

BC3 – RELATIONS ENTRE LA CELLULE ET SON MILIEU

Matrice extracellulaire, jonctions et cytosquelette

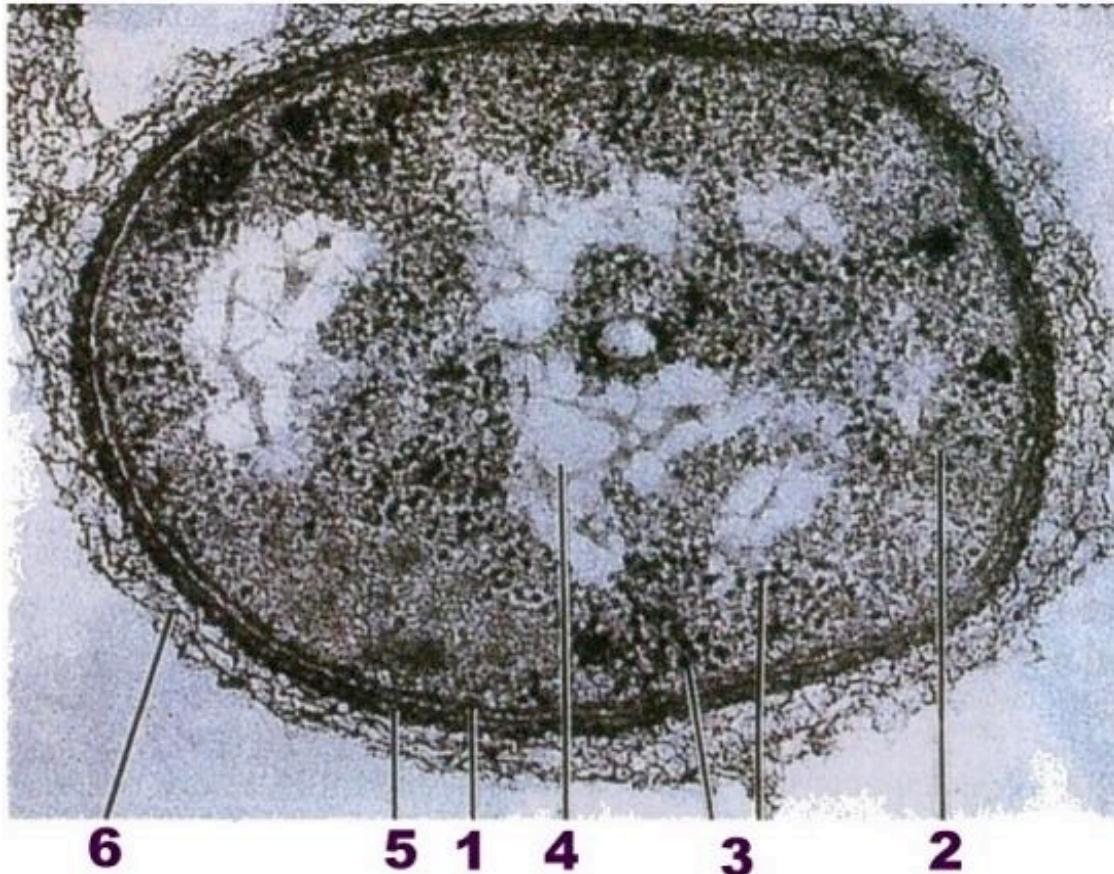
Introduction

- Rôles matrice extracellulaire

Problématique : Comment est assurée la cohésion et la coopération des cellules au sein des tissus chez les organismes pluricellulaires ?

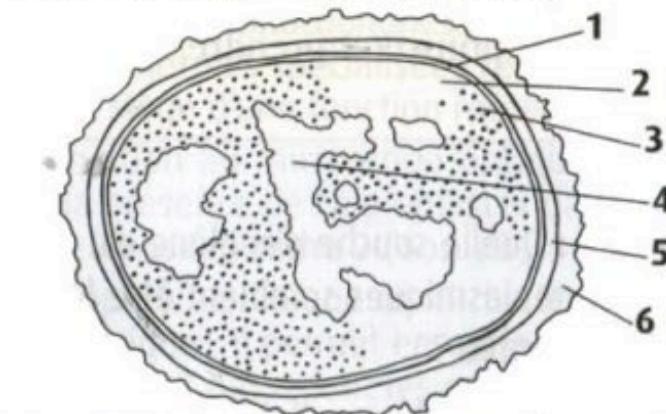
Cas de la paroi des bactéries

Bactérie, *Pseudomonas* (MET X 70 000)



Toutes les cellules procaryotes ont en commun trois composantes :

- une membrane plasmique qui sépare la cellule de son milieu et régule les entrées et les sorties des substances ;
- du cytoplasme contenant des milliers de ribosomes ;
- un ou plusieurs nucléoïdes (zones claires) qui contient le matériel héréditaire (un chromosome qui n'apparaît jamais sous une forme condensée).

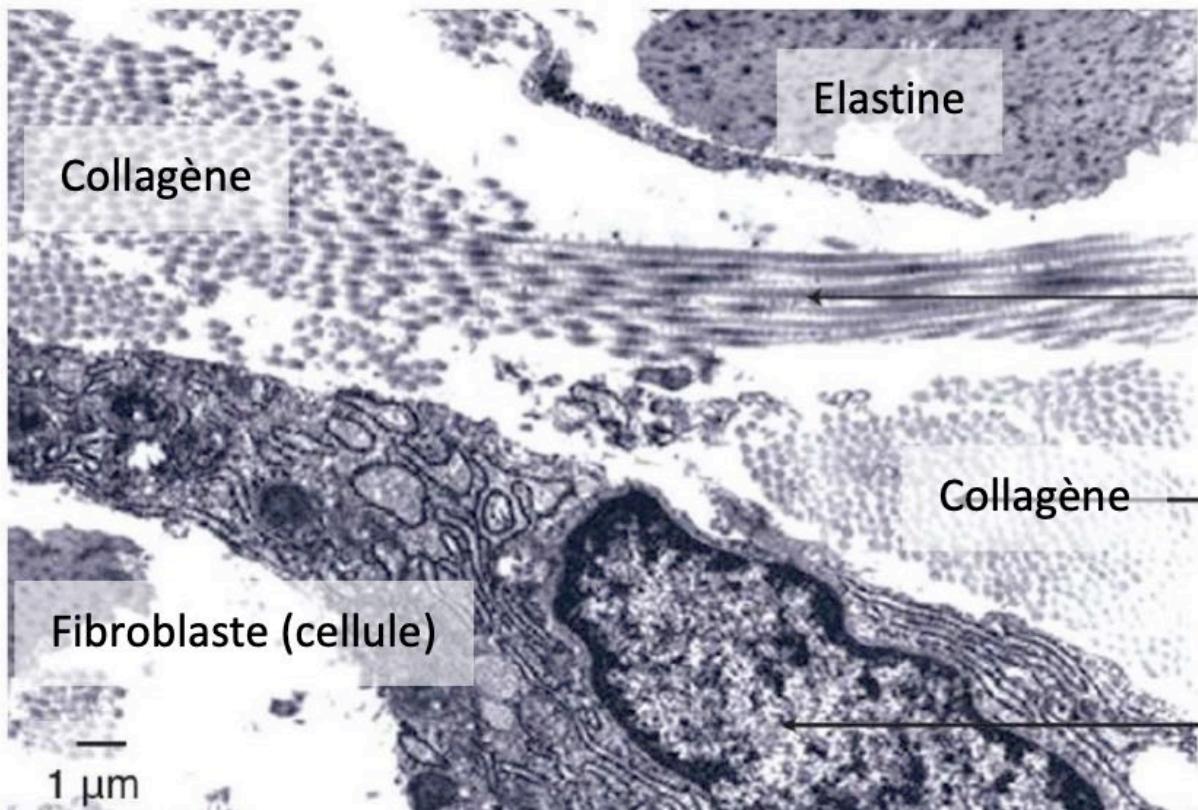


1. membrane plasmique. 2. cytoplasme. 3. ribosome.
4. nucléoïde. 5. paroi cellulaire. 6. capsule.

