

L2 Biologie-Chimie  
UE de Biologie Cellulaire et Développement  
2023 / 2024

# Biologie du Développement Végétal



**Marianne Delarue**

*marianne.delarue@universite-paris-saclay.fr*  
*Institute of Plant Sciences of Paris-Saclay (IPS2)*

## **Introduction**

### **I – La Cellule Végétale**

- 1 – La vacuole
- 2 – Les plastes
- 3 – La paroi

### **II – Division et Identité cellulaire**

- 1 – Division et Cycle cellulaire
- 2 – Identité et différenciation cellulaire

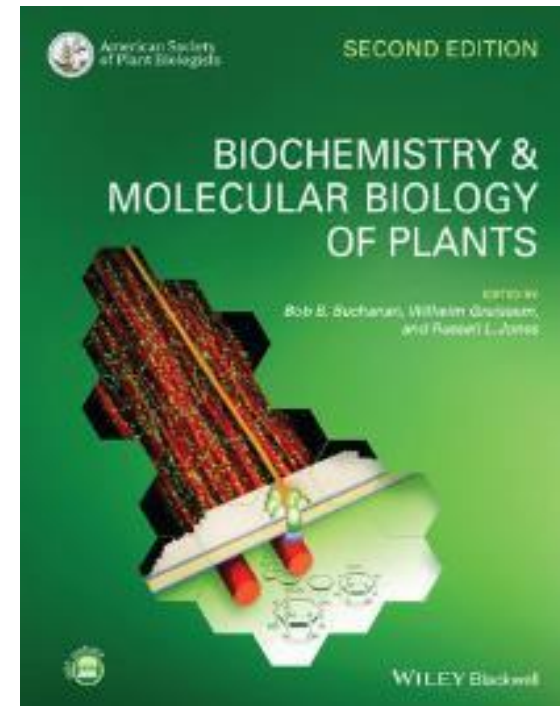
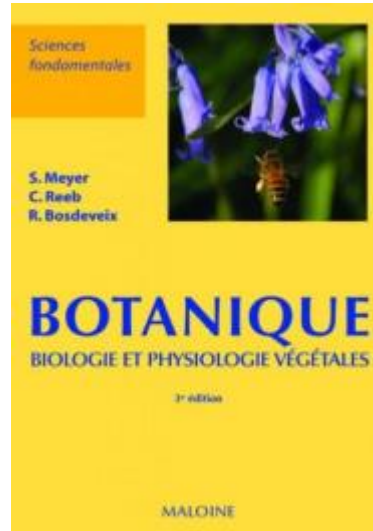
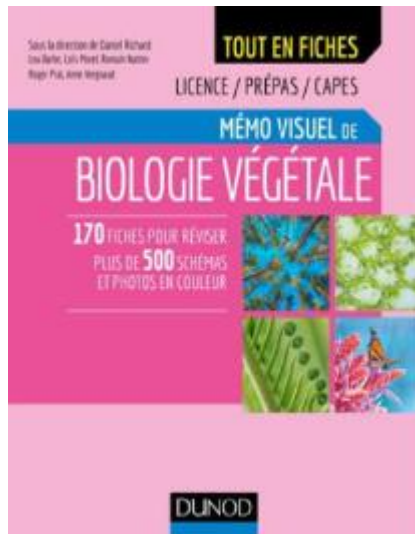
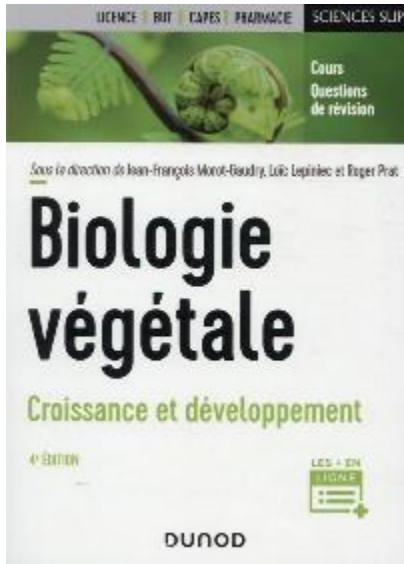
### **III – Expansion et Morphogenèse**

- 1 – Expansion cellulaire
- 2 – Communication et polarité cellulaire
- 3 – Axes de polarités

### **IV – Cellules souches et Méristèmes**

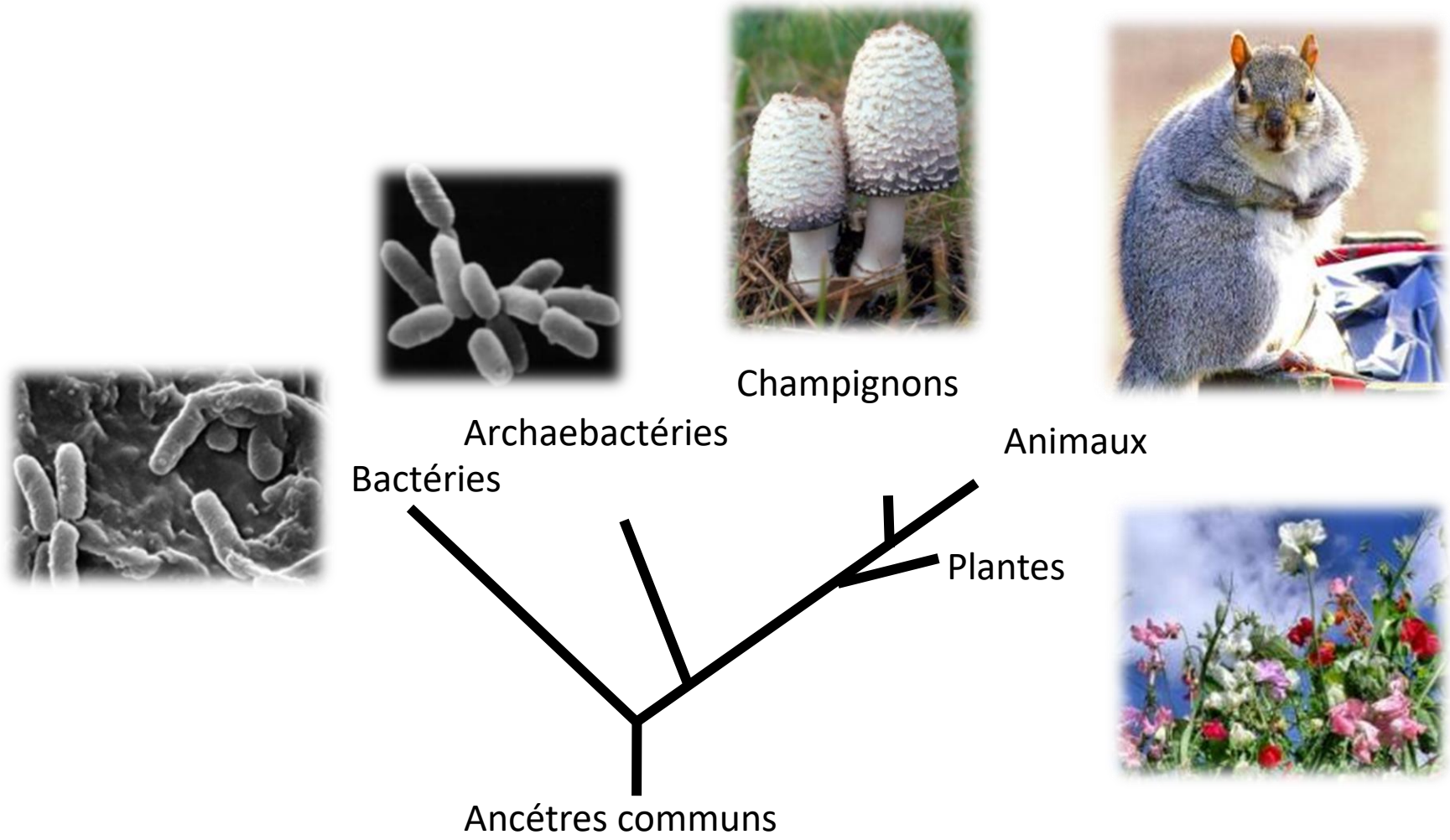
- 1 – Méristème Apical Racinaire (MAR)
- 2 – Méristème Apical Caulinaire (MAC)

## **Conclusions et Perspectives**



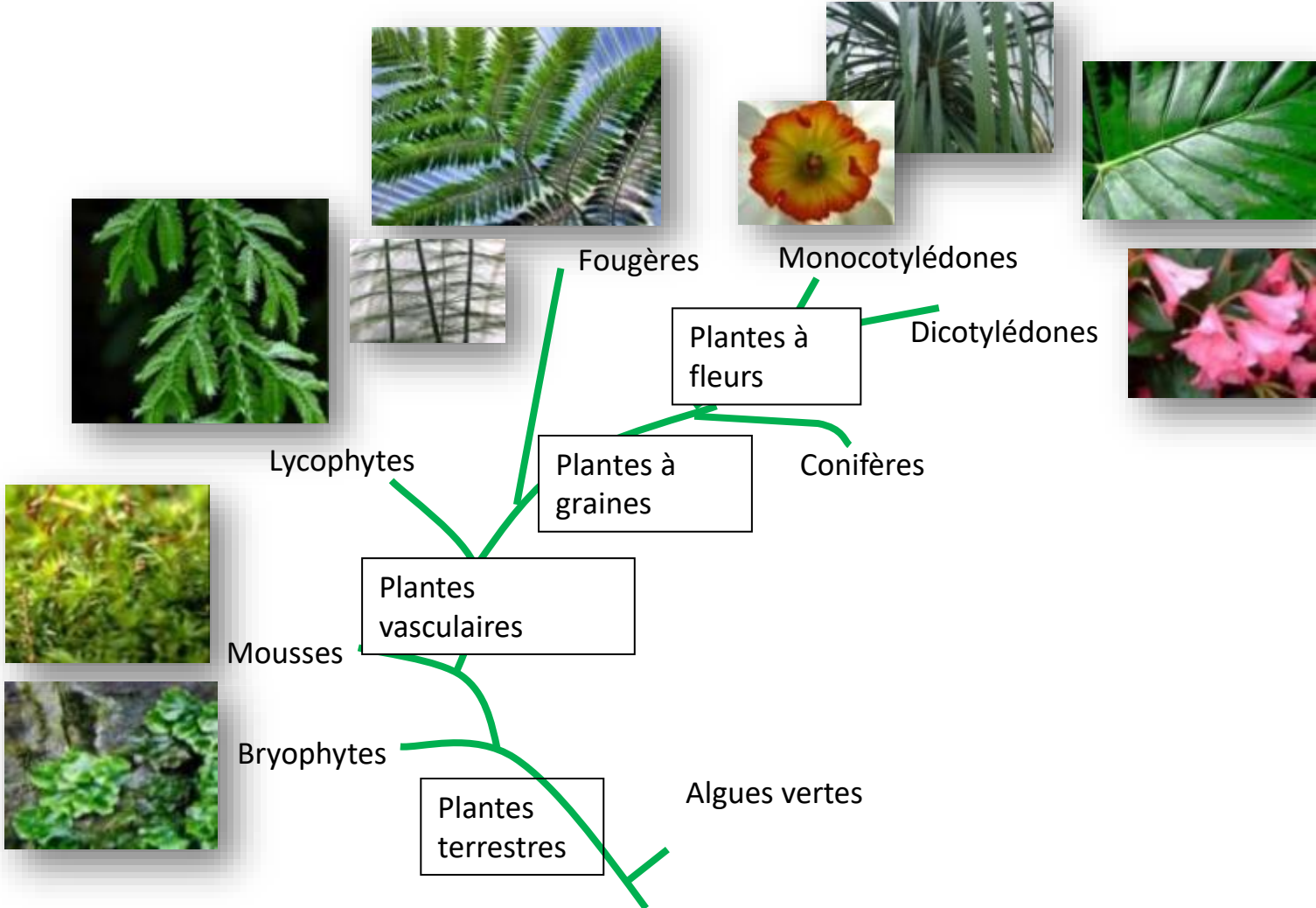
Introduction: pourquoi étudier les  
cellules et le développement des  
végétaux ?

