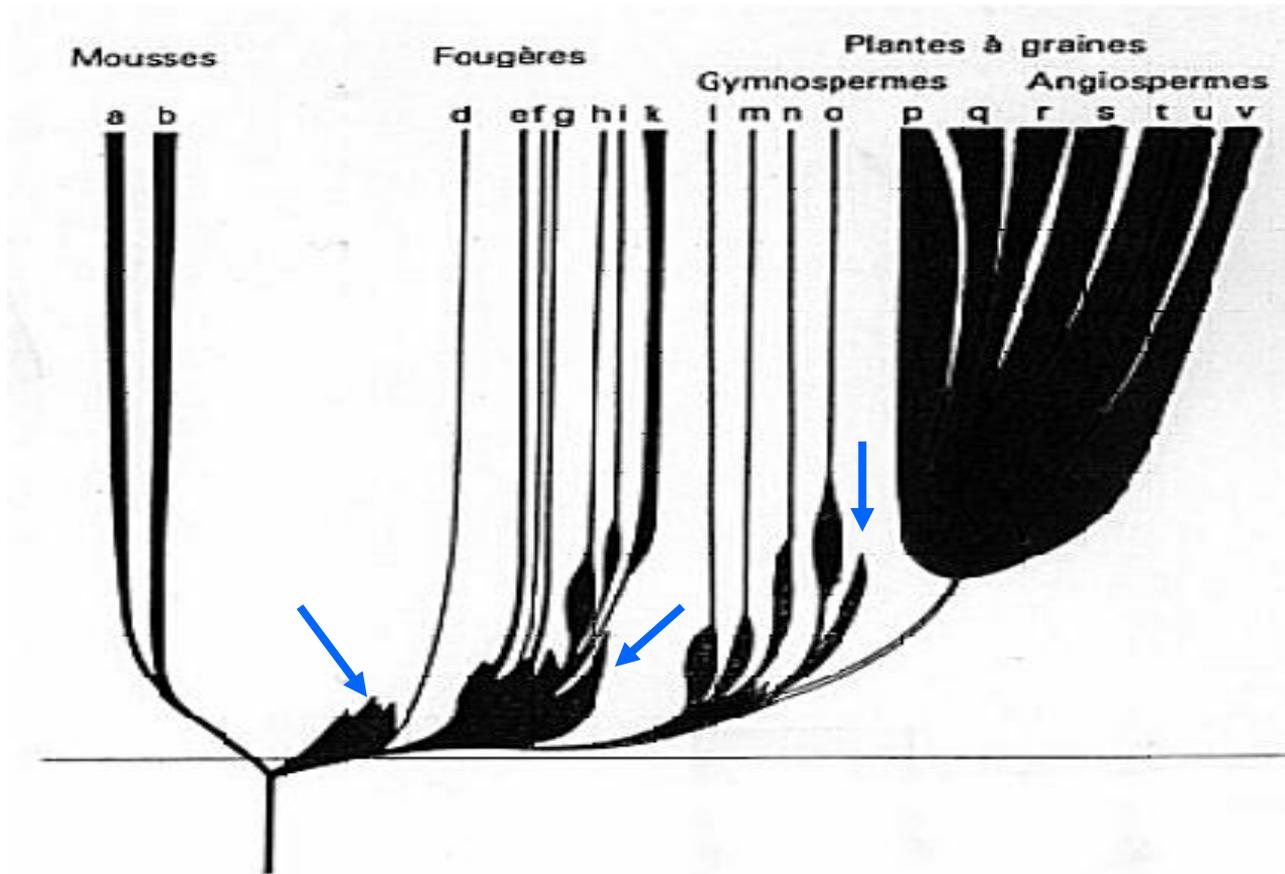
- * plantes réunies en 100 ordres (=familles)
76 encore reconnues de nos jours
- * considéré comme le point de départ de la nomenclature des familles

b) après Lamarck et Darwin :

classifications intégrant la notion d'évolution :
arbres généalogiques du monde végétal