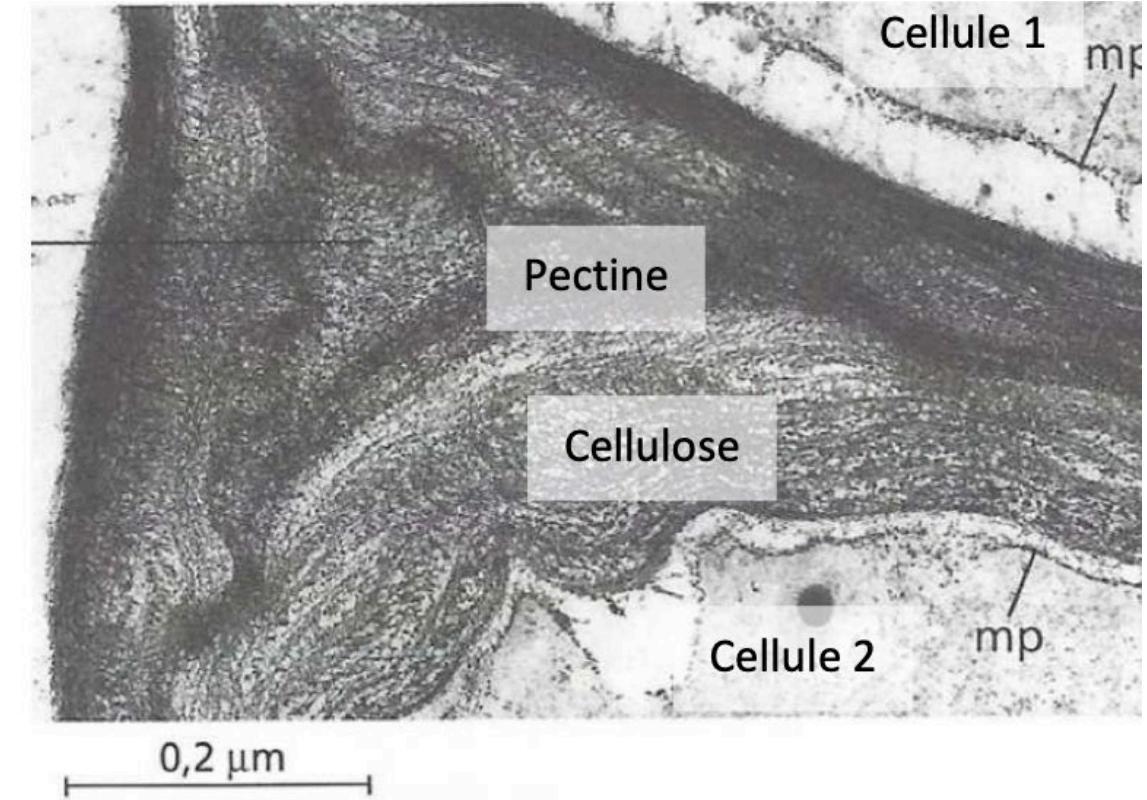
Plan

- I. La cohésion des cellules permise par la présence d'une matrice extracellulaire**
 - A. Composition des matrices extracellulaires animales et végétales**
 - B. Des propriétés assurées par les matrices extracellulaires**
 - C. Des structures dynamiques**
- II. La cohésion et l'interaction des cellules repose sur des protéines particulières**
 - A. Les jonctions cellules-cellules des tissus**
 - B. Les jonctions cellules-matrice des tissus animaux : exemple des hémidesmosomes**
 - C. Interactions avec les éléments du cytosquelette**