# Les plantes comme les animaux sont des eucaryotes multicellulaires





# La lignée verte est très diversifiée



L'adaptation se fait grâce à:

→ L'autotrophie

→ Développement **post-embryonnaire**

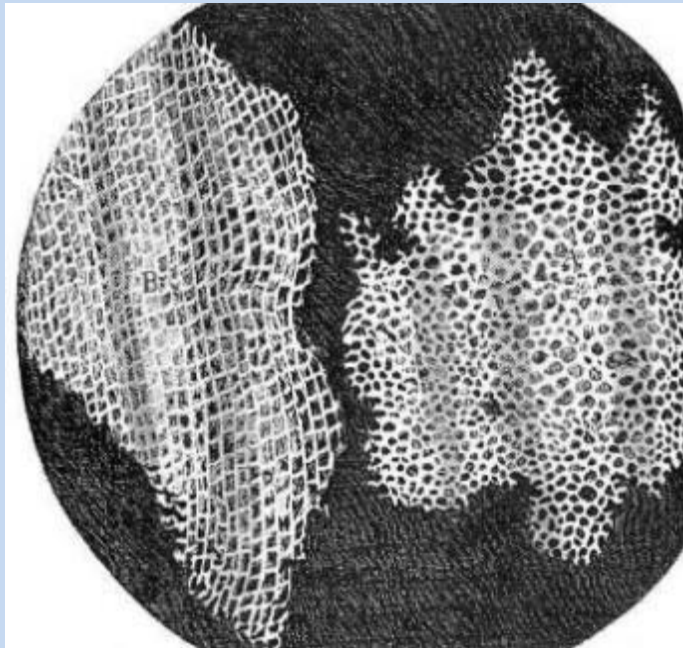
= développement **continu** grâce au renouvellement et au maintien **des cellules souches** au sein des **méristèmes**



*Pinus longaeva*  
> 5000 ans

# Les végétaux sont d'excellents organismes modèles

*Les cellules ont été pour la première fois décrites chez les plantes*



Dessin de cellule de Liège de Robert Hooke, 1665

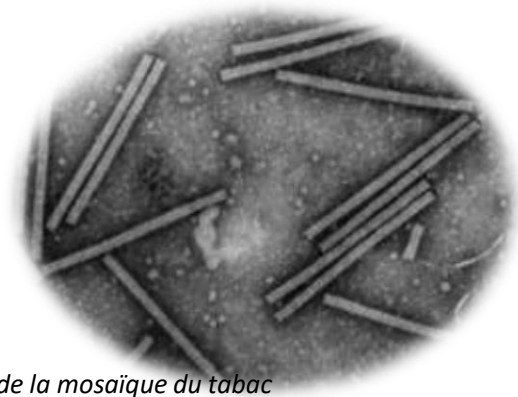


Photographie de cellule de Liège



# Les végétaux sont d'excellents organismes modèles en recherche fondamentale

La découverte des virus  
(1892)



*Virus de la mosaïque du tabac*

Les lois de l'hérédité (1840)



Transposons chez le Maïs  
(Prix Nobel 1984)

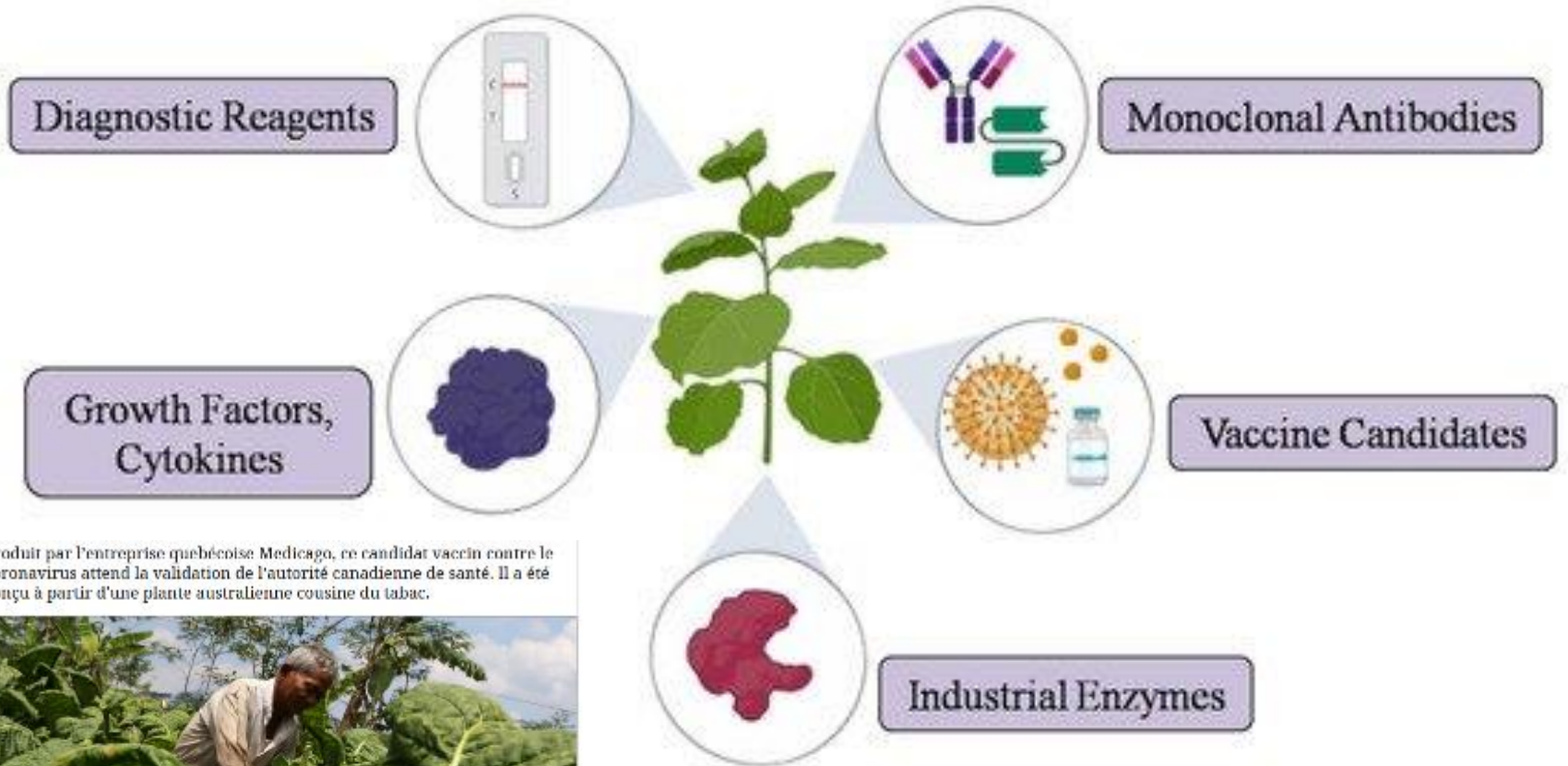


B. Mc Clintock



ARN interférence 2004

# Les végétaux sont d'excellents organismes modèles en applications biotechnologiques (ex: « Molecular farming »)

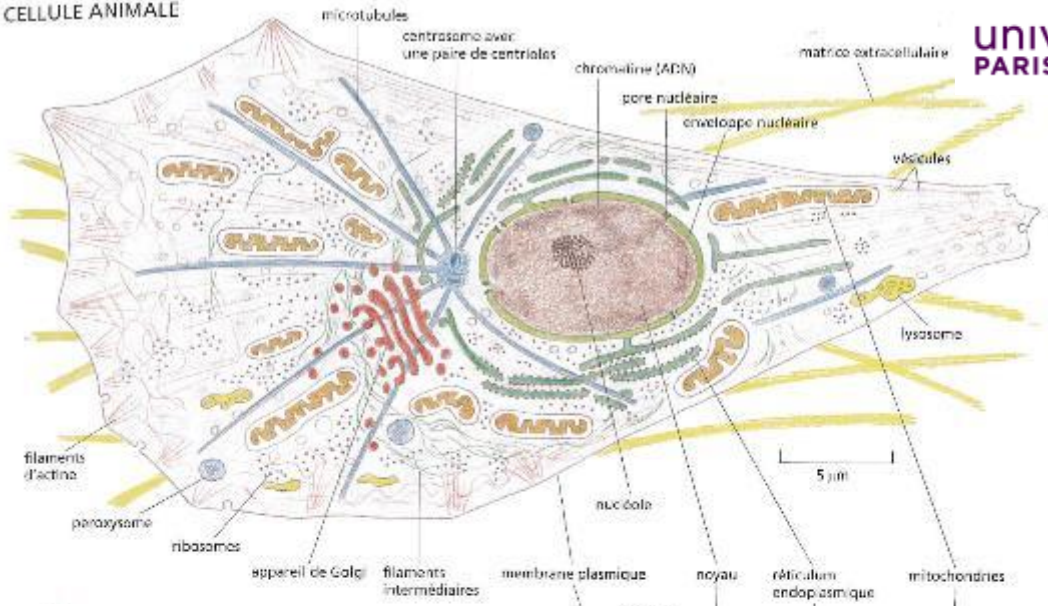


Produit par l'entreprise québécoise Medicago, ce candidat vaccin contre le coronavirus attend la validation de l'autorité canadienne de santé. Il a été conçu à partir d'une plante australienne cousine du tabac.