Classifications phylogénétiques



Les Embryophytes



Fougère



Les Angiospermes



Les Conifères



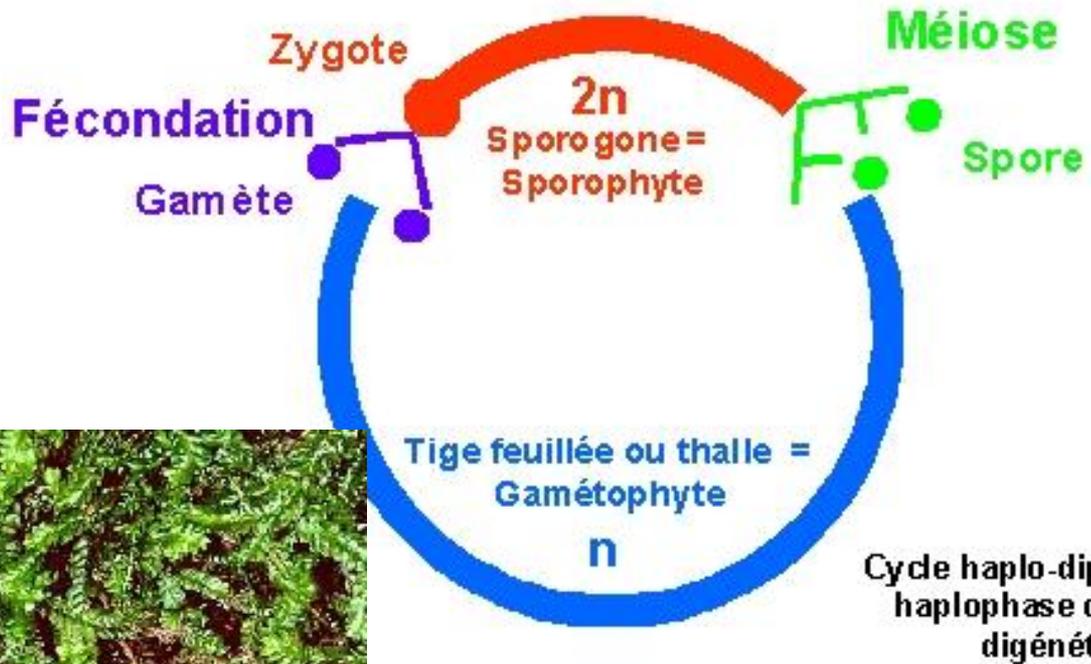
Mousse

Hepatica

Alternance de phases chromosomiques

et alternance de générations

Cycle de reproduction des Bryophytes

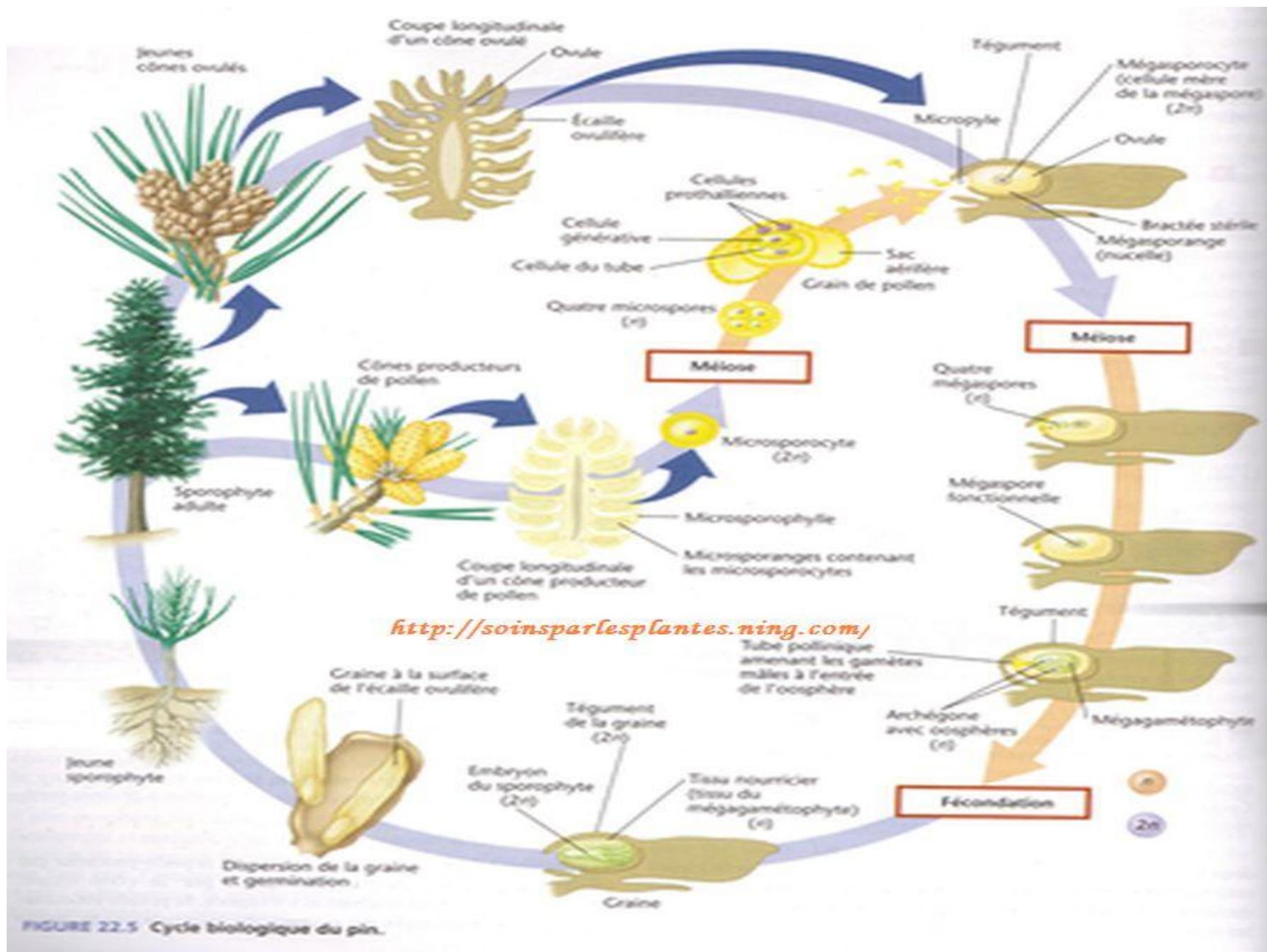


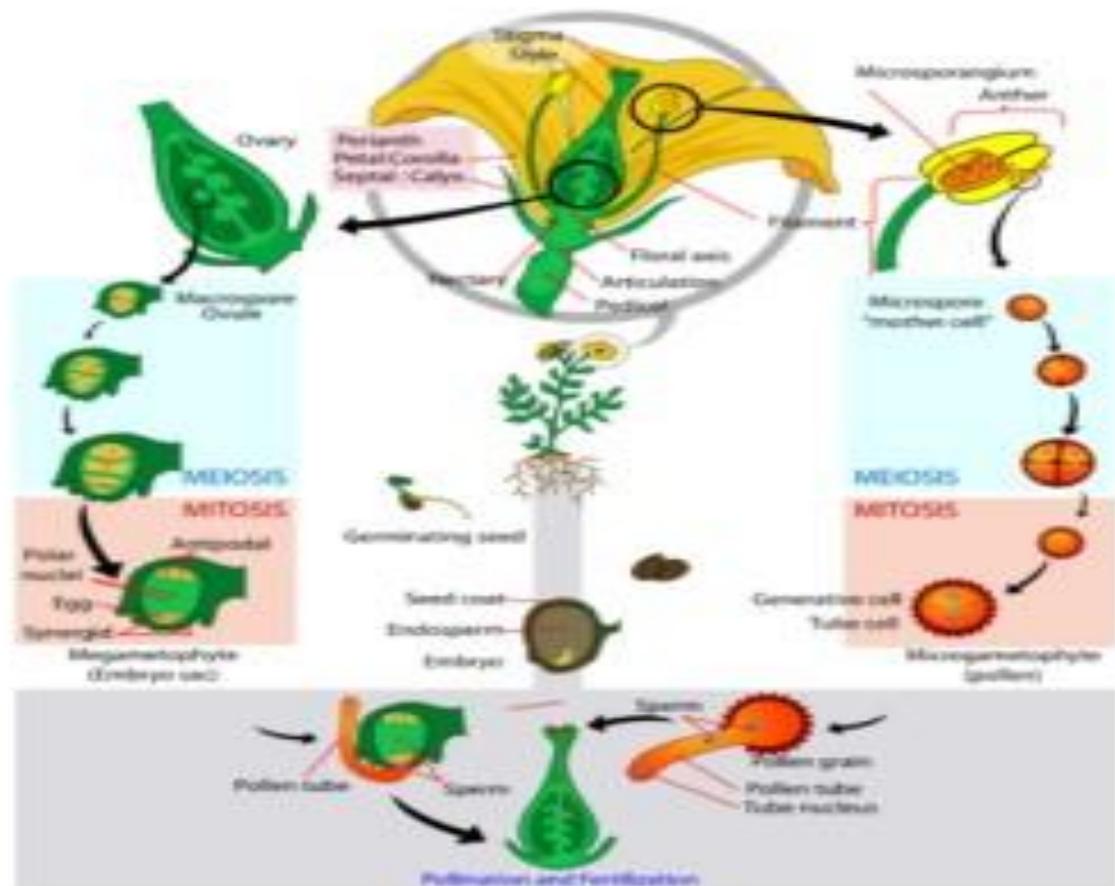
Cycle haplo-diplophasique
haplophase dominante
digénétique

Caractéristiques des embryophytes



Cycle de vie d'une fougère. Les structures haploïdes sont dessinées en rouge.