Définition Matrice extracellulaire

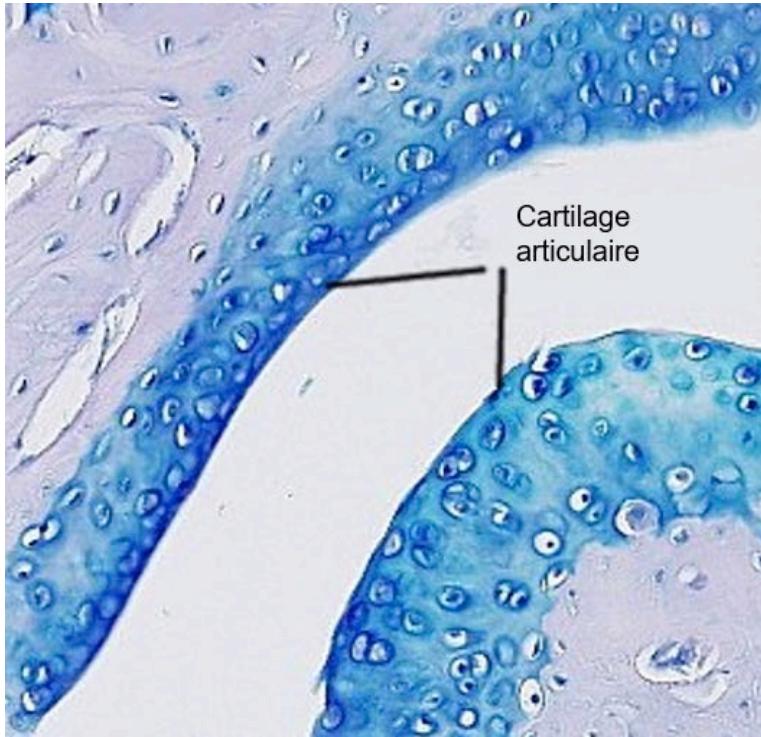


Entre cellules animales

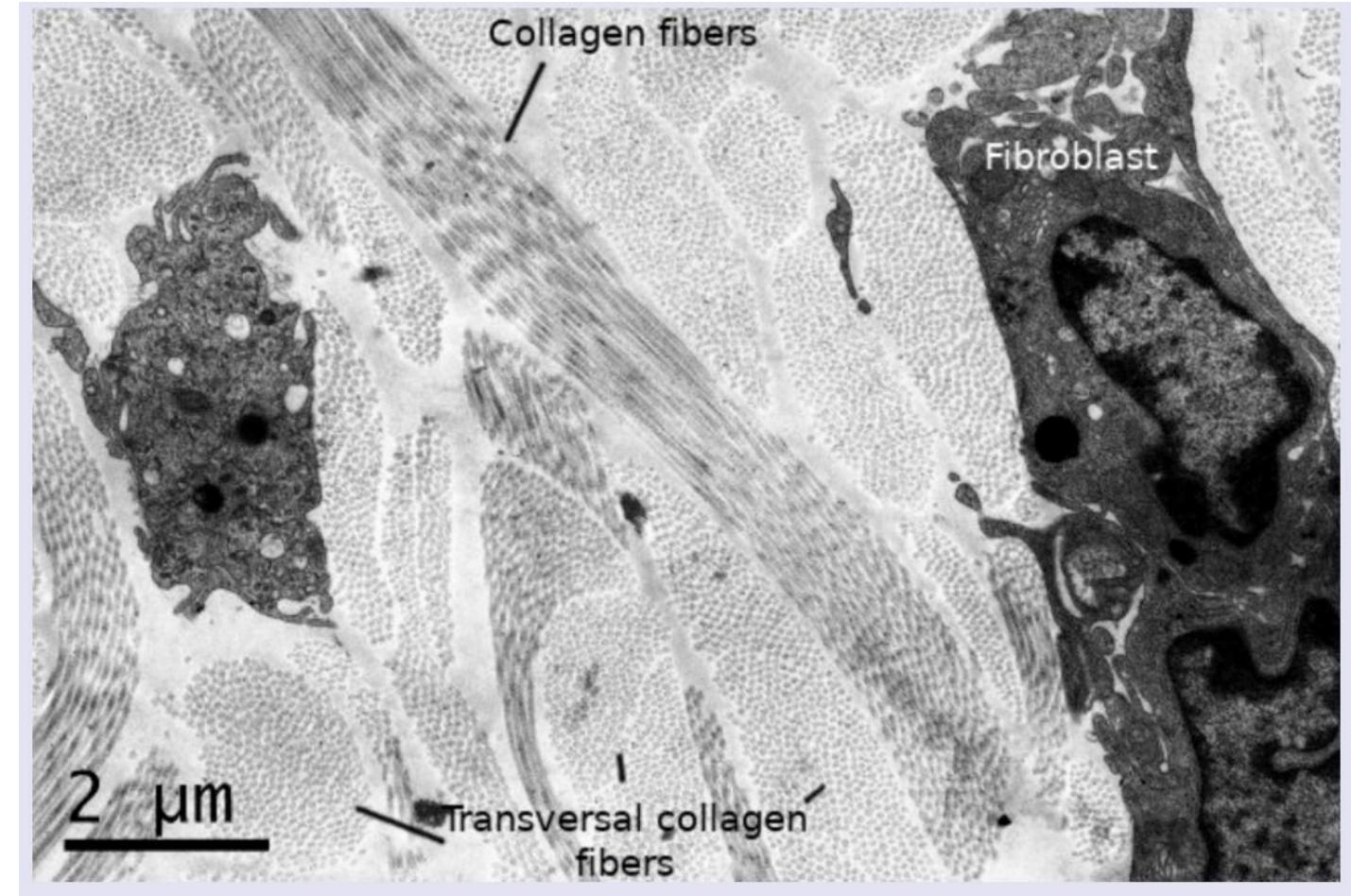


Entre cellules végétales

Généralités sur la MEC animale

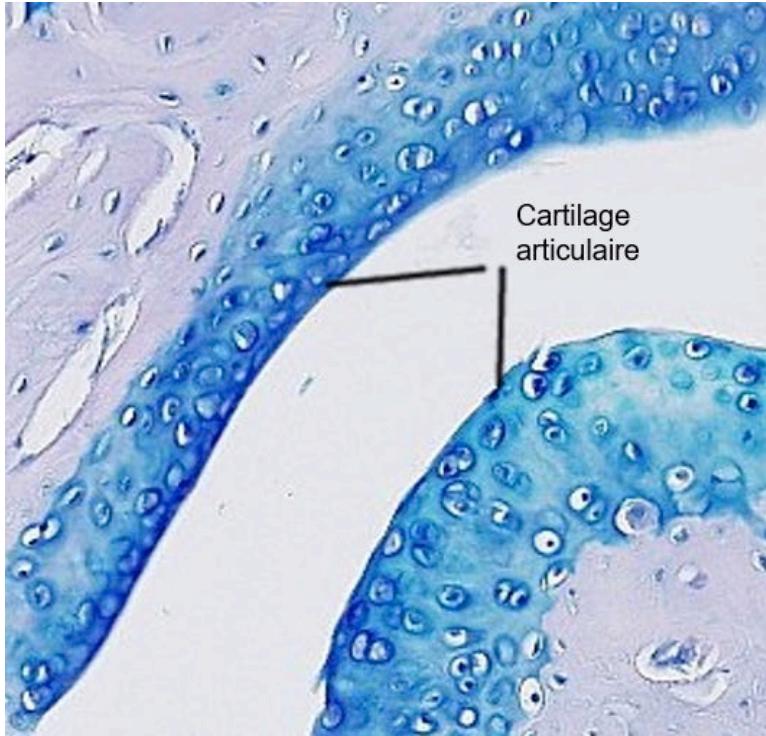


Cartilage hyalin d'une articulation coloré par le bleu alcian (qui colore des GAG spécifiquement présents dans la MEC cartilagineuse). Les cellules dans les logettes sont les chondrocytes. Le reste est du tissu osseux.



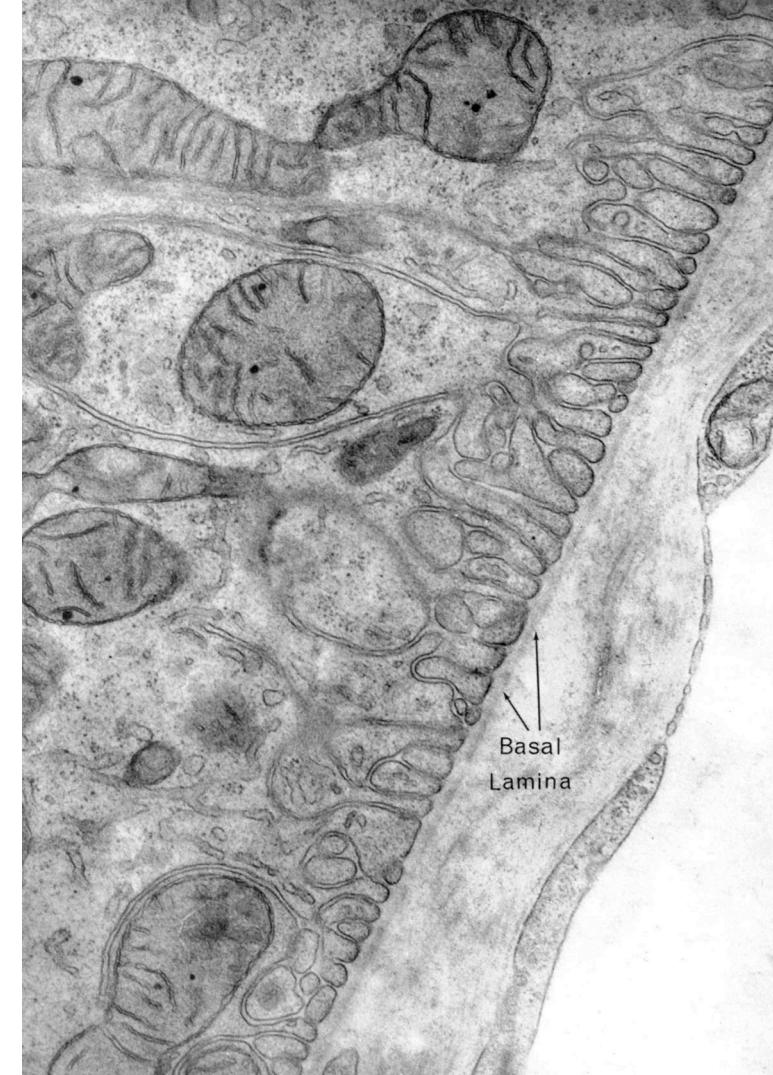
© <https://bcgdevelop.fr/les-matrices-extracellulaires/>

Généralités sur la MEC animale



Cartilage hyalin d'une articulation coloré par le bleu alcian (qui colore des GAG spécifiquement présents dans la MEC cartilagineuse). Les cellules dans les logettes sont les chondrocytes. Le reste est du tissu osseux.