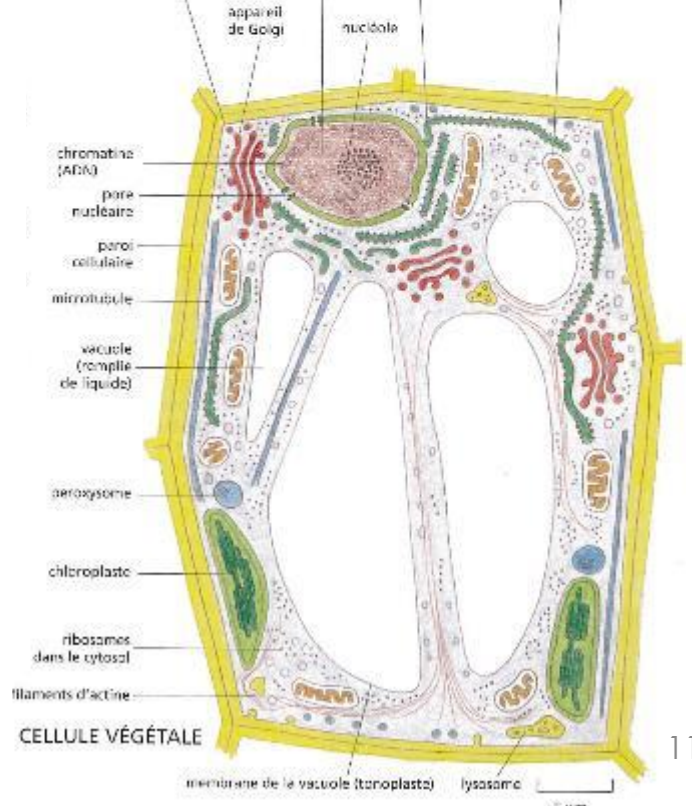


B. Shanmugaraj et al. 2020

CELLULE ANIMALE



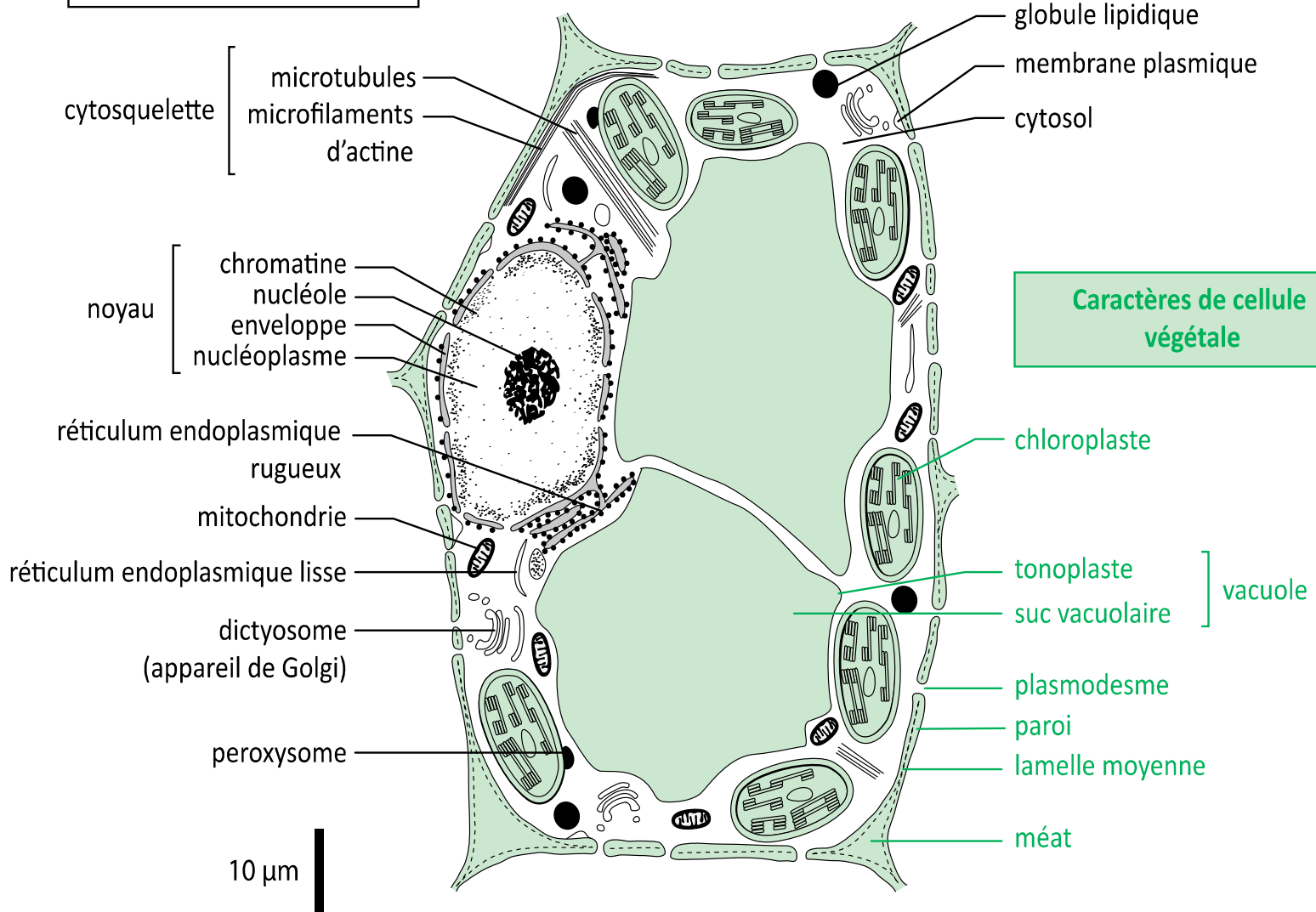
I – La cellule végétale



CELLULE VÉGÉTALE



Caractères de cellule  
eucaryote



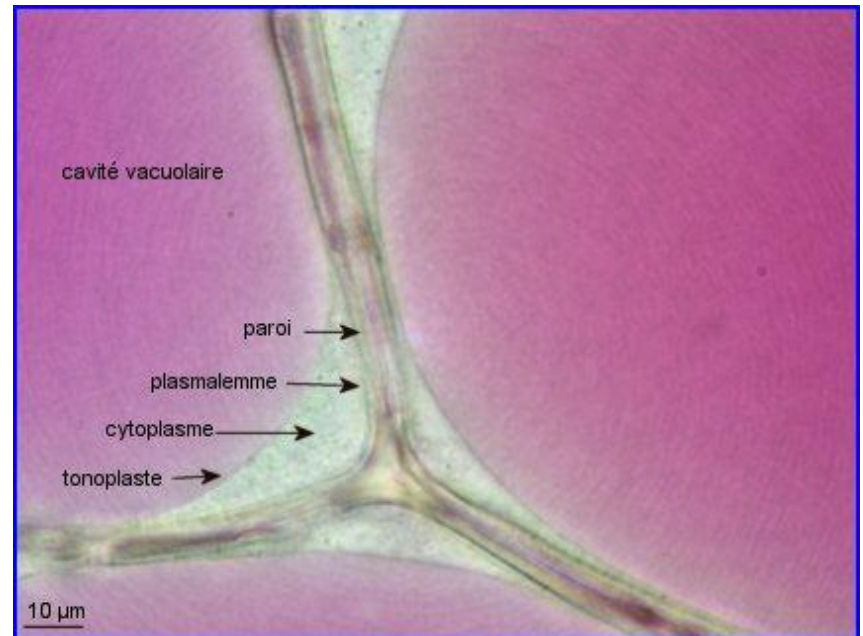
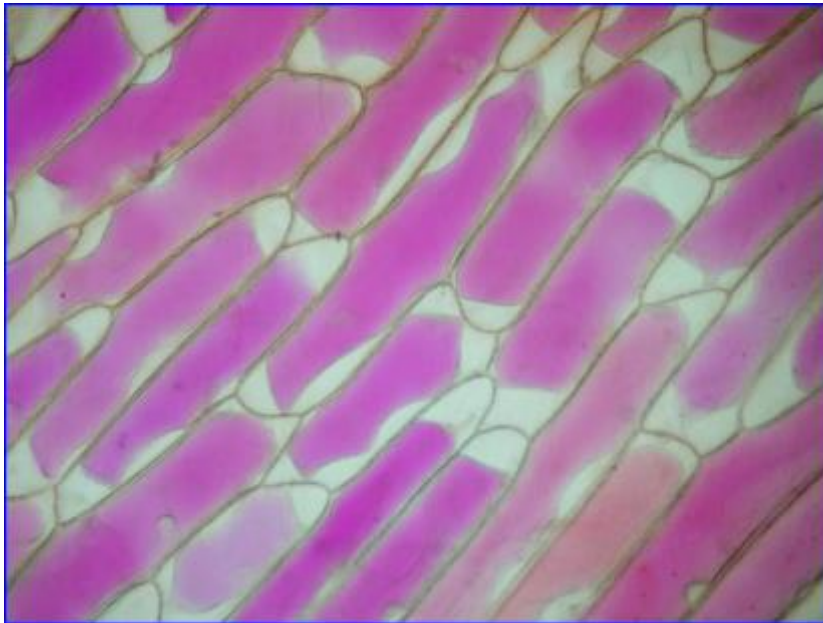
**Figure 1.3** Organisation d'une cellule végétale (cellule de parenchyme chlorophyllien de feuille d'Épinard).