LIFE CYCLE OF A FLOWER

© BIRCH & BIRCHOOD

G. Classifications contemporaines

* à partir du début du 20ème siècle :

classifications phylogénétiques de + en + complexes

La classification contemporaine est basée uniquement sur des caractères morphologiques, anatomiques ou phytochimiques permettraient de déterminer aisément les taxons mais ne refléteraient que très imparfaitement les affinités entre les groupes. Au contraire, des systèmes qui ne seraient construits que sur des hypothèses phylogénétiques seraient d'utilisation difficile pour la détermination des taxons.

synthèse de très nombreux caractères ("**classifications synthétiques**")

+ **macroscopiques : fleur**

+ **microscopiques : pollen, embryon....**

+ **caryologiques : chromosomes**

+ **biochimiques : classes chimiques synthétisées**
(surtout métabolisme secondaire)

1 - Classification phénétique ou taxonomie numérique

(Phénétique synonyme de taxonomie)

C'est une classification qui regroupe les taxons d'un certain rang en taxons de rang supérieur exclusivement en fonction de leur degré de ressemblance.

(homologie et homoplasie = analogie)

très grand nombre de caractères codés puis traités par informatique

Technique de mesure (euclidienne. ex.) = mathématiques

Méthodes de classification hiérarchiques (Dendrogrammes) permettent de traiter rapidement un grand nombre d'espèces.

arbres phénétiques ou phénogrammes

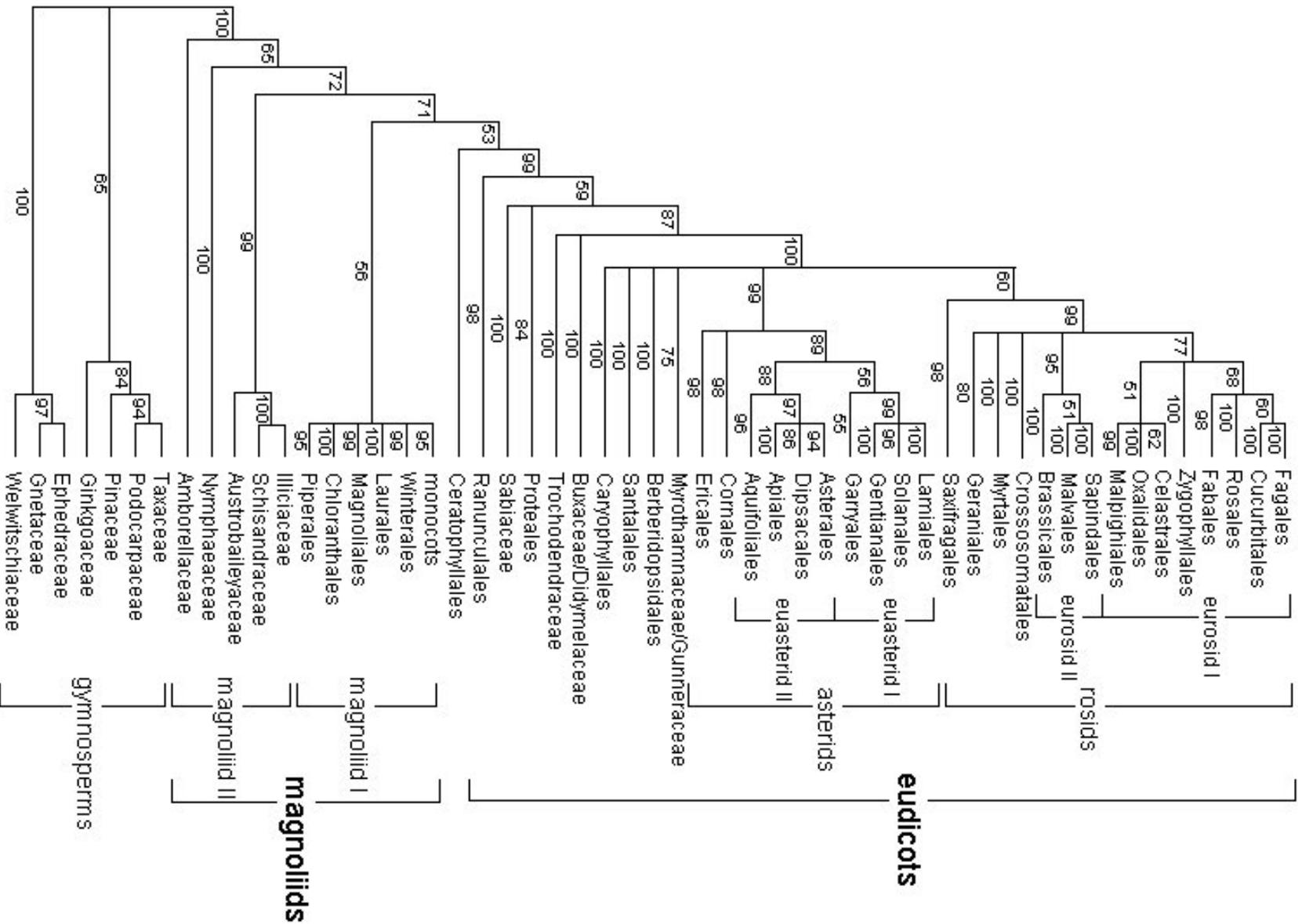
exprimant des degrés de similitude ou ressemblance

On calcule ainsi des indices de ressemblance ou des distances entre organismes

La méthode phénétique estime que plus le nombre de caractères communs à deux espèces est grand, plus elles se ressemblent donc plus elles sont proches.

Tous les caractères sont considérés, au départ, comme ayant le même "poids".

Phénogramme des Angiospermes Dicotylédones et des "Gymnospermes"



Les arguments taxonomiques: Caractères structuraux et biochimiques.

A-La morphologie

Les caractères morphologiques sont faciles à observer et ils sont utilisés pratiquement dans les clés et dans les descriptions. On peut trouver des caractères utiles pour la phylogénie dans les organes de la plante, qu'ils soient végétatifs ou reproducteurs.