© <https://bcgdevelop.fr/les-matrices-extracellulaires/>



© columbia.edu

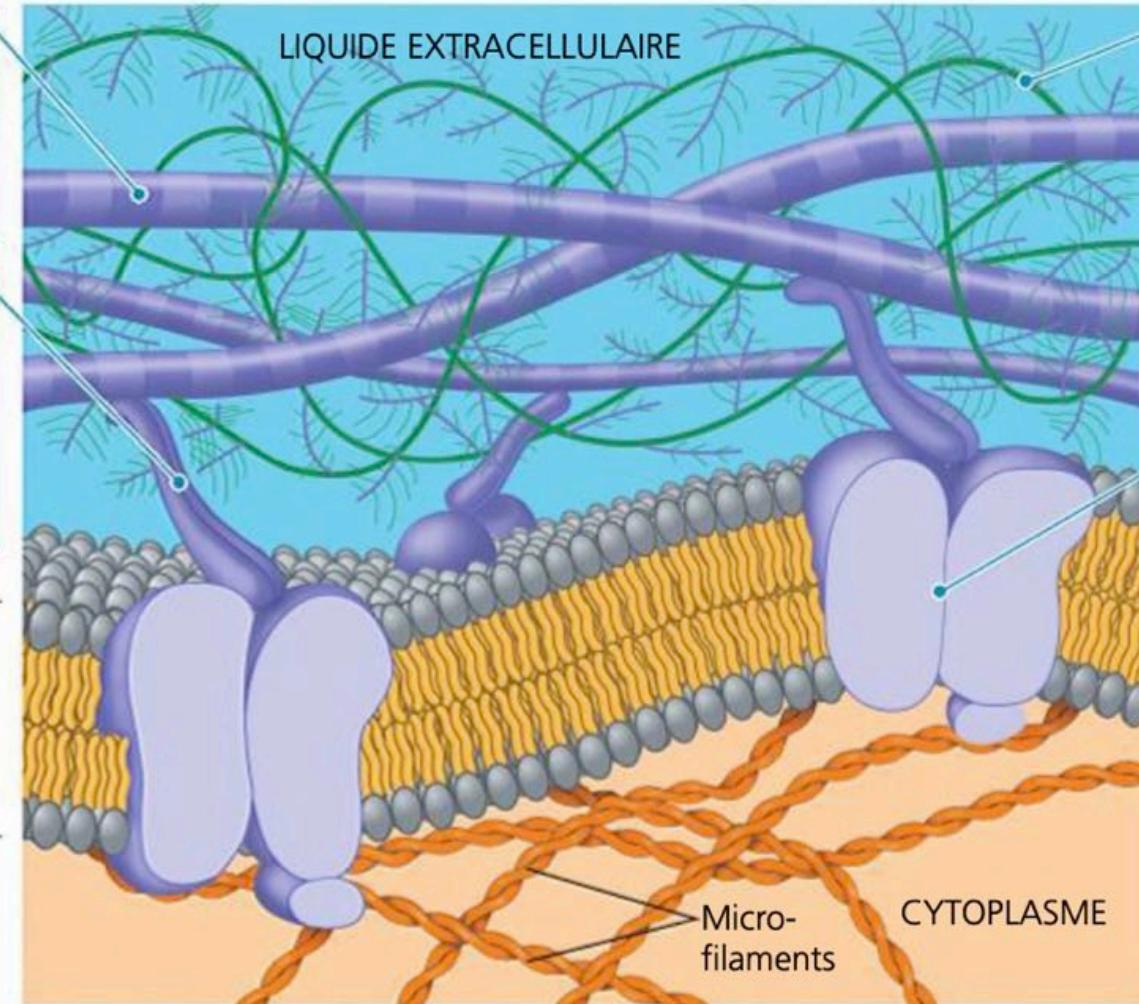
Généralités sur la MEC animale

Nature du composant	Nom des molécules	Fonction	Proportion (ordre de grandeur)
Protéines	Collagène	Constitution de fibres	Environ 50%
	Élastine	Constitution de fibres	<1%
Glycoprotéines	Laminine	Adhésion	20 à 40%
	Fibronectine		< à 5-10%
	GAG (=Glycosaminoglycans) Ex : Acide hyaluronique... Relié à des protéines → formant les protéoglycans	Constitution de gels	5 à 15%

Des fibres de collagène traversent les complexes de protéoglycane.

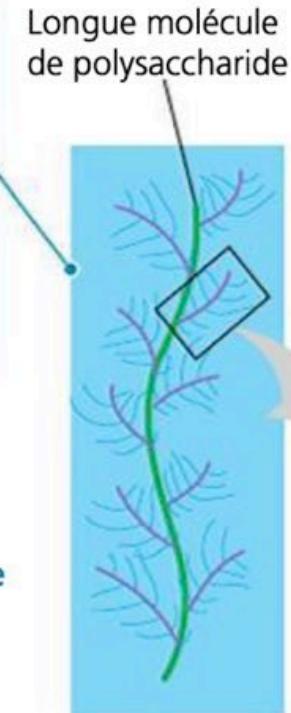
La fibronectine ancre la matrice extracellulaire aux intégrines enchâssées dans la membrane plasmique.

Membrane plasmique



Un complexe de protéoglycane se compose de centaines de molécules de protéoglycane liées à une longue molécule de polysaccharide.

Les intégrines sont des protéines transmembranaires fixées, d'un côté, à la matrice extracellulaire et, de l'autre, à d'autres protéines associées, qui sont liées à des microfilaments du cytosquelette. Du fait de leur position, elles transmettent des informations de part et d'autre de la membrane plasmique et peuvent modifier l'action de la cellule.



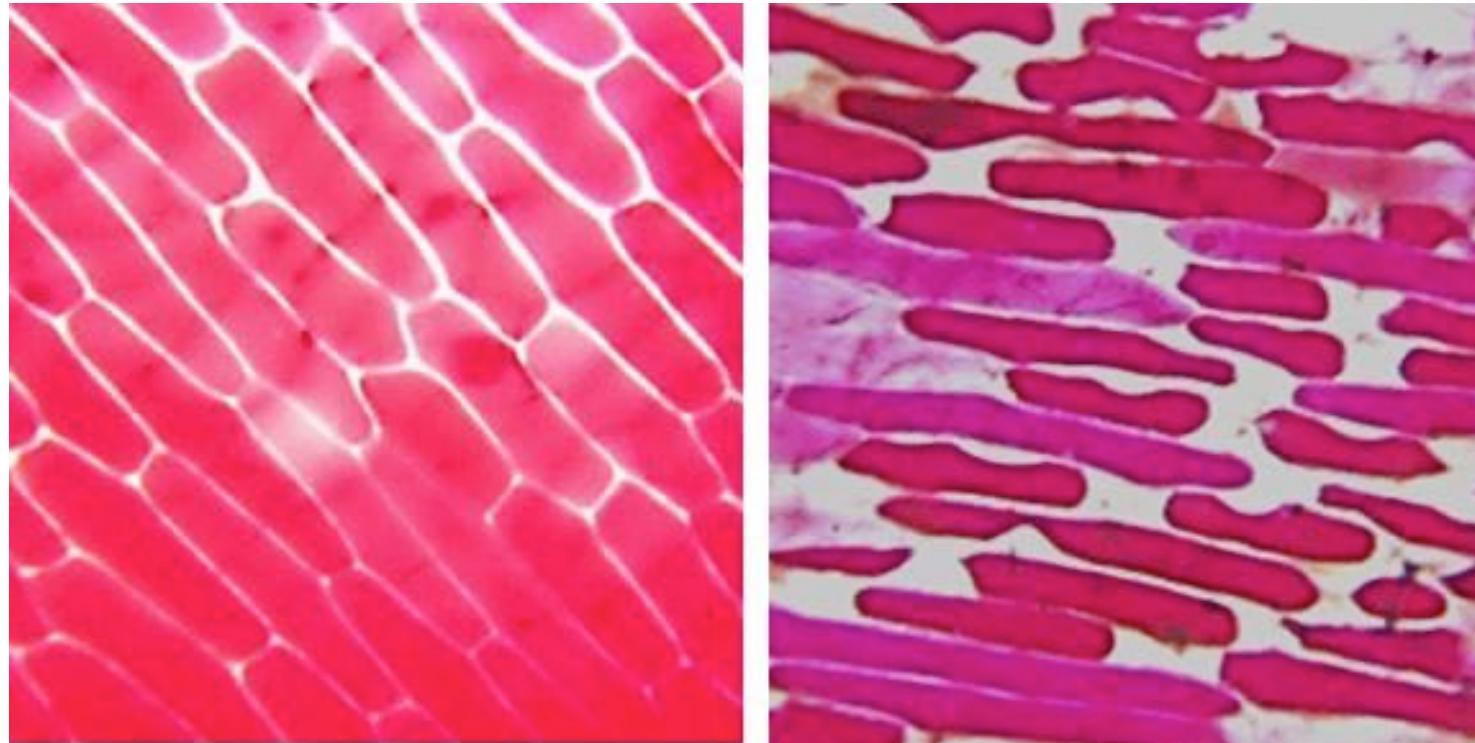
Complexe de protéoglycane

▲ **Figure 6.30** La matrice extracellulaire d'une cellule animale. La structure et la composition de la matrice extracellulaire varient selon le type de cellule. Dans cet exemple, trois sortes de glycoprotéines sont illustrées : les protéoglycane, les fibres de collagène et les fibronectines.