# 1 - La vacuole: (du latin *vacuus* = vide)

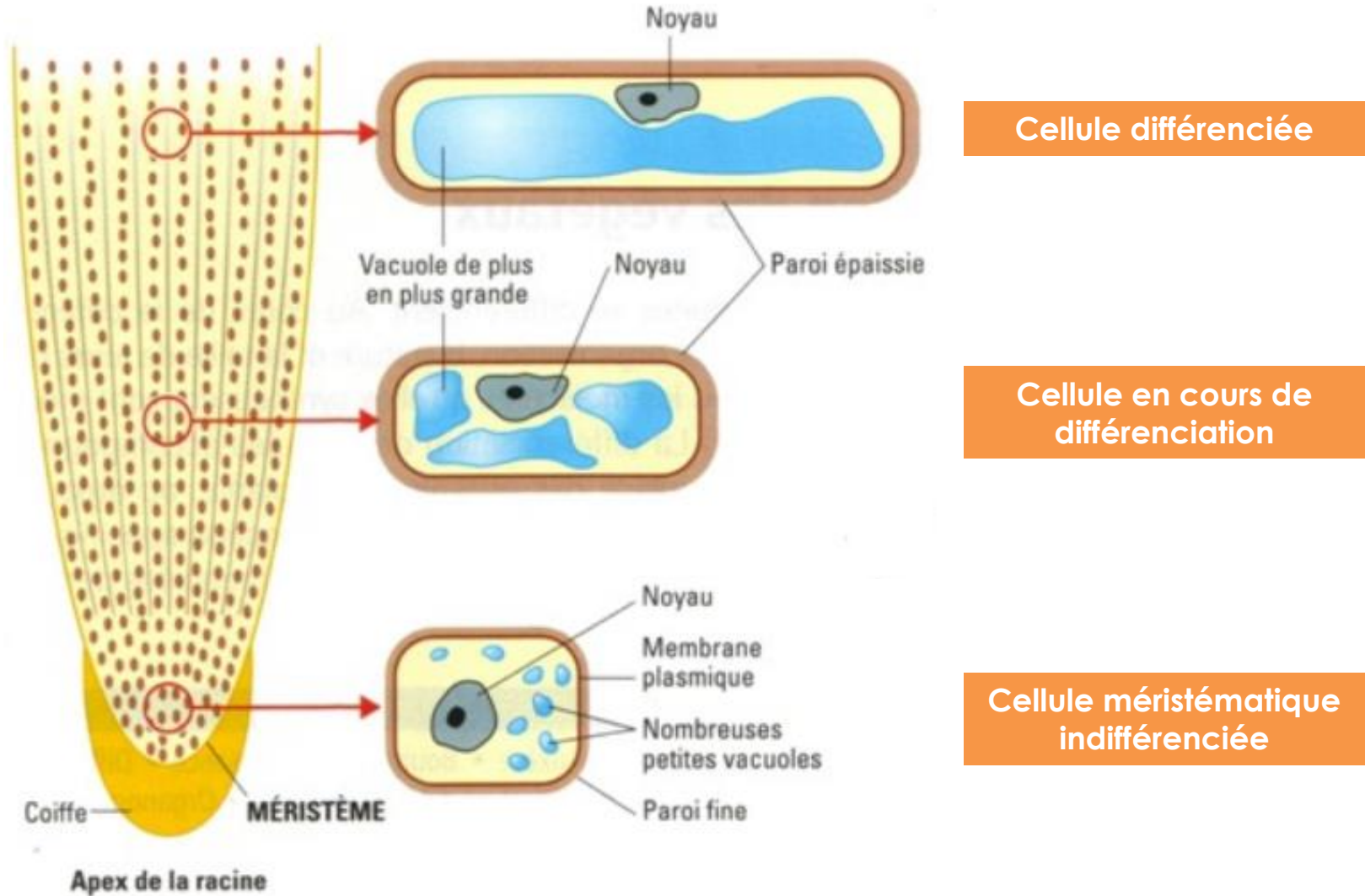
80 et 90 % du volume cellulaire

Délimitée par le tonoplaste: membrane simple



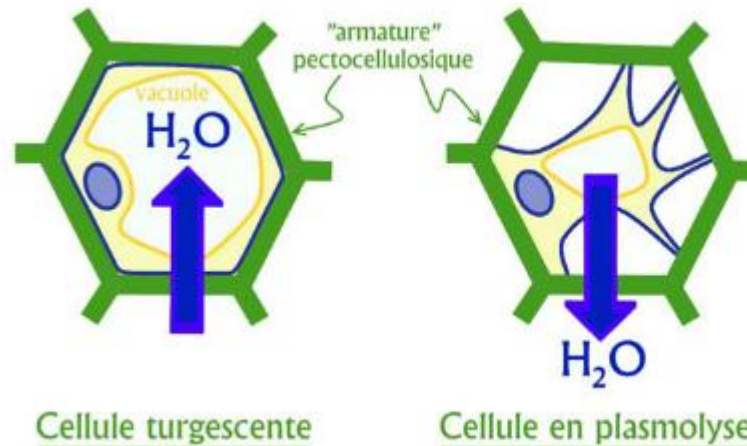
Cellule épidermique d' *Allium cepa* (Oignon rouge)

# Corrélation taille de la vacuole et différenciation cellulaire



- Plasmolyse et turgescence cellulaire: permet le port de la plante

Différence de potentiels osmotiques



# Rôles de la vacuole

- **Plasmolyse et turgescence cellulaire**

- **Stockage**

Ex: saccharose chez Betterave ou Canne à sucre



- **Défense**

Ex: Accumulation d'alcaloïdes (morphine, opium, etc...) ou de molécules toxiques anticrobiennes (Moutarde, Wasabi, Ail, etc...)

- **Adaptation**

Ex: accumulation de malate chez les plantes à métabolisme CAM (voir cours de Physiologie Végétale)

- **Pigments**

Ex: Anthocyanes des fleurs



- **Détoxification = halophytes**

Ex: stockage du sel dans les sols salins





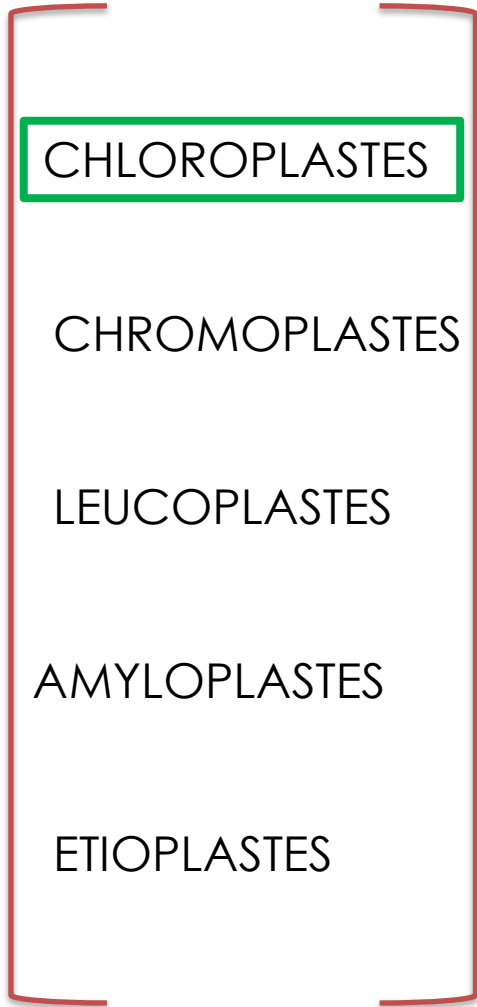
# 2 - Les Plastes

## Les différents types de plastes

**PROPLASTES** →



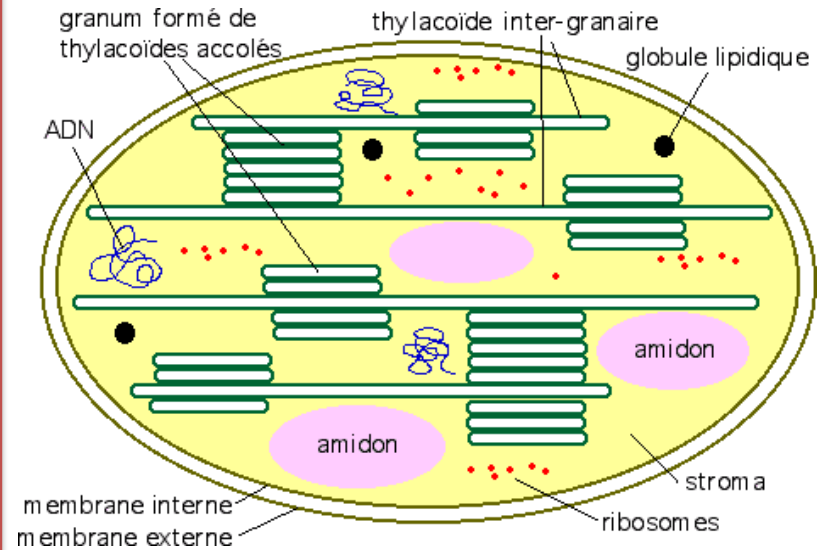
*Cellule indifférenciée*



*Cellule différenciée*

### CHLOROPLASTES

Lieu de la photosynthèse.  
Chlorophylles + caroténoïdes



## LEUCOPLASTES

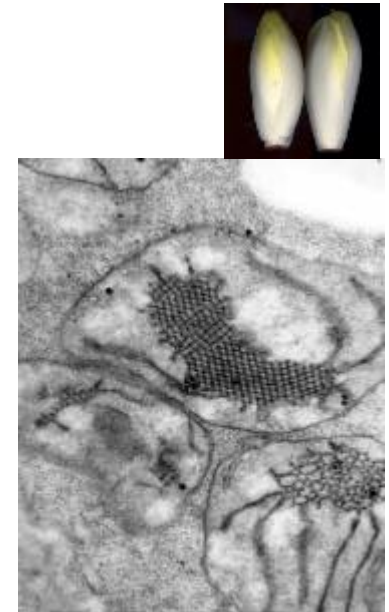
- Plastes non-pigmentés
- Localisés dans les racines ou tissus non-photosynthétiques
- Spécialisés dans des fonctions de **stockage**



Exemple: **Amyloplastes**: stockage amidon dans les organes de réserve

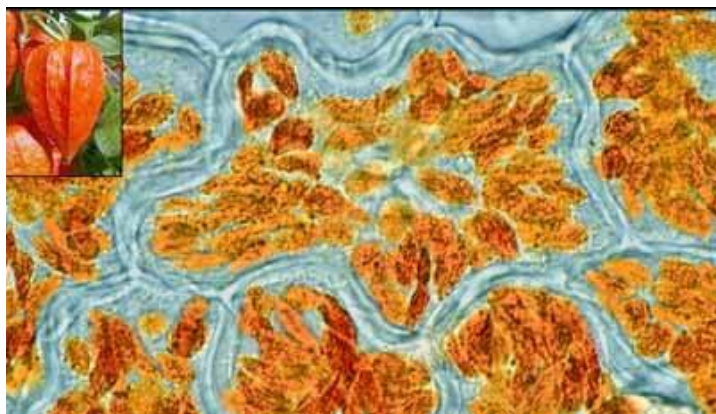
## ETIOPLASTES (= forme de leucoplastes)

- Plastes peu différenciés
- Présents dans les cellules de plantes développées en absence de lumière (**étiolées**)
- Suffit de quelques heures d'éclairement pour se différencier en chloroplastes

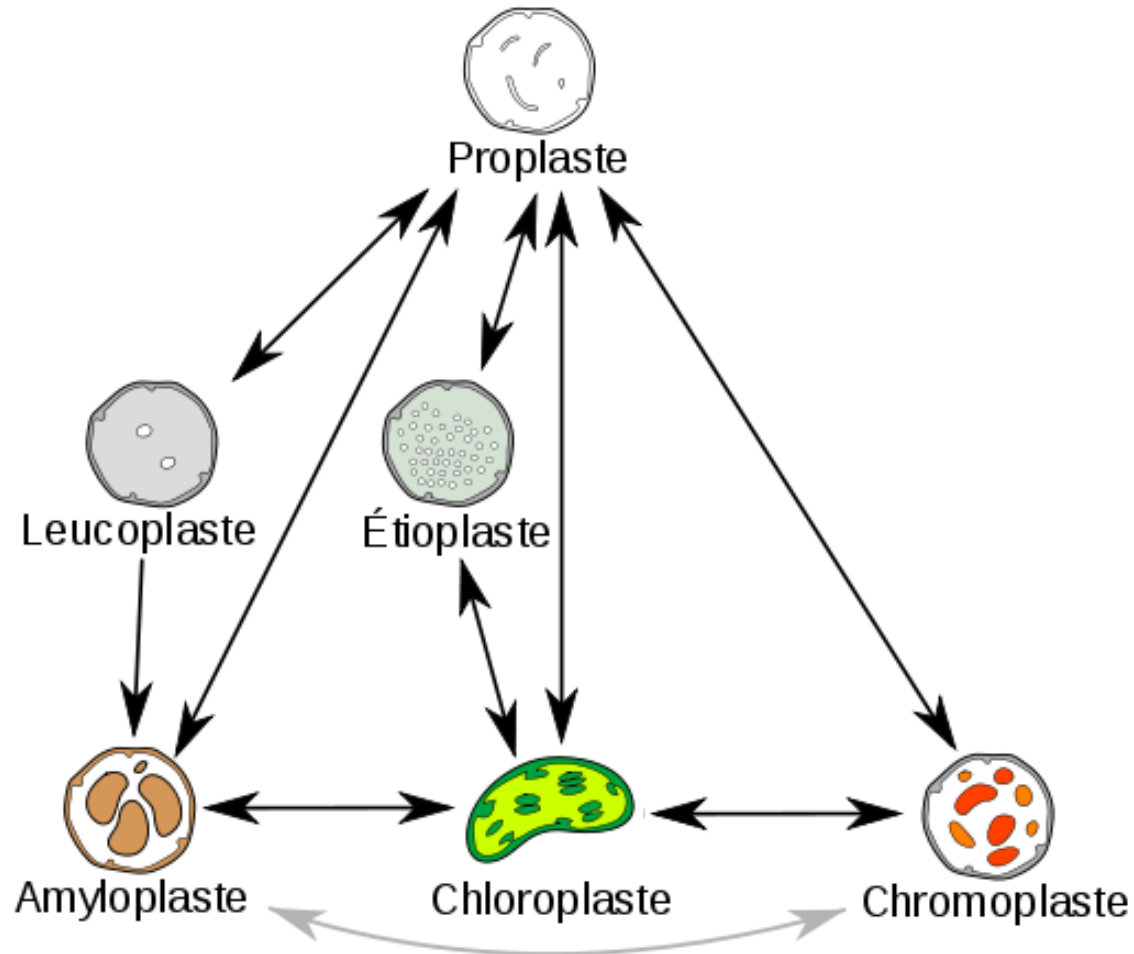


## CHROMOPLASTES

- Plastes colorés en pigments non-chlorophylliens tels que Xanthophylles, Carotènes, etc...
- **Coloration** des fruits et pétales par exemple (jaune à orange)
- Les Chloroplastes peuvent se différencier en chromoplastes (ex: maturation de la tomate)