Les organes végétatifs des angiospermes sont les **racines, les tiges** et les **feuilles**, et les organes reproducteurs sont les **fleurs, les fruits** et les **graines**.

Durée de vie de la plante

Annuelles: 1 an

Bisannuelles: 2 ans

Vivaces: 3 ans au moins (plusieurs fois fleurs et fruits)

B-L'anatomie

Les caractéristiques liées à la structure internes des plantes ont été utilisées à des fins systématiques plus de 150 ans et elles sont utiles aussi bien pour les identifications pratiques que pour la détermination des relations phylogénétiques.

C-Les chromosomes

Le nombre chromosomique peut être, par lui-même, un caractère systématique utile. Des nombres chromosomiques semblables peuvent indiquer une proche parenté.

La taille des chromosomes, la position du centromère, le type de « banding » et d'autres caractéristiques peuvent également apporter des informations systématiques.

D- Les métabolismes secondaires des végétaux

On utilise les caractères biochimiques des plantes en taxonomie depuis plus de 100 ans et, indirectement, par l'utilisation des odeurs, des goûts et de caractéristiques médicinales.

- Les alcaloïdes
- Les terpénoïdes
- Les flavonoïdes

-E- Les protéines

On a utilisé les protéines en systématique de plusieurs manières; les principales méthodes, comme le séquençage des acides aminés et l'électrophorèse.

A partir d'un arbre ou **cladogramme**, nous pouvons identifier les groupes ***monophylétiques** qui forme un **clade** (ex: pétales soudés +fleurs en capitules) fleurs en capitules est un caractère dérivé commun à toute la famille *Astéraceae* prouvant son monophylétisme. La présence de pétales soudés est un caractère dérivé commun * **synapomorphies**.

Chez tout les membres de la famille des graminées, par exemple, l'embryon est différent de celui de toutes les autres angiospermes. Nous donc supposons que l'embryon des graminées est un caractère dérivé (ou synapomorphie) propre à cette famille: il montre que cette dernière est monophylétique.

(cela donne un arbre généalogique qui aboutira à la même conclusion).

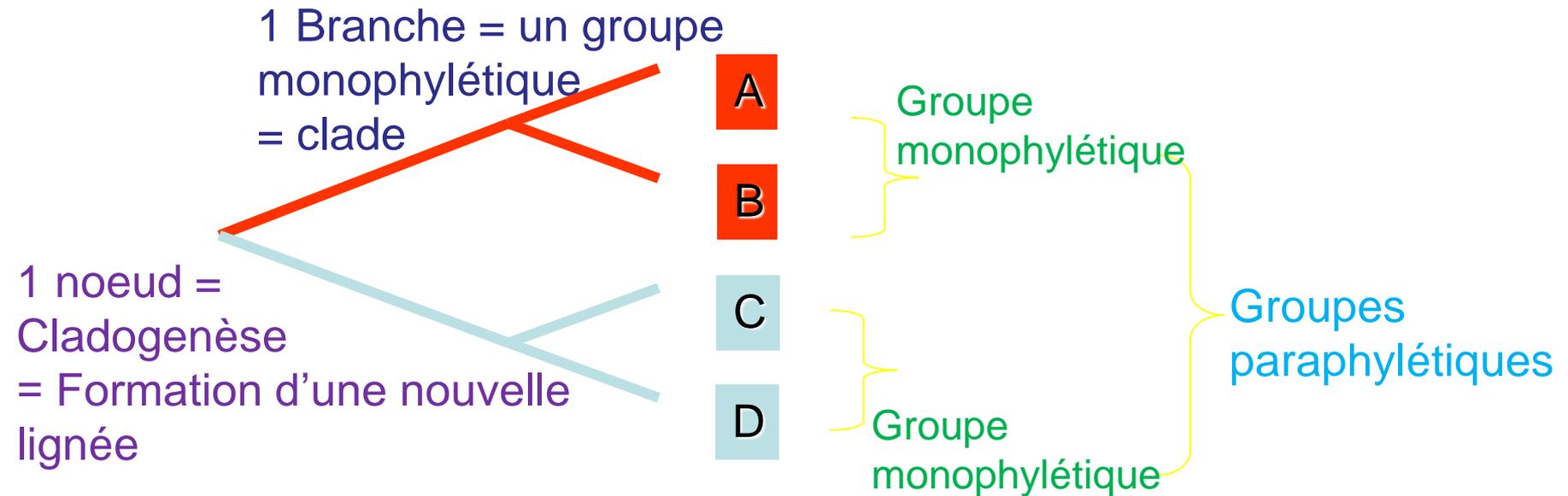
Les pétales soudés et les capitules seraient alors des états de caractères ancestraux appelés * **symplesiomorphies**.

Les espèces qui ne constitueraient pas un groupe monophylétique, ce groupe serait appelé * **paraphylétiques**.

Il n'existe pas de solution cladistique pour certains groupes taxonomiques; il n'est possible de savoir vraiment paraphylétique ou monophylétiques: on dit qu'ils sont ***métaphylétiques**.

Principe de la systématique cladistique

La systématique cladistique est une approche philosophique et méthodologique, acceptée depuis longtemps par les zoologues, mais adoptée plus tardivement par les botanistes. Son principe fondamental est que la preuve d'une parenté phylogénétique entre différents taxons qui partagent les mêmes caractères dérivés sont nommés **synapomorphies**.

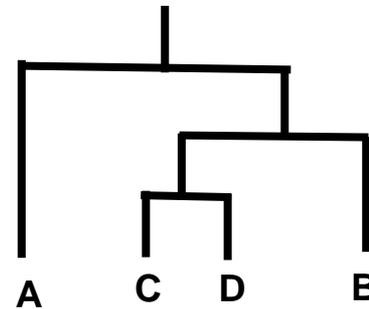


1 groupe est monophylétique si:
toute espèce lui appartenant est plus étroitement apparentée à n'importe laquelle des espèces du groupe qu'à tout autre espèce n'en faisant pas partie.

* **cladistique** (Willi Hennig, vers 1950)

Quand une **nouveauté** apparaît chez un individu, elle sera **transmise** à tous ses descendants :
donc lorsque plusieurs êtres vivants **partagent** une même **nouveauté évolutive**
(**homologie** ou **apomorphie**), **ils l'ont héritée d'un ancêtre commun**.