© Campbell

Généralités sur la paroi

- Observation de plasmolyse et turgescence de cellule d'épiderme d'oignon



<https://www.youtube.com/watch?v=6IC4m0BTCb8>

Généralités sur la paroi

- Coupe de tige de Sureau colorée au carmin-vert d'iode

Tissus	Epiderme	Parenchyme	Sclérenchyme	Phloème	Xylème
Caractéristiques et coloration au carmin-vert d'iode	Tissu de protection couche externe de cellules à paroi constituée de cellulose colorée en rose	Tissu de remplissage constitué de cellules à paroi fine et cellulosique, colorées en rose	Tissu de soutien dont les cellules ont une paroi épaisse et rigide composé de lignine épaisse et très rigide colorée en bleu	Tissu conducteur, principalement de sève élaborée (molécules organiques). Cellules à paroi constituée de cellulose colorée en rose	Tissu conducteur d'eau et d'ions minéraux. Vaisseaux constitués de cellules mortes et vides souvent plus grosses que les autres réduites à une paroi constituée de lignine, épaisse et très rigide, colorée en vert

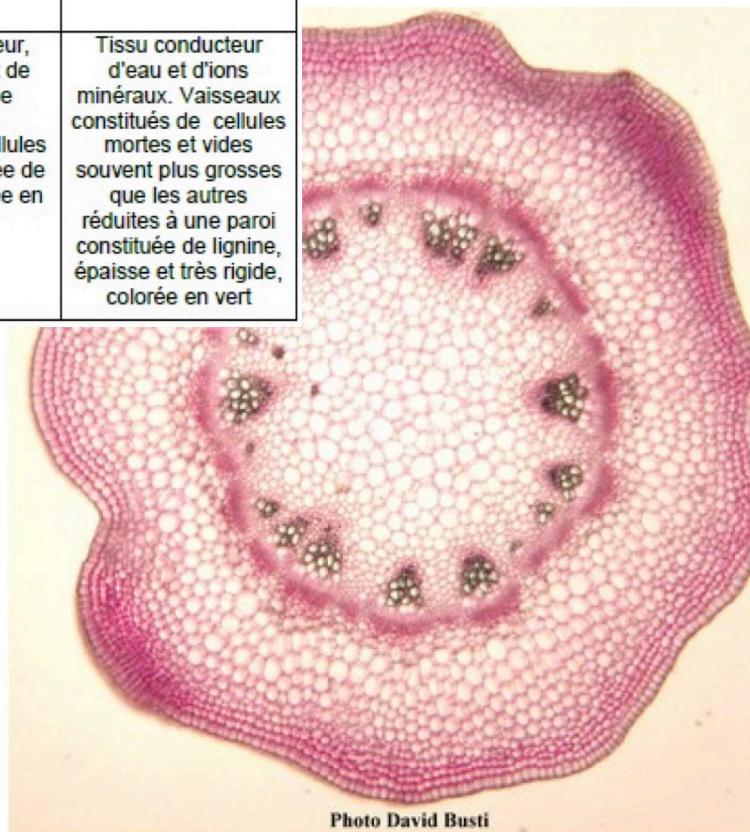


Photo David Busti

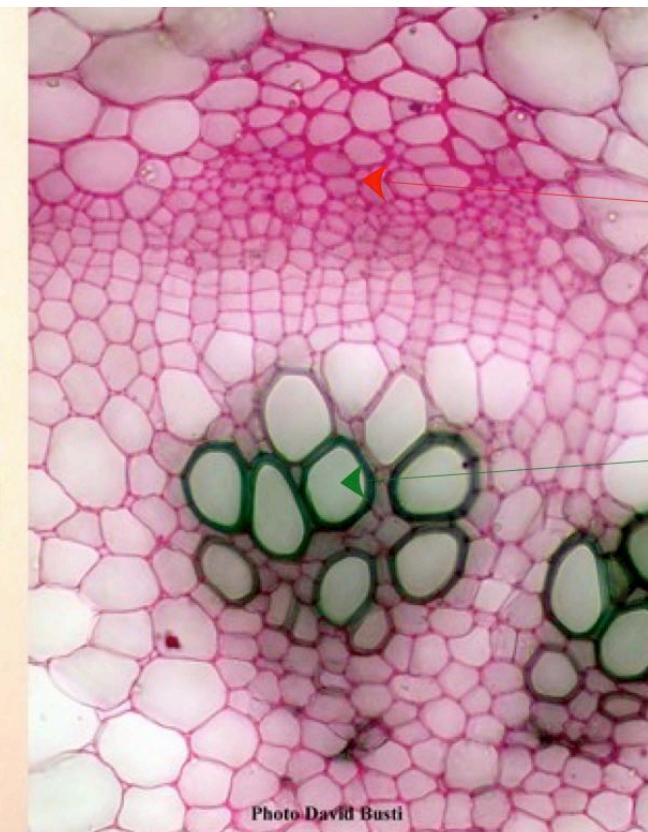
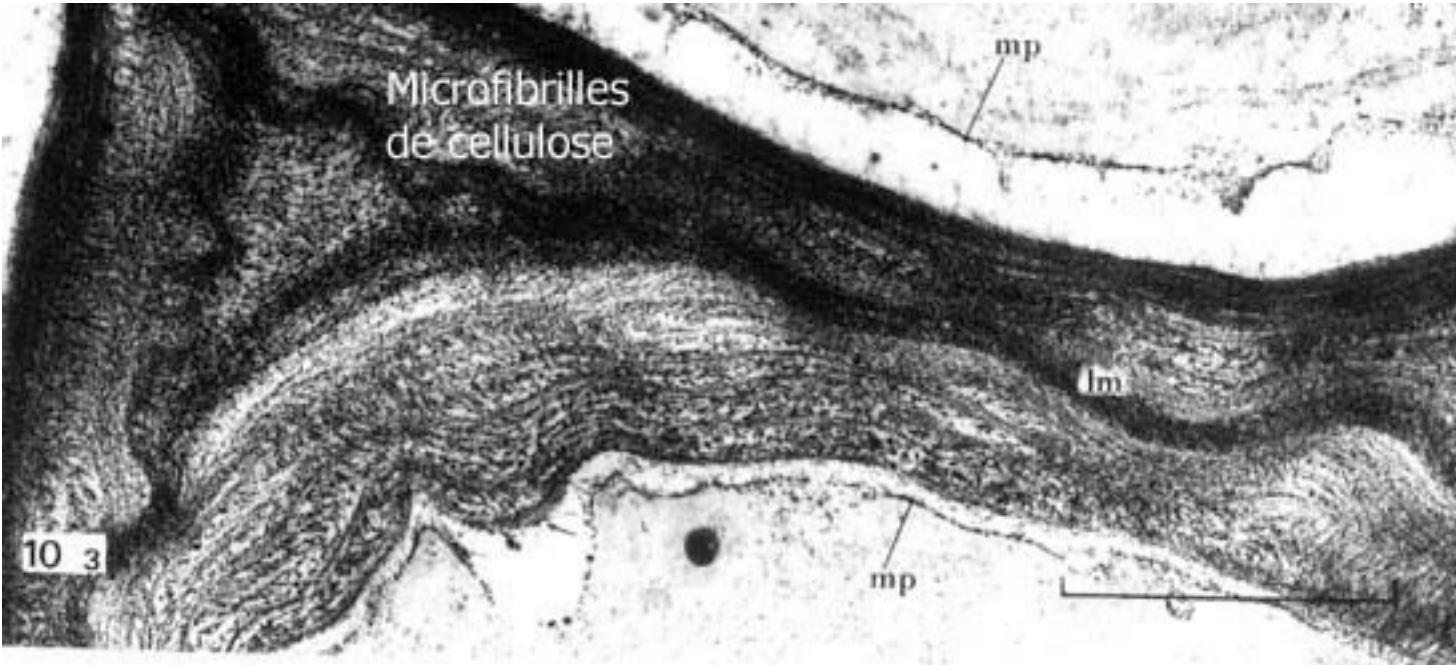
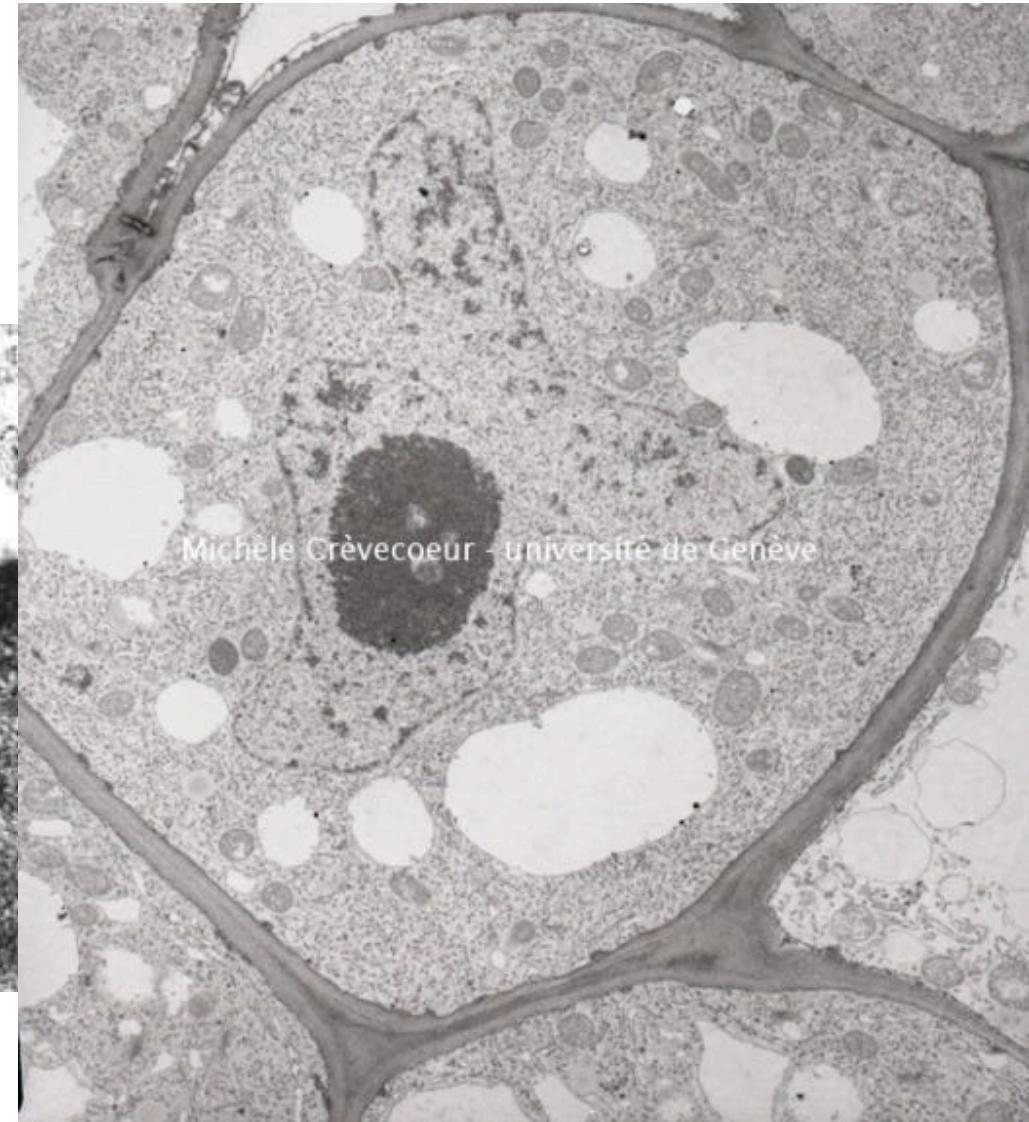