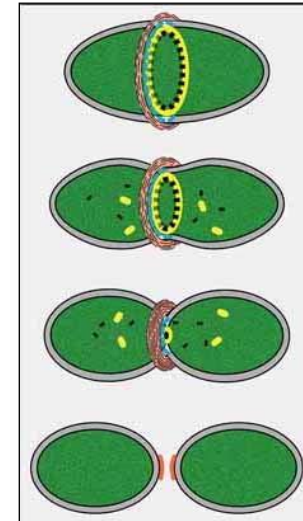
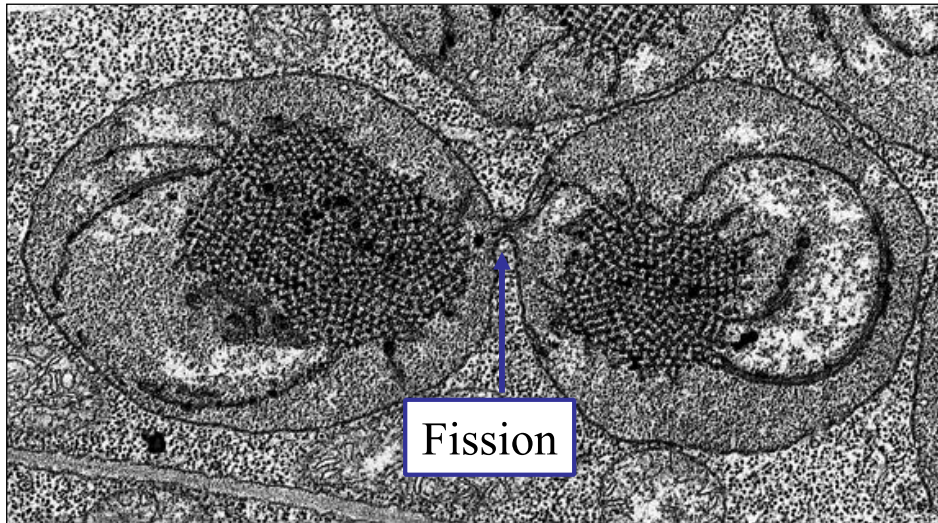
# Interconversions plastidiales





## Divisions par fissions

- La multiplication des plastes se fait par fission d'un plaste déjà existant
- Il n'est pas possible de créer des plastes *de novo*



En faveur de la théorie endosymbiotique....

# 3 – La paroi: une matrice extracellulaire

## 2 types de parois:

- **Paroi primaire:** concerne presque toutes les cellules végétales (sauf quelques cellules comme le grain de pollen)
- **Paroi secondaire:**  
Paroi de **certaines** cellules matures et très différenciées (ex: cellules ligneuses des arbres)

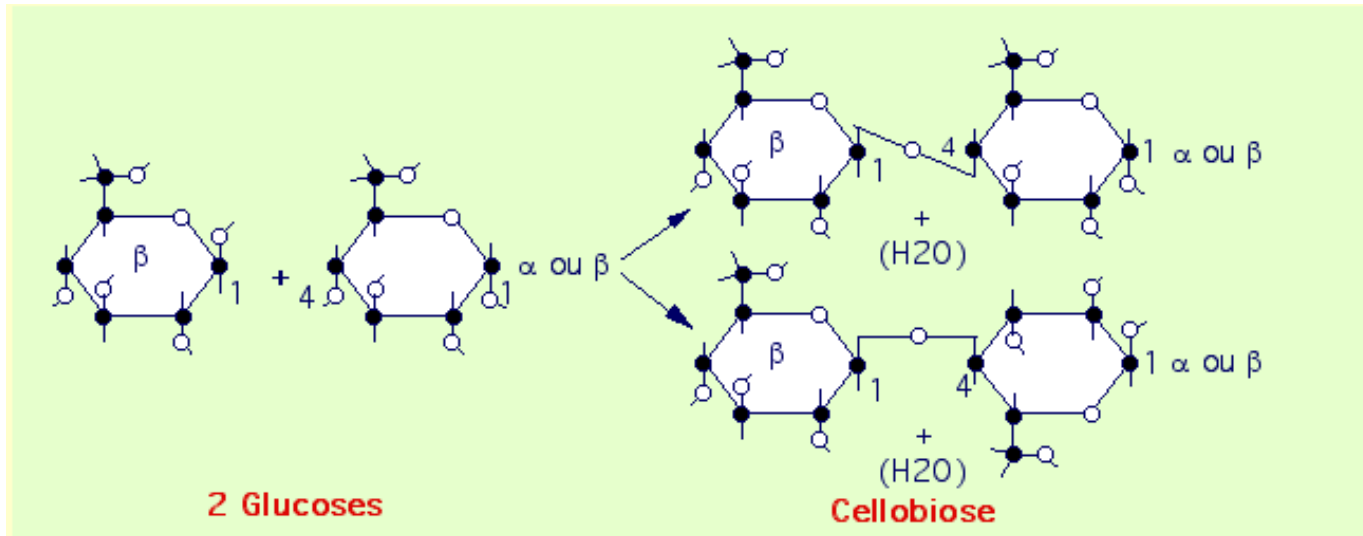
### La paroi primaire

= 90% de polysaccharides + Protéines + Eau

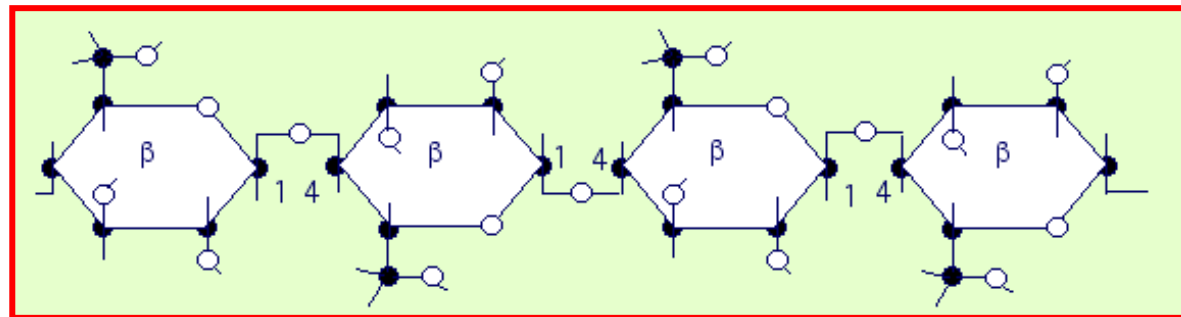
#### 4 types de macromolécules:

- Cellulose
- Hémicellulose
- Pectine
- Protéine

Polymère MONOTONE uniquement constitué de **cellobiose** (= 2 glucoses liés en  $\beta$ 1-4).