En cladistique on définit des **clades** (= rameaux)
ou **groupes monophylétiques** comprenant
un ancêtre et tous ses descendants



problème, il peut y avoir des ressemblances à cause :

* de la **convergence** : caractère particulier apparu plusieurs fois au cours de l'évolution et rencontré chez des espèces **non apparentées**

(ex "plantes grasses", "plantes carnivores",...)

* de la **réversion** : retour d'un caractère dérivé à l'état ancestral (ex mammifères marins)

On parle alors d'**homoplasie**

2- Classification phénétique : Moléculaire

La classification moléculaire repose sur des mesures de la ressemblance des fragments d'ADN ou ARN.

La comparaison des génomes de deux espèces constitue la mesure la plus directe de proximité phylogénétique. Les séquences de base homologues correspondent à celles héritées d'un ancêtre commun.

La systématique est devenue phylogénétique moléculaire

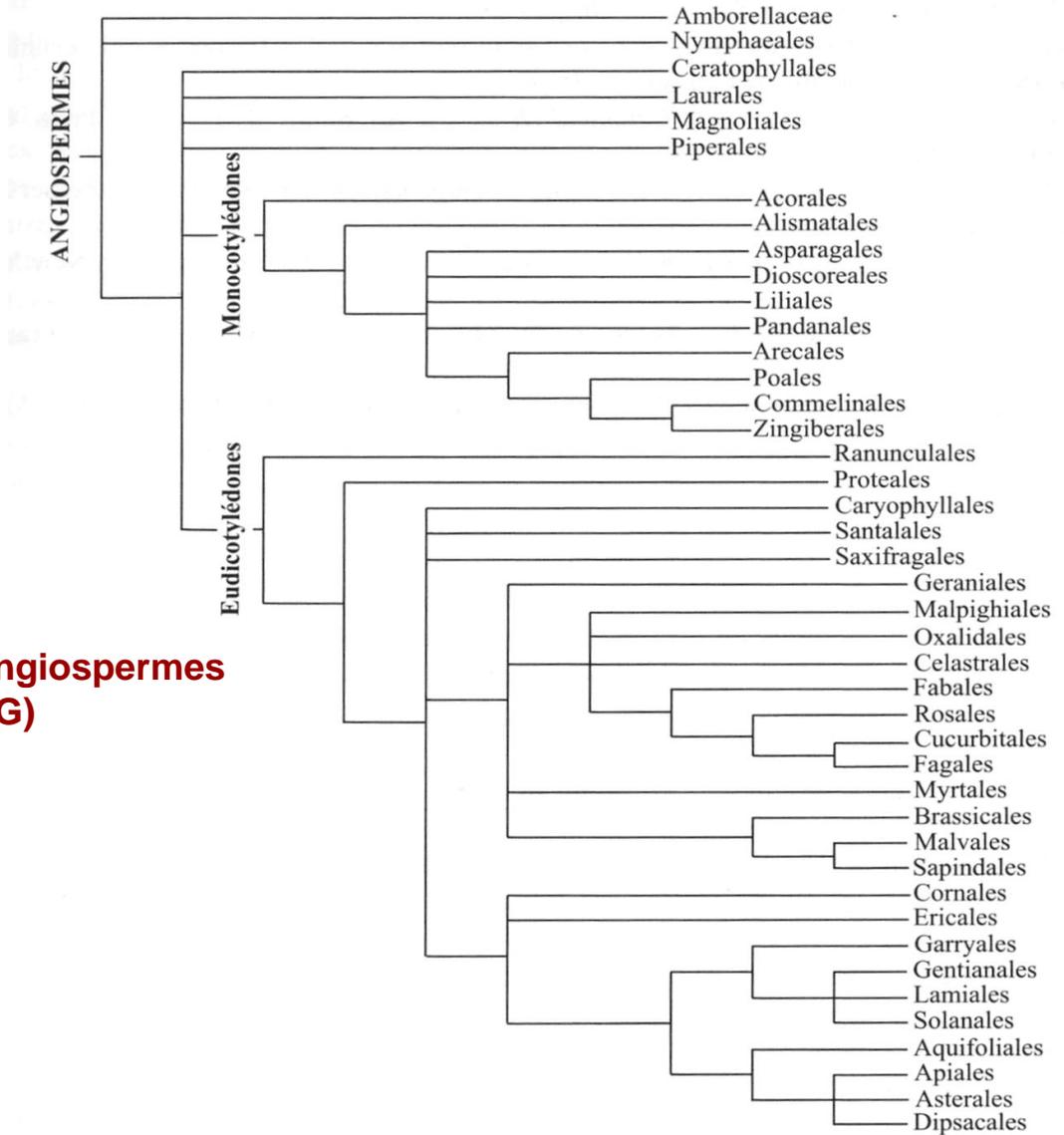
- hybridation ADN- ARN
- la cartographie de restriction (les gènes individuels ou des génomes)
- le séquençage de l'ADN (plus précises des méthodes)

A partir de l'étude d'un certain nombre de caractères, plusieurs cladogrammes sont possibles :
on considère comme valable, celui qui entraîne **le moins de transformations évolutives**
(le "plus économique") : principe de **parcimonie**.

utilisation depuis
quelques années
de **séquences nucléiques**

**Cladogramme des Angiospermes
(selon APG)**

**APG :
Angiosperm Phylogeny Group**



III. Le règne végétal

A. Evolution de la notion de règnes

- ▶ Monde vivant longtemps divisé en **2 règnes** :
 - * **règne animal**
 - * **règne végétal**
(incluant bactéries, cyanophytes et champignons)

- ▶ Ensuite (et encore souvent) divisé en **5 règnes**
 - * **Procaryotes** (Bactéries et Cyanophytes)
 - * **Protistes** (eucaryotes unicellulaires chlorophylliens ou non)
 - * **Végétaux (*Plantae*)**
 - * **Champignons (et Lichens)**
 - * **Animaux**

Actuellement on envisage 2 empires avec 6 règnes

(mais il existe d'autres classifications)

▶ empire des **Procaryotes** (unicellulaires sans noyau)

■ paroi avec acide muramique



Eubactéries
(dont les Cyanobactéries)

■ paroi sans acide muramique



Archées

▶ empire des **Eucaryotes** (noyau)

■ unicellulaires non chlorophylliens, mobiles, phagocytose



Protozoaires

■ uni ou pluricellulaires autotrophes (chlorophylle)



Végétaux (*Plantae*)

■ uni ou pluricellulaires hétérotrophes, cellules avec paroi



Champignons
(et Lichens)