Photo David Busti

Généralités sur la paroi



Paroi d'une cellule végétale (X 45 000)
Racine de bois.
(atlas de biologie cellulaire par J.C Roland)

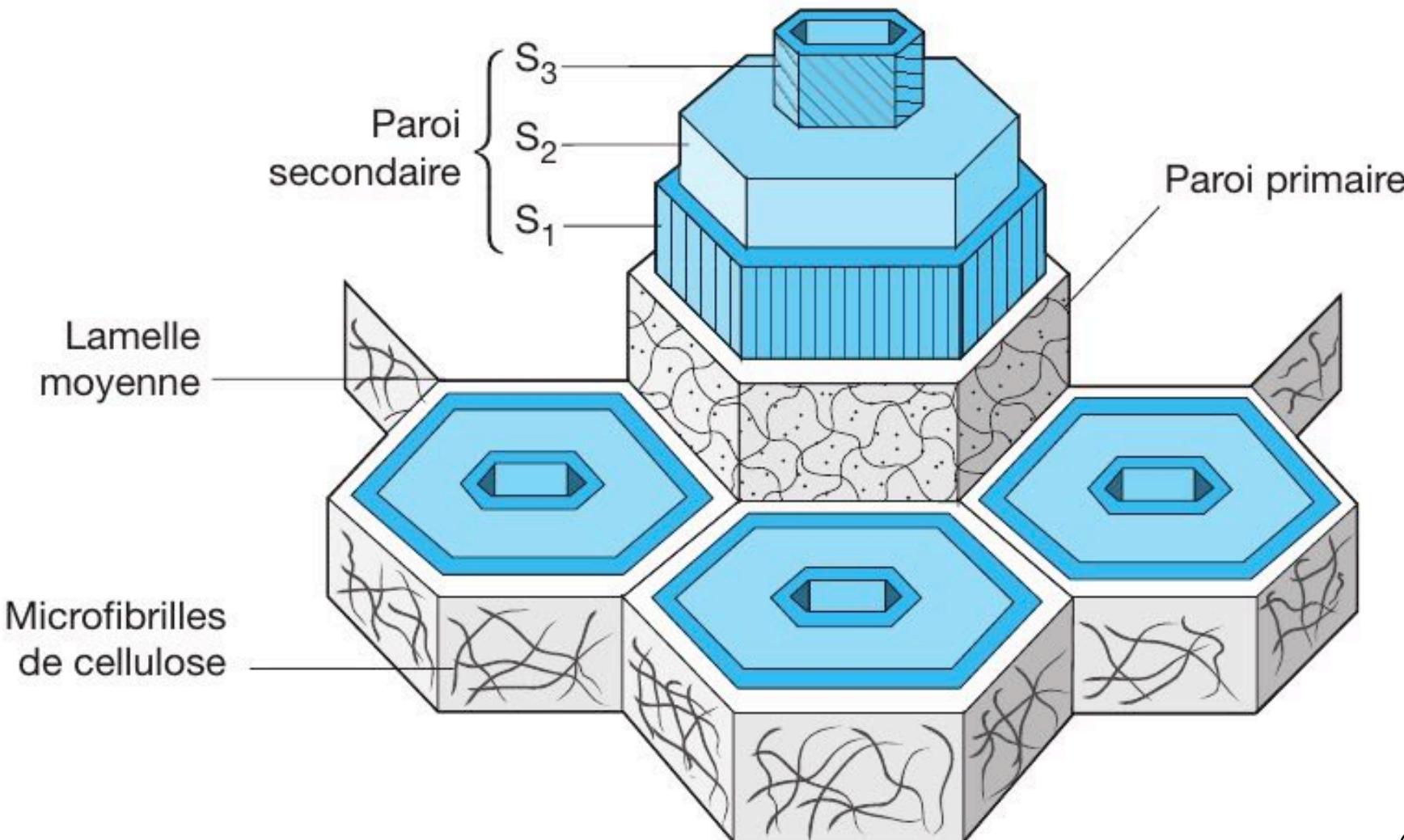


Cellule de méristème primaire de racine de *Zea mays*

Généralités sur la paroi

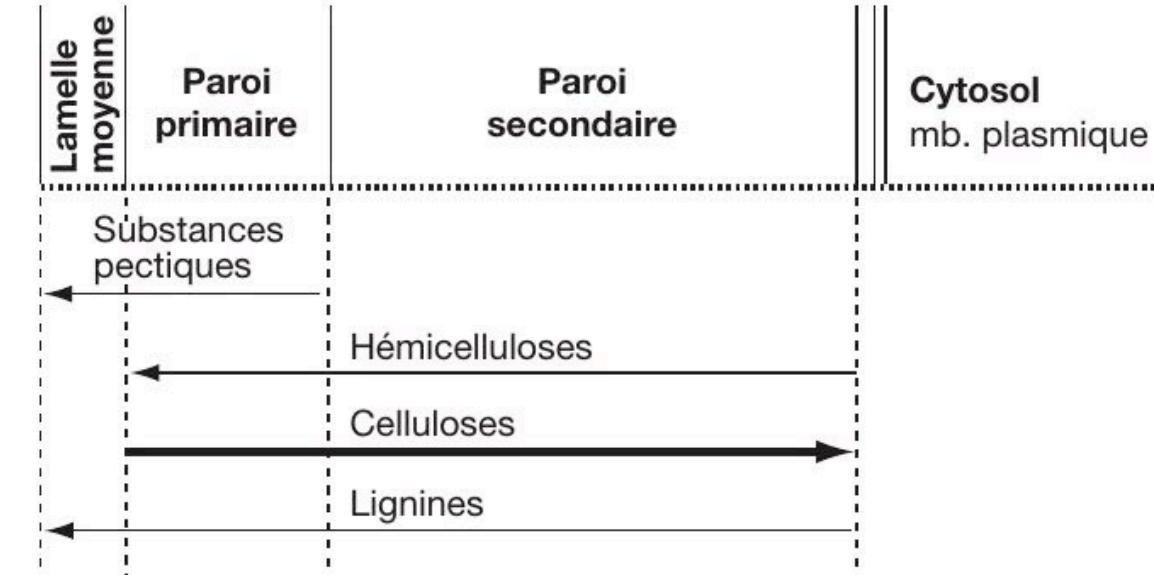
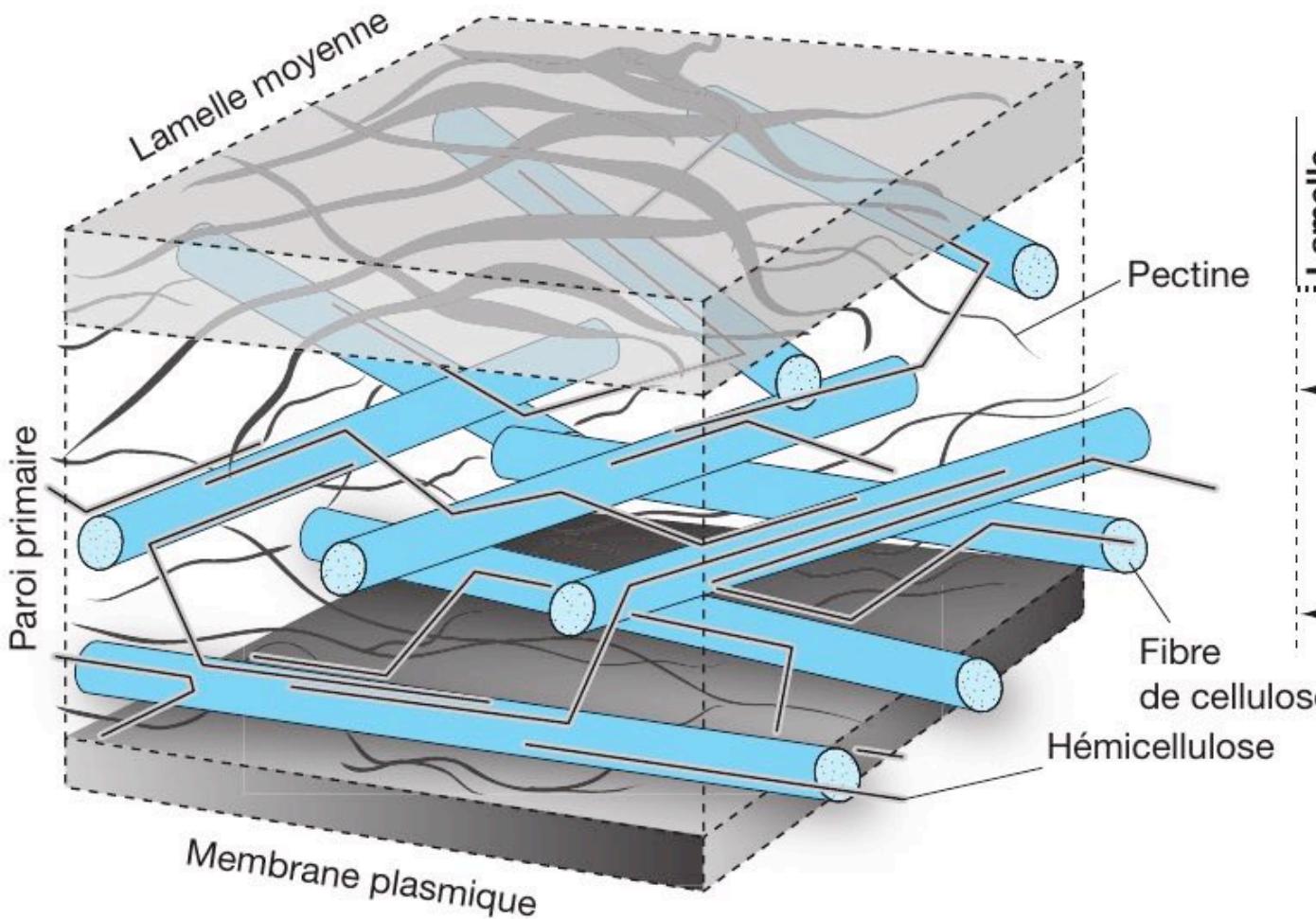
Nature du composant	Nom des molécules	Fonction	Proportion (ordre de grandeur)
Glucides	Cellulose	Constitution de fibres	De 30 à 90% selon la paroi
	Hémicellulose	Fibres ramifiées + Adhésion	De 20 à 50%
	Pectines	Constitution de gels	De 20 à 30%
	Extensine	Adhésion	De 5 à 10%
Protéines	Hydrolases (exocellulase, expansine...)	Enzymes mises en jeu dans l'élongation cellulaire ou lignification	Pour la paroi l^{aire} : environ 1 à 5 %
Polyphénol → Métabolites secondaires	Lignine	Cimentation de certaines parois	Jusqu'à 30% selon la paroi