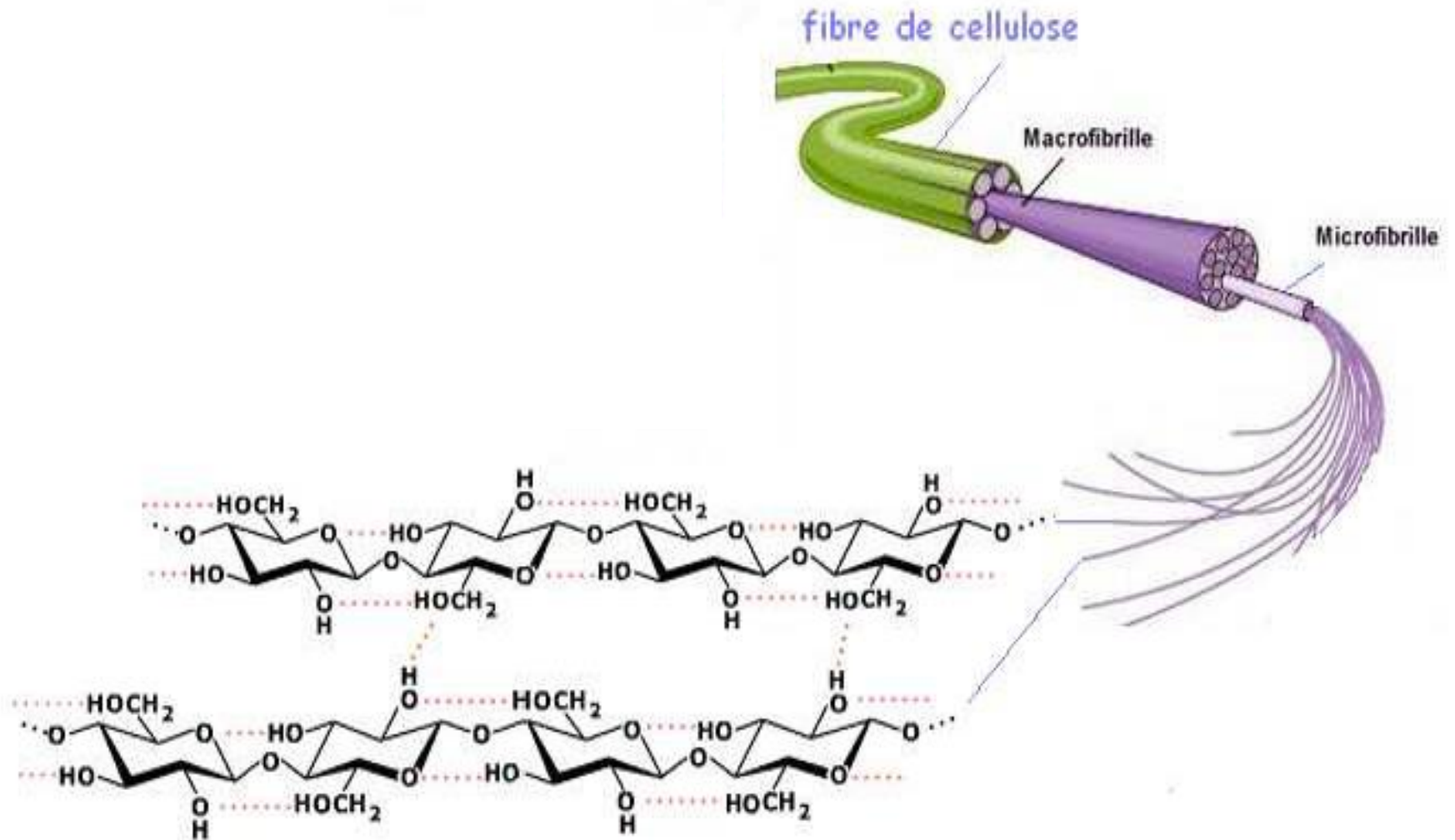
**Cellulose**



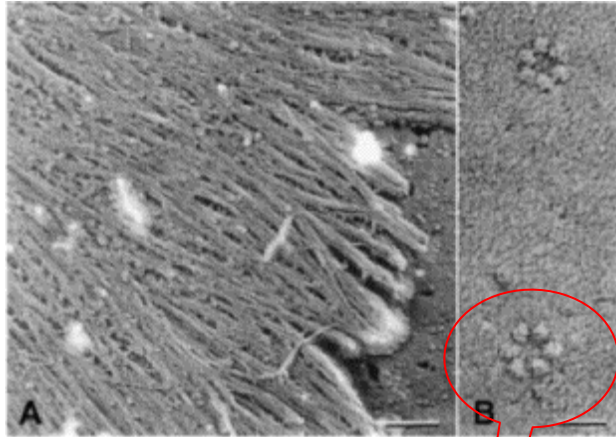
500 à 1500 résidus de glucose

# Liaisons hydrogènes intra et intermoléculaires

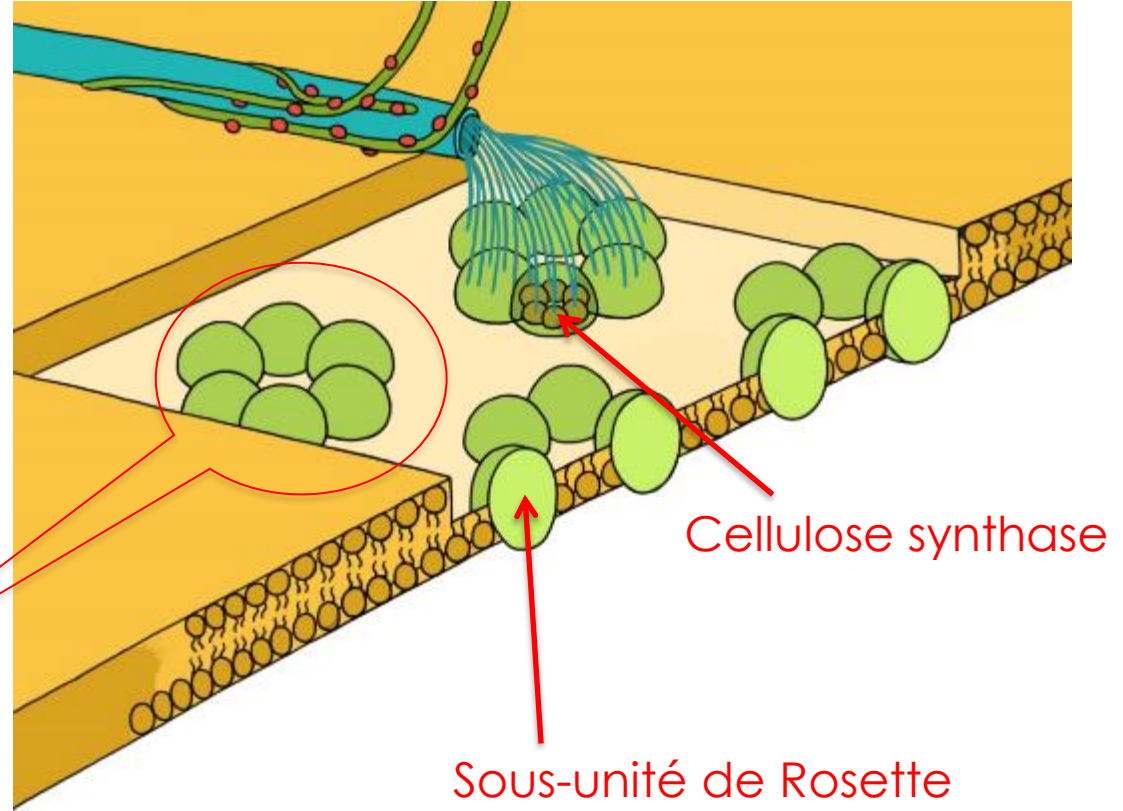
= microfibrille de cellulose



# Biosynthèse de la Cellulose: cellulose synthases organisées en « rosette » intégrées à la MP



Rosette



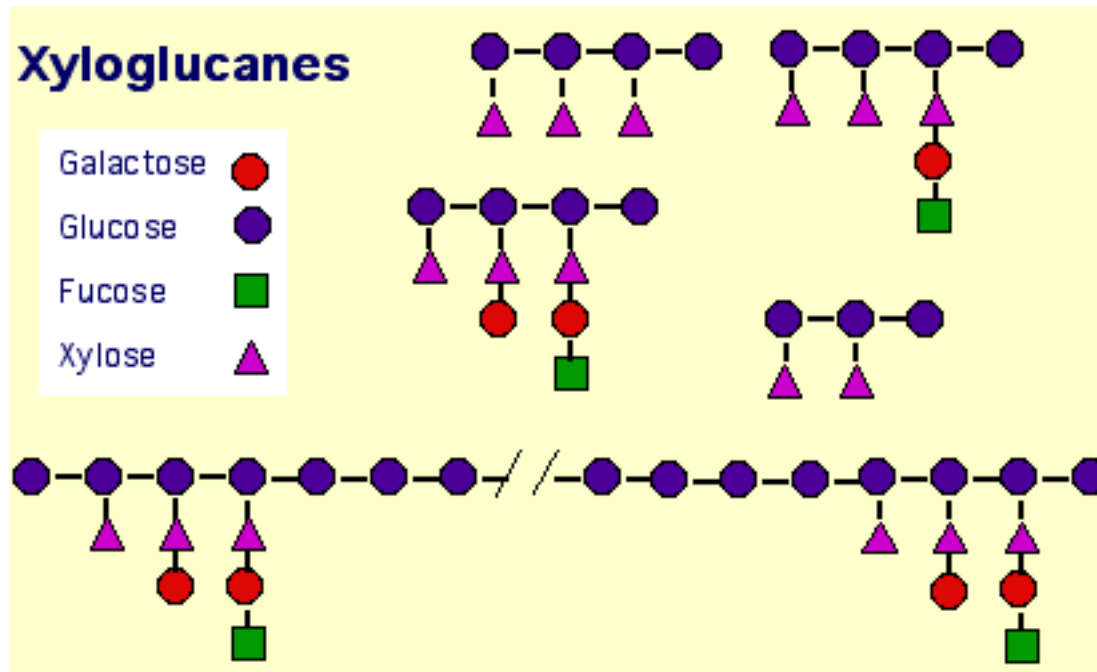
Chaque rosette synthétise une microfibrille de cellulose formée de **???** molécules.



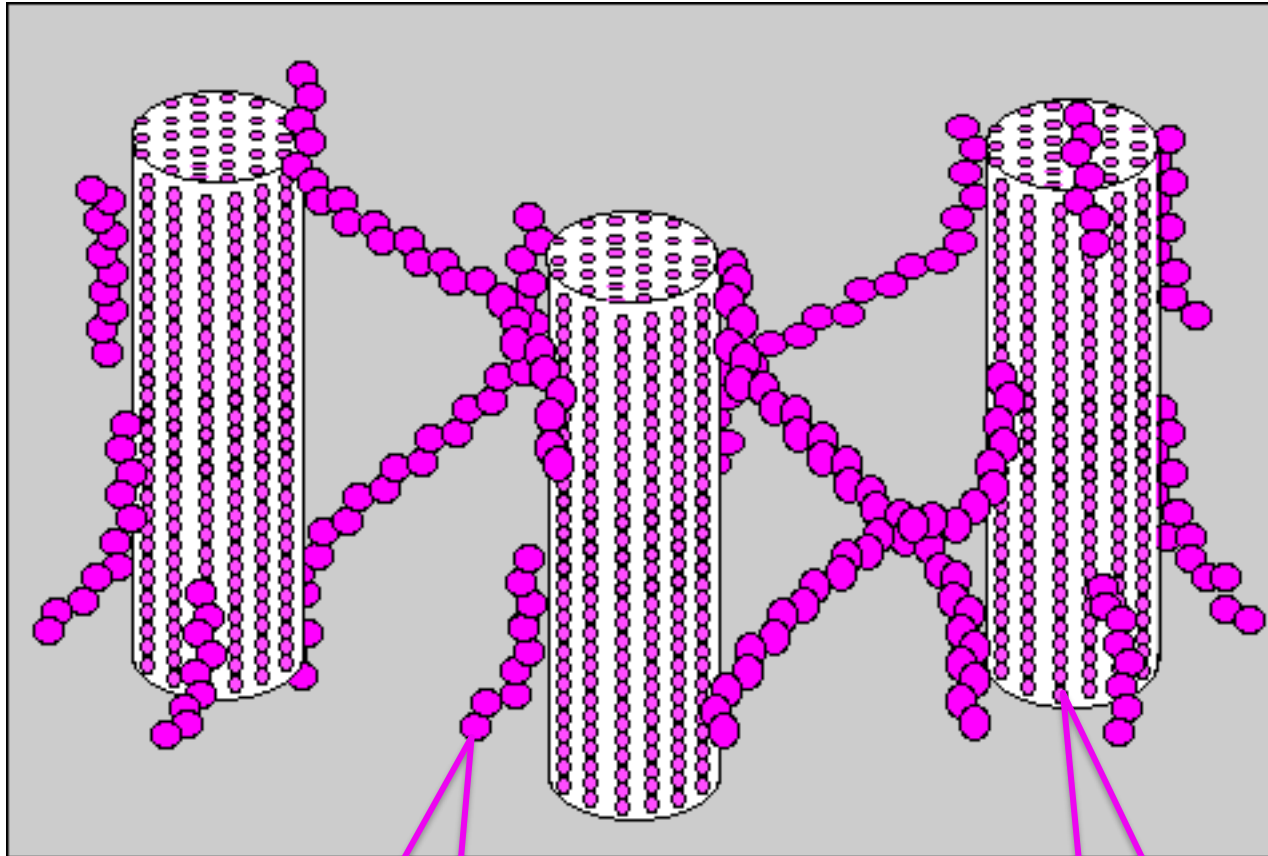
# Hémicellulose

- Polymères plus petits, moins résistants
- Polysaccharides ramifiés par des chaînes courtes, reliés par liaisons osidiques  $\beta$ -1,4.