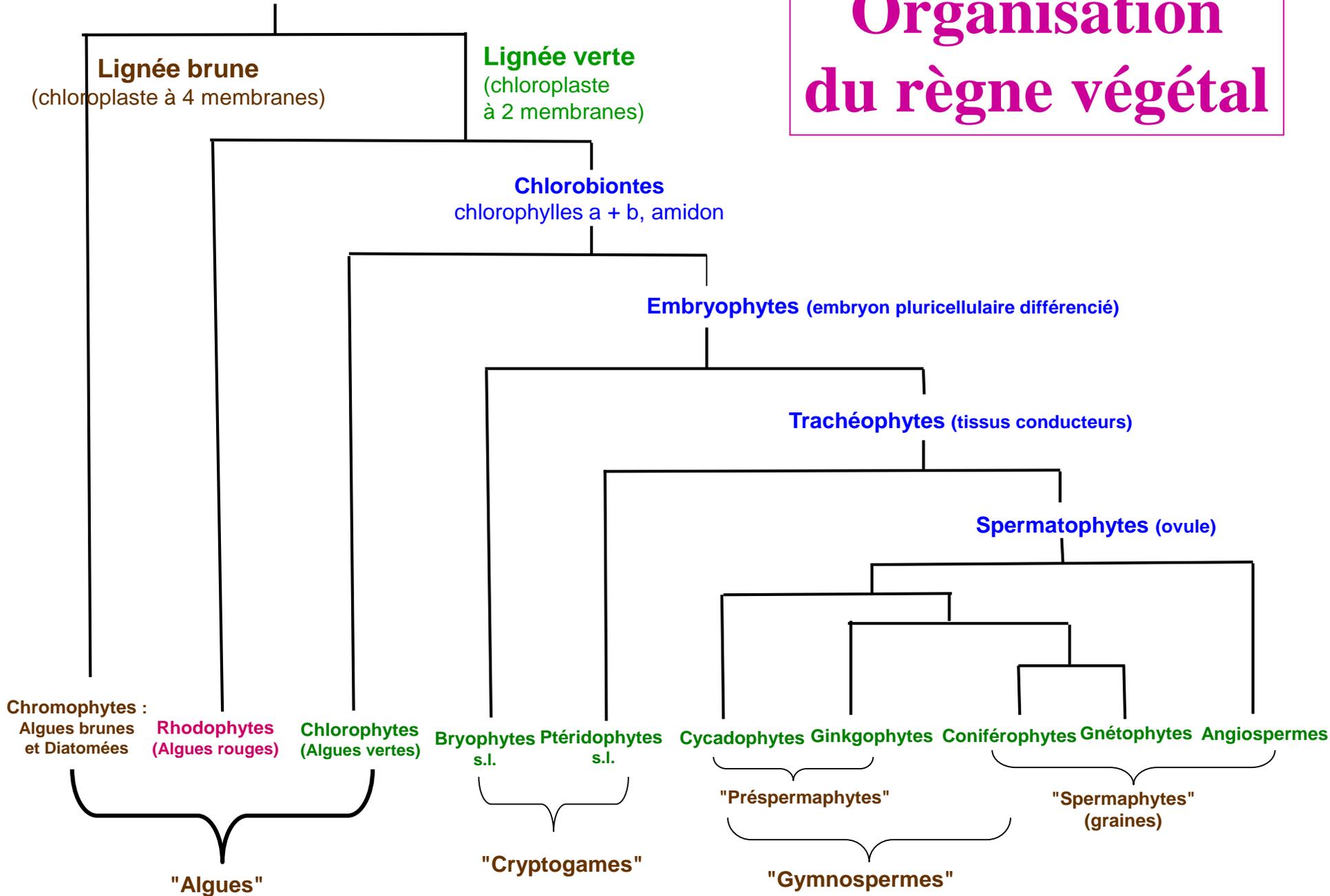
■ pluricellulaires hétérotrophes, phagocytose



Animaux

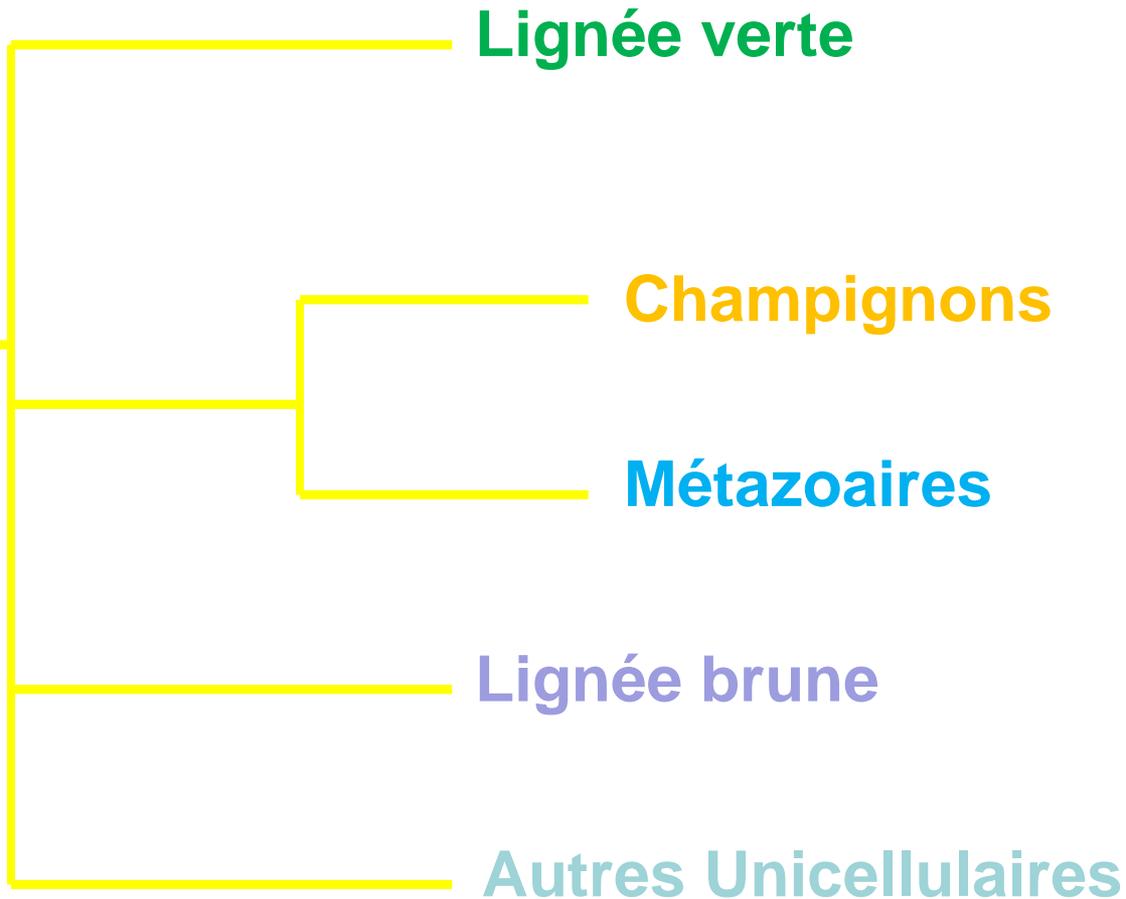
Règne végétal

Organisation du règne végétal



Les Eucaryotes

Arbre simplifié d'après Lecointre et Le Guyader .