Exemples: xyloglucanes



## Association par liaisons hydrogènes aux fibres de cellulose

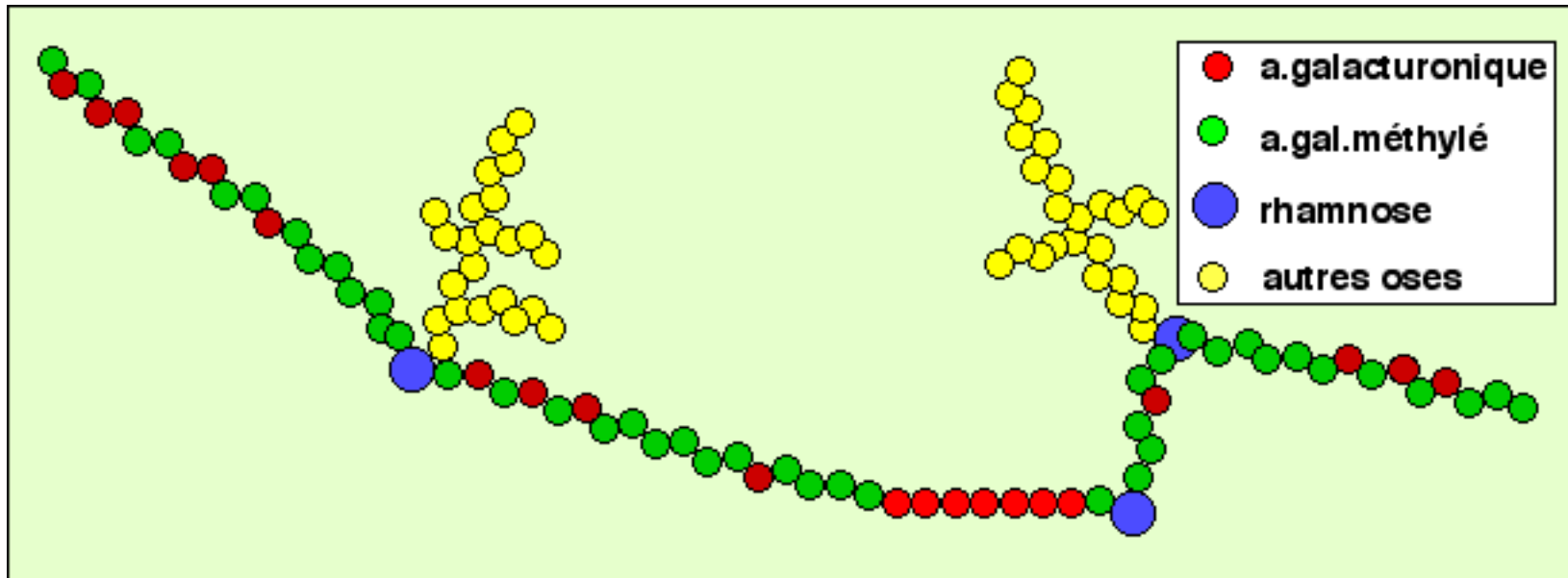


Hemicellulose

Fibres de  
cellulose

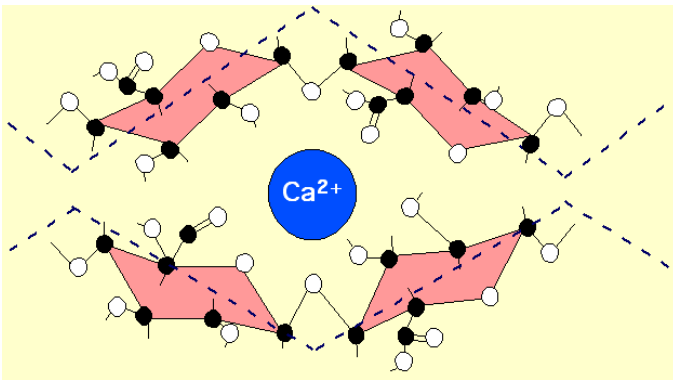
# Les pectines

- Chaîne principale d'acides polygalacturoniques peuvent être intercalés de rhamnose ce qui crée des déviations ou « coudes pectiques »
- La chaîne principale peut porter des chaînes secondaires composées d'autres oses

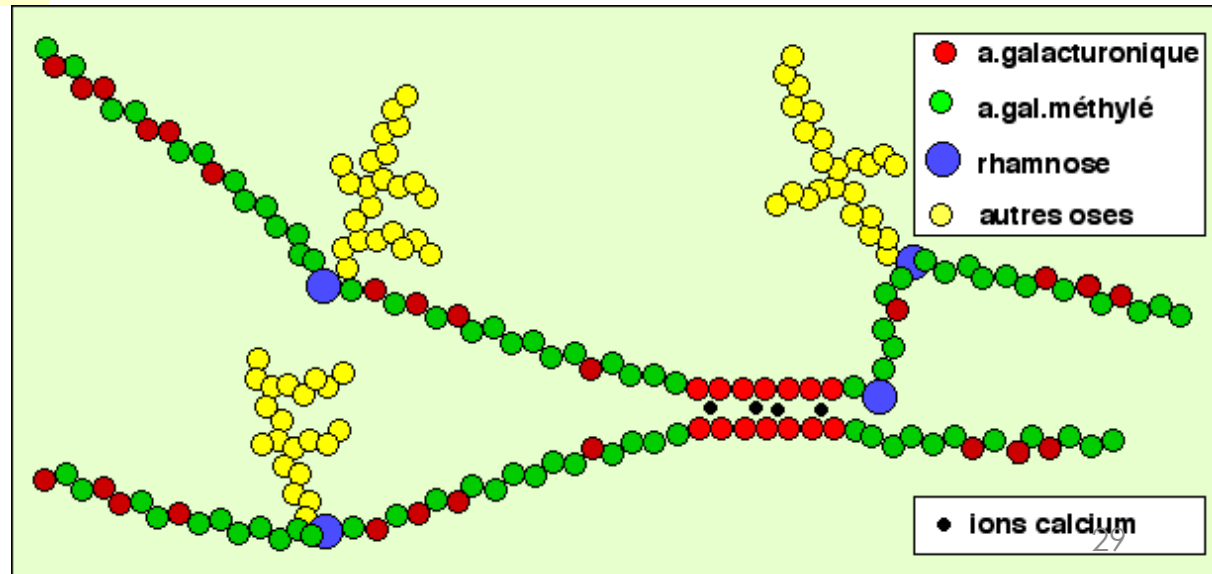


# Les pectines

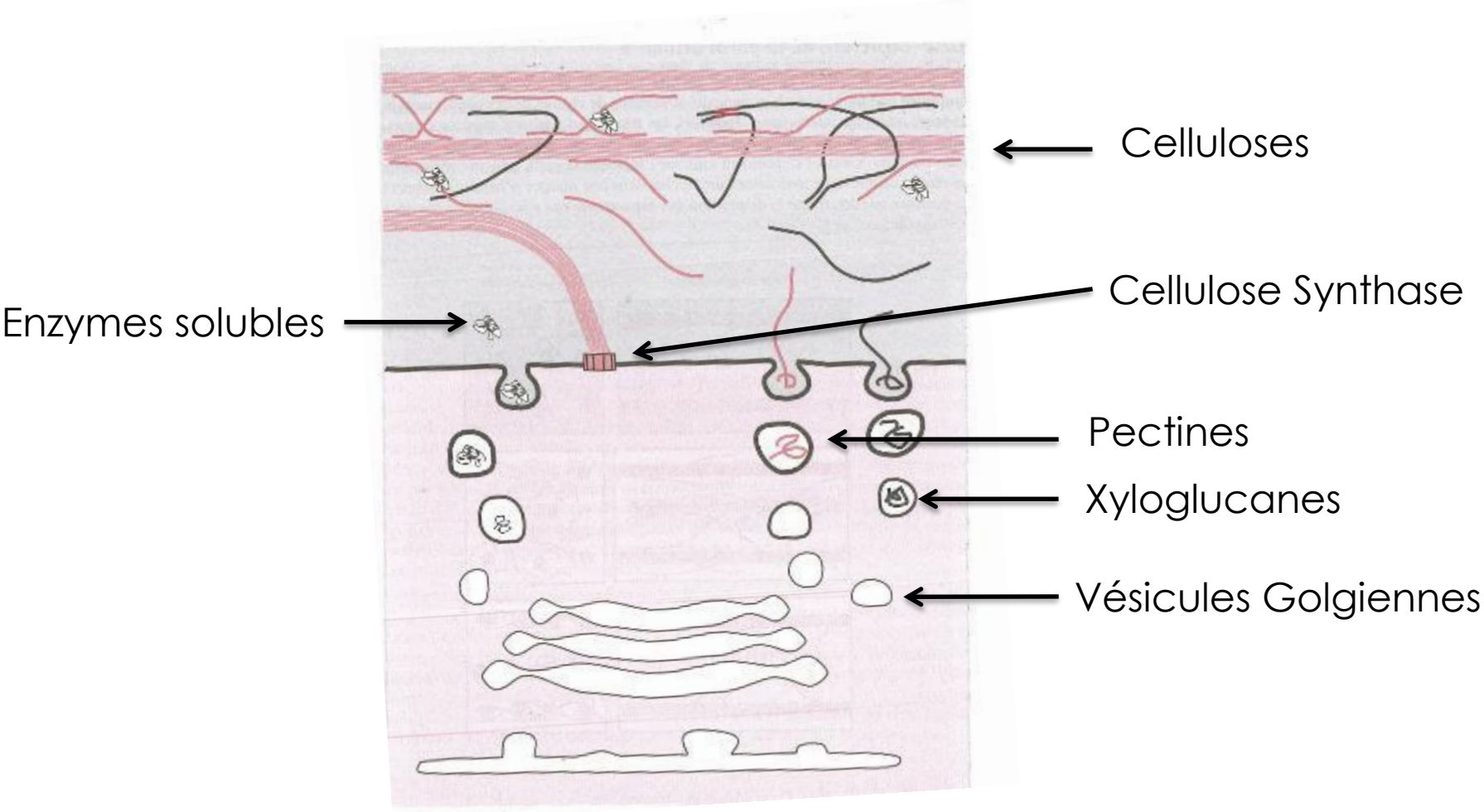
2 portions de chaînes d'acide polygalacturonique peuvent se lier en présence de calcium et former un gel pectique hydrophyle (pektos = gelée)



Structure en « boîte à œufs »

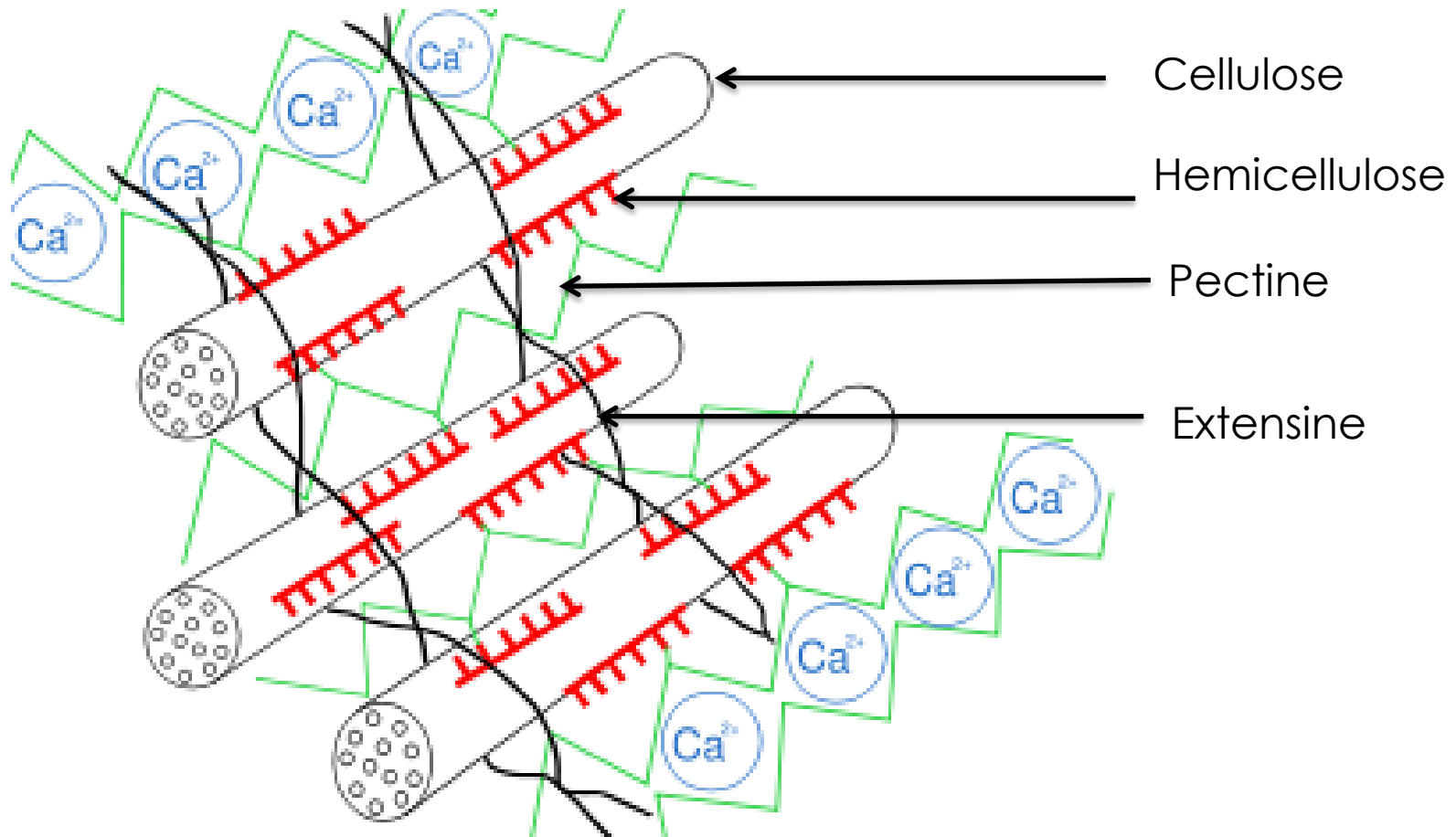


# Synthèse des hémicelluloses et des pectines





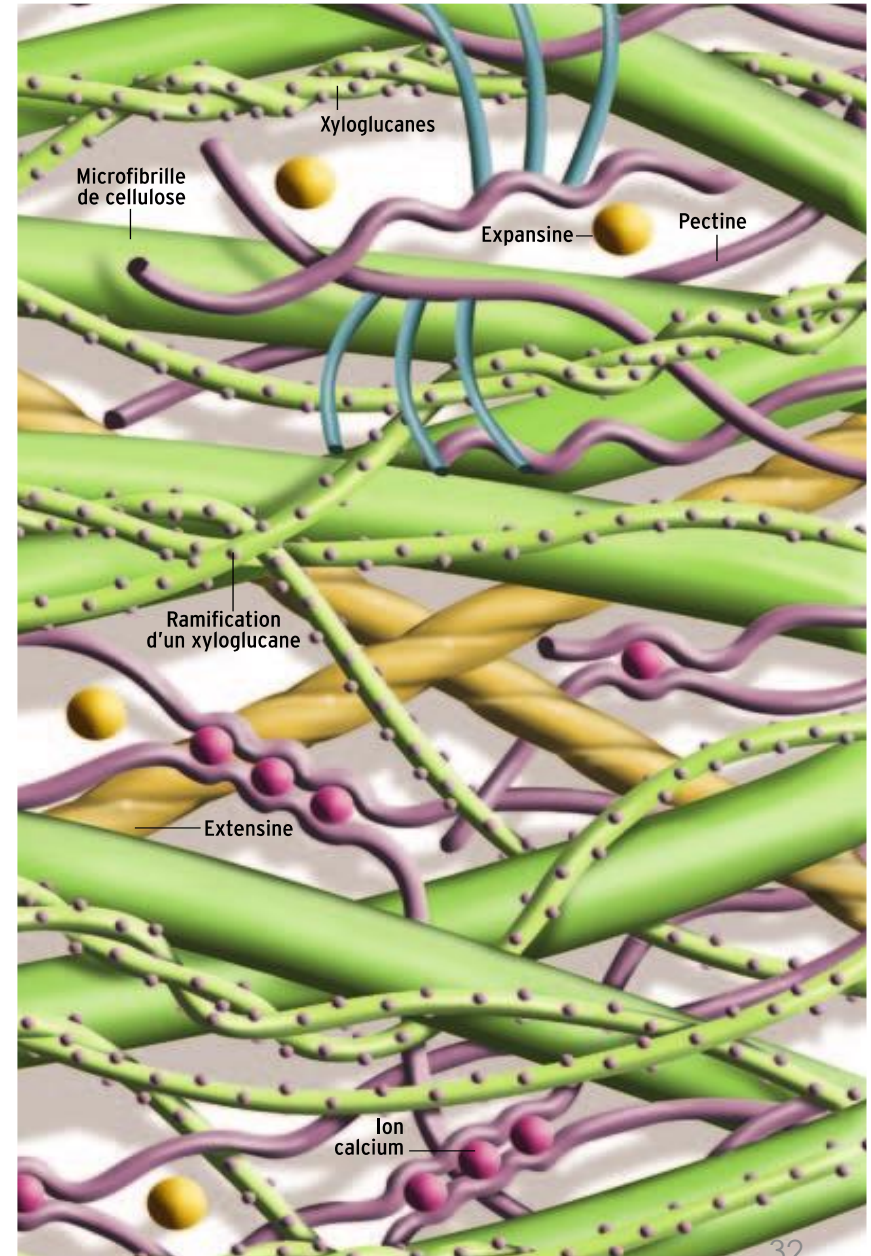
Extensine = Glycoprotéines structurales qui permettent de rigidifier la paroi en fin de croissance



## Architecture de la paroi primaire

Un matériau à 2 composants:

- Les microfibrilles de celluloses qui résistent à la traction
- La matrice hydratée (pectines et hémicelluloses) qui cimente le réseau



## Paroi Primaire vs Paroi secondaire

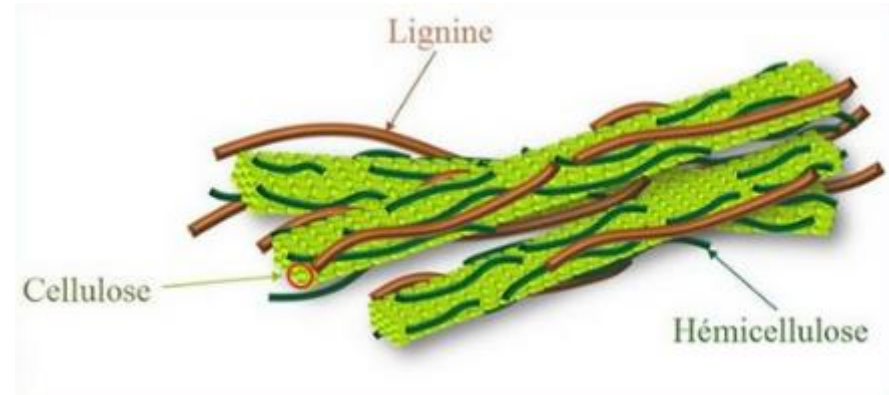
- Paroi secondaire = Paroi Primaire imprégnée d'un polymère particulier: **LA LIGNINE**

Polymère complexe composé de au moins trois types différents de monomères :

1 - l'alcool coumarylique

2 - l'alcool coniférylique

3 - l'alcool sinapylique



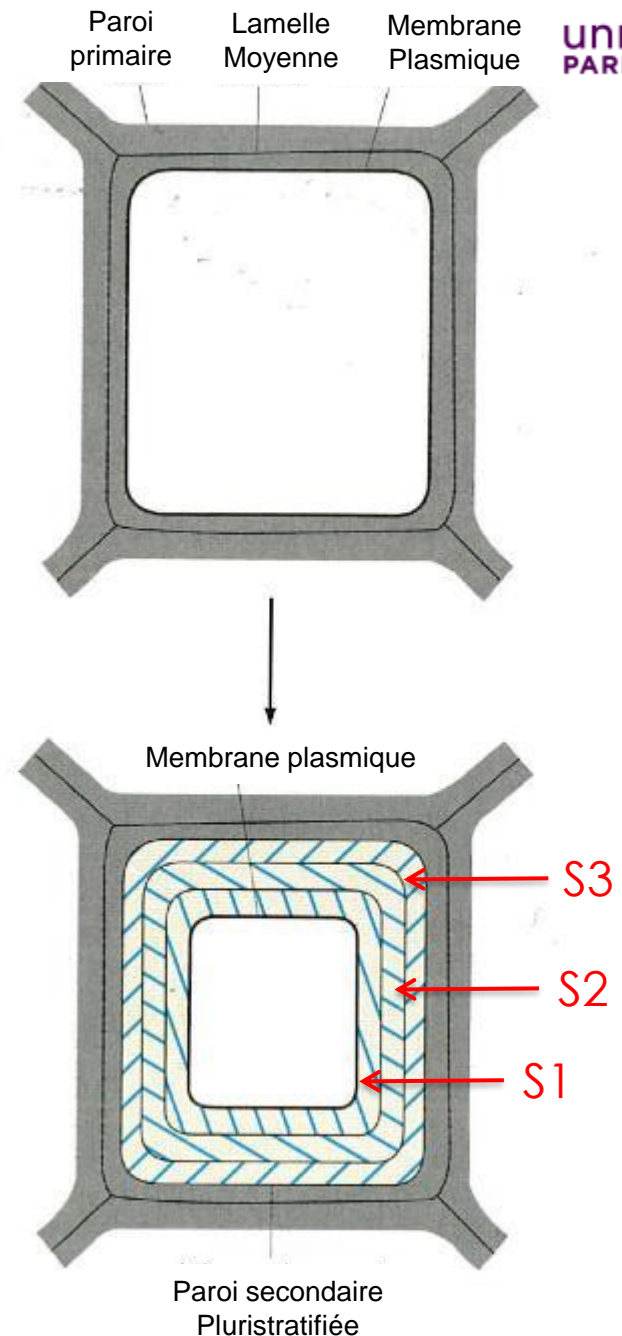
Seules les cellules de  
plantes **ligneuses**  
possèdent une paroi  
secondaire

## Paroi secondaire

La synthèse de cellulose s'effectue toujours entre la Membrane plasmique et la paroi déjà formée: la paroi la plus ancienne se trouve donc vers l'extérieur de la cellule

**Construction centrifuge par strates successives dont l'orientation des fibres est différente**

**Paroi II de la plus jeune à la plus ancienne:  
S1 / S2 / S3**



## Paroi secondaire