La cellule végétale

La cellule végétale se distingue de la cellule animale par trois caractéristiques cytologiques majeures :
Les plastes et pigments assimilateurs, la paroi et la vacuole

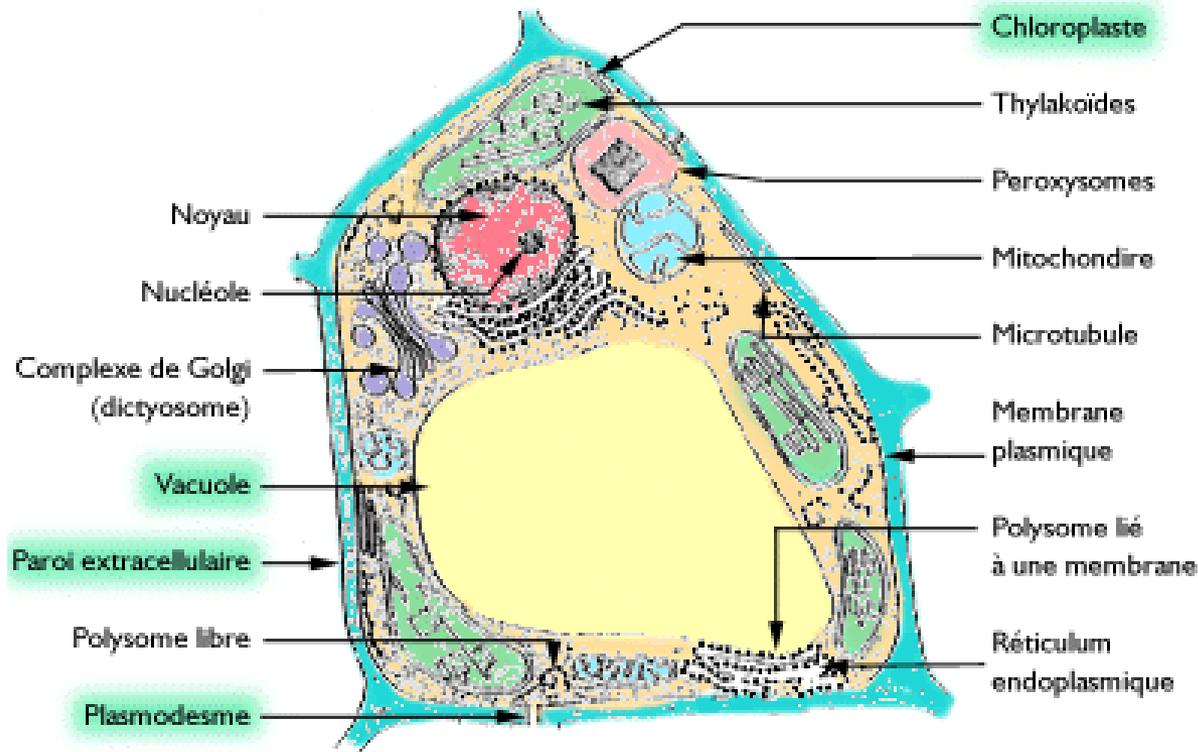
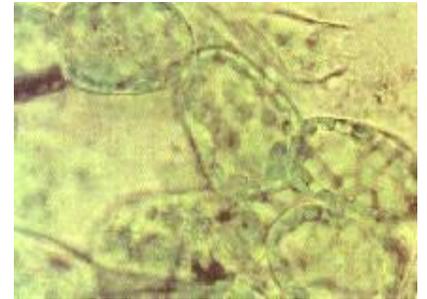


Schéma d'une cellule végétale eucaryote

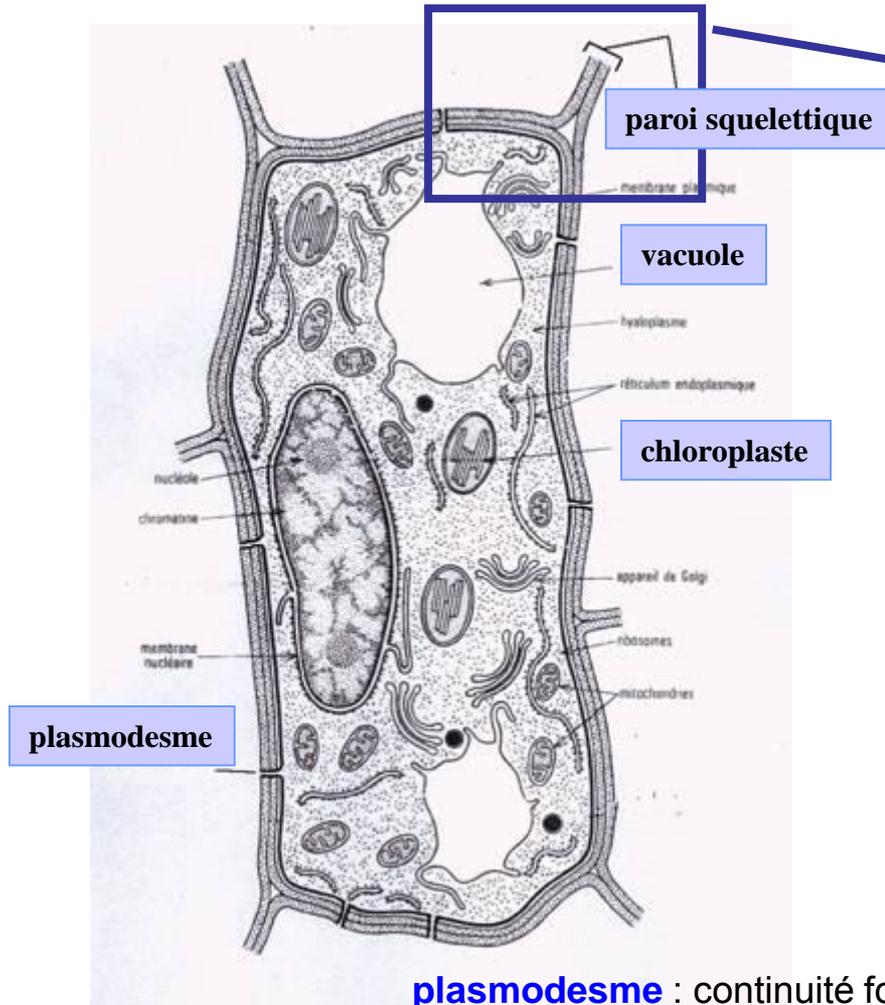
Éléments spécifiques de la cellule végétale eucaryote



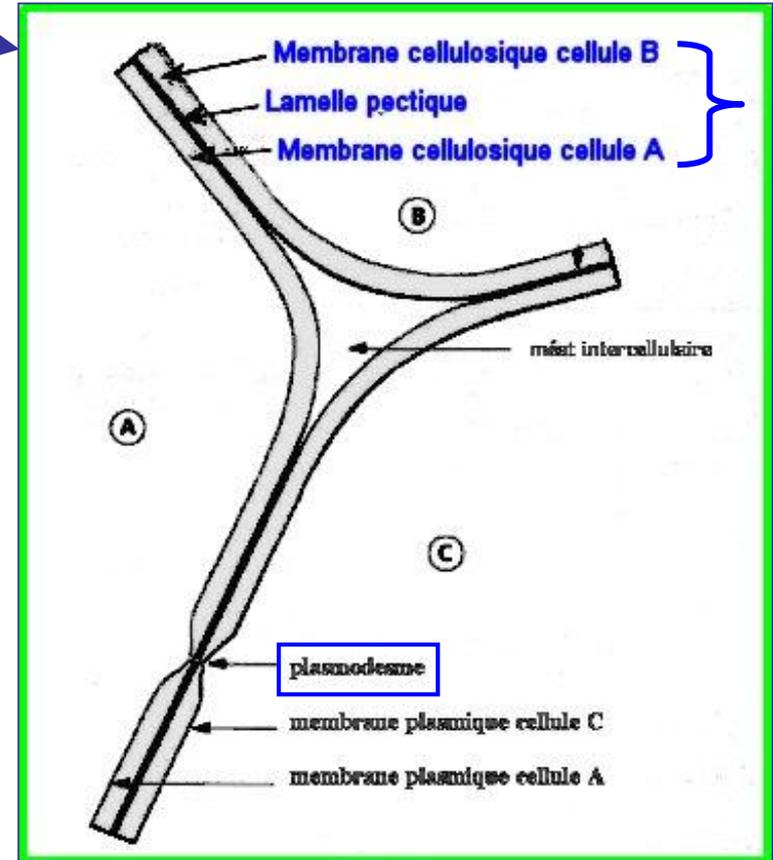
Cellule végétale observée en microscopie optique (x100).

B. Principales caractéristiques des végétaux

a) la cellule végétale



détail paroi squelettique

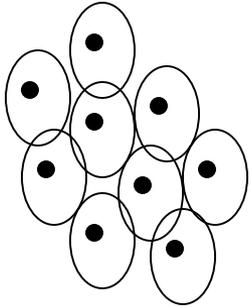


plasmodesme : continuité fonctionnelle (membrane plasmique, réticulum,...

entre cellules voisines à travers la paroi grâce à des ponctuations dans la paroi

b) les tissus végétaux

**Multiplication
cellulaire (par mitose)**



méristèmes

cellules indifférenciées
mitoses permanentes

méristèmes I^{aires} : tissus **initiaux** de la plante

méristèmes II^{aires} : tissus permettant l'**accroissement en épaisseur** (non obligatoires)

**Différenciation
et spécialisation**

tissus de protection :
épiderme, suber

tissus de soutien :
collenchyme, sclérenchyme

tissus d'assimilation (chlorophyllienne)

tissus de réserve :
stockage d'amidon par exemple

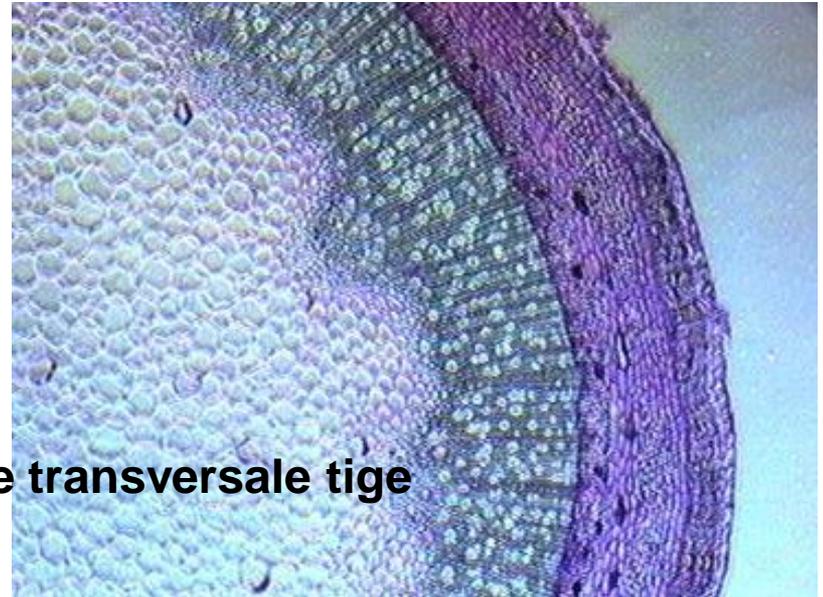
tissus conducteurs de sève

tissus de sécrétion (latex, essences
ou huiles essentielles)

Les tissus

Les cellules d'un végétal vont se différencier, se spécialiser pour former différents tissus.

les méristèmes
les tissus superficiels
les tissus vasculaires
les tissus assimilateurs et de réserve
les tissus de soutien



Coupe transversale tige

La formation des organes et des tissus résultent de l'activité des méristèmes et a lieu tout au long de la vie de la plante.

Le regroupement de ces tissus en vue d'assurer les différentes fonctions donneront naissance aux organes : racines, tiges, feuilles et fleurs.

Tissus conducteurs de sève

Sève brute : eau + sels minéraux  **BOIS ou XYLEME**

- * sève "montante"
- * cellules mortes, en files
- * parois + ou - imprégnées de lignine

Sève élaborée : solution + ou – sucrée  **LIBER ou PHLOEME**
(photosynthèse)

- * sève "descendante"
- * cellules vivantes, en files
- * parois transversales perforées

c) la multiplication végétative (multiplication non sexuée)