Généralités sur la paroi



© Callen, 2005

Généralités sur la paroi



© Callen, 2005

Élément fibreux : Collagène de la matrice animale

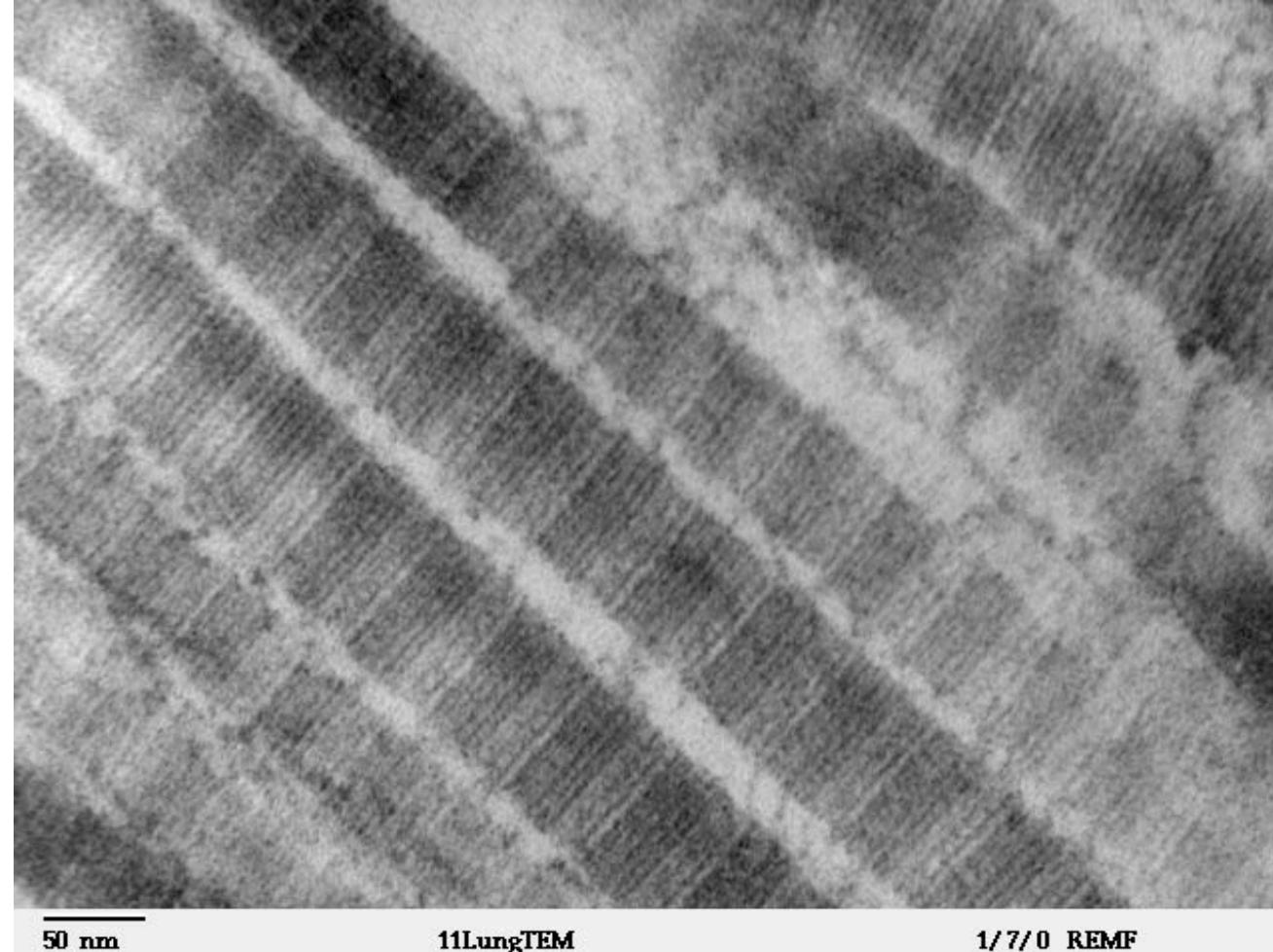
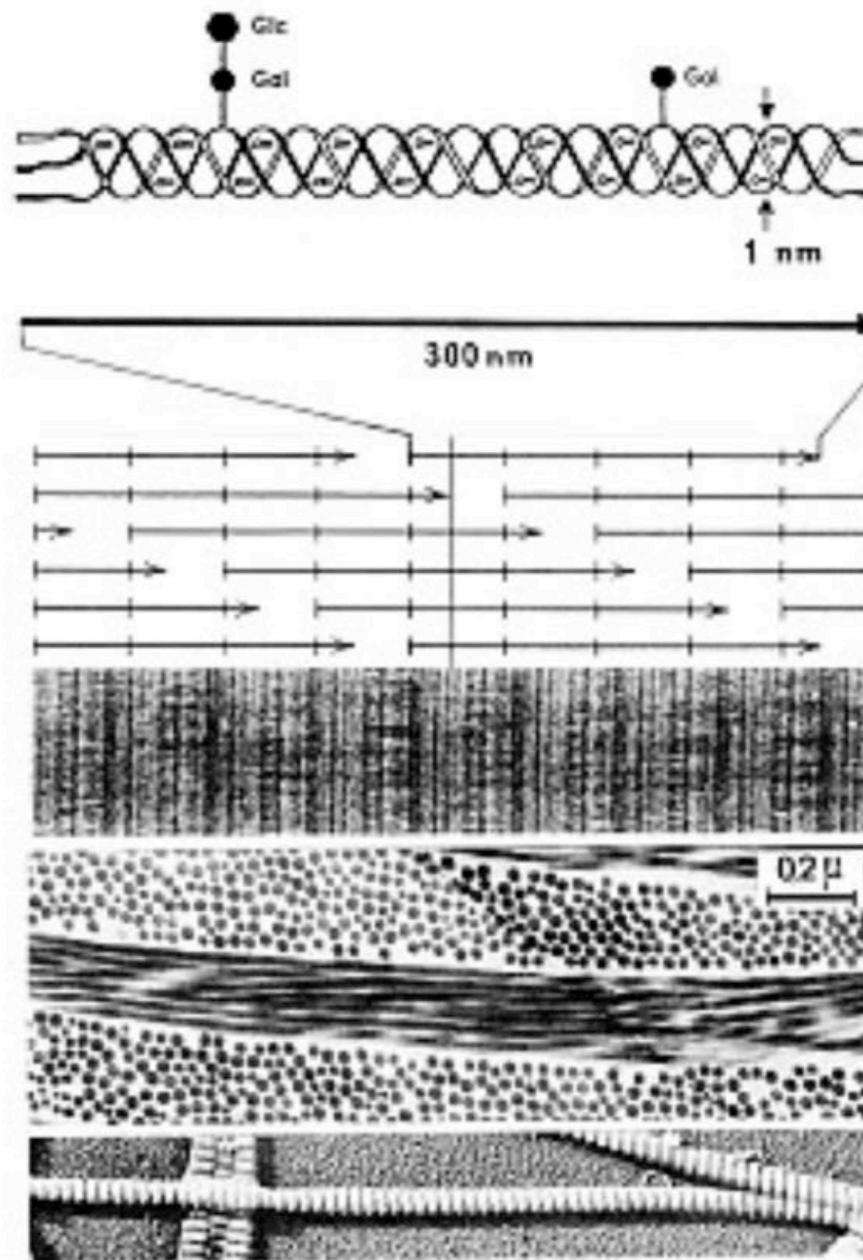


Image au MET d'une section à travers une zone de tissu pulmonaire de mammifère. L'image de la zone du tissu conjonctif montre **des fibrilles de collagène** de type I

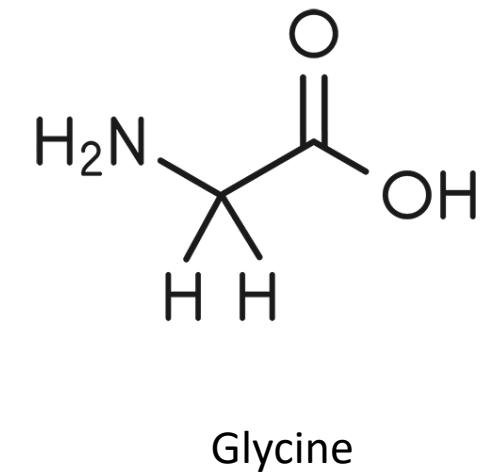
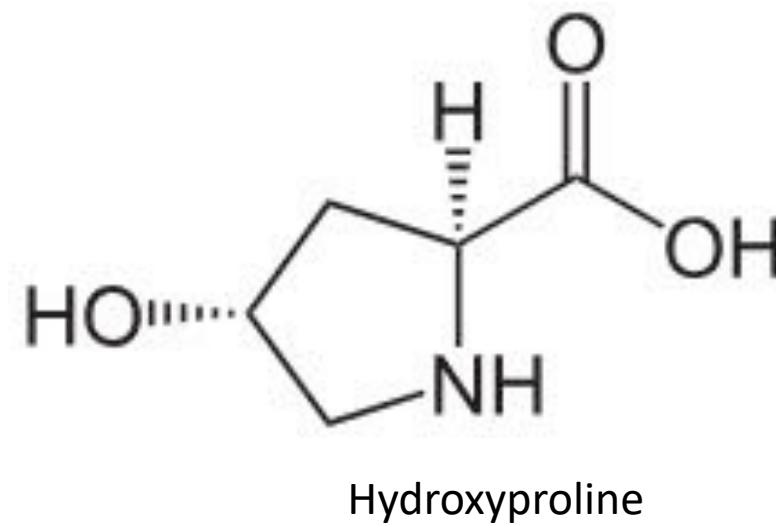
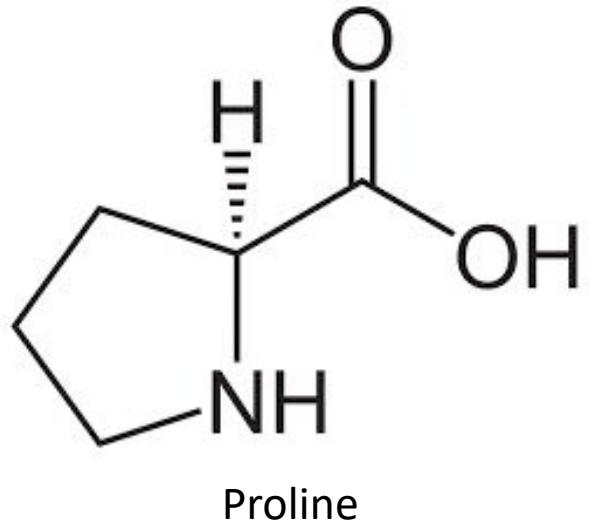
Élément fibreux : Collagène de la matrice animale



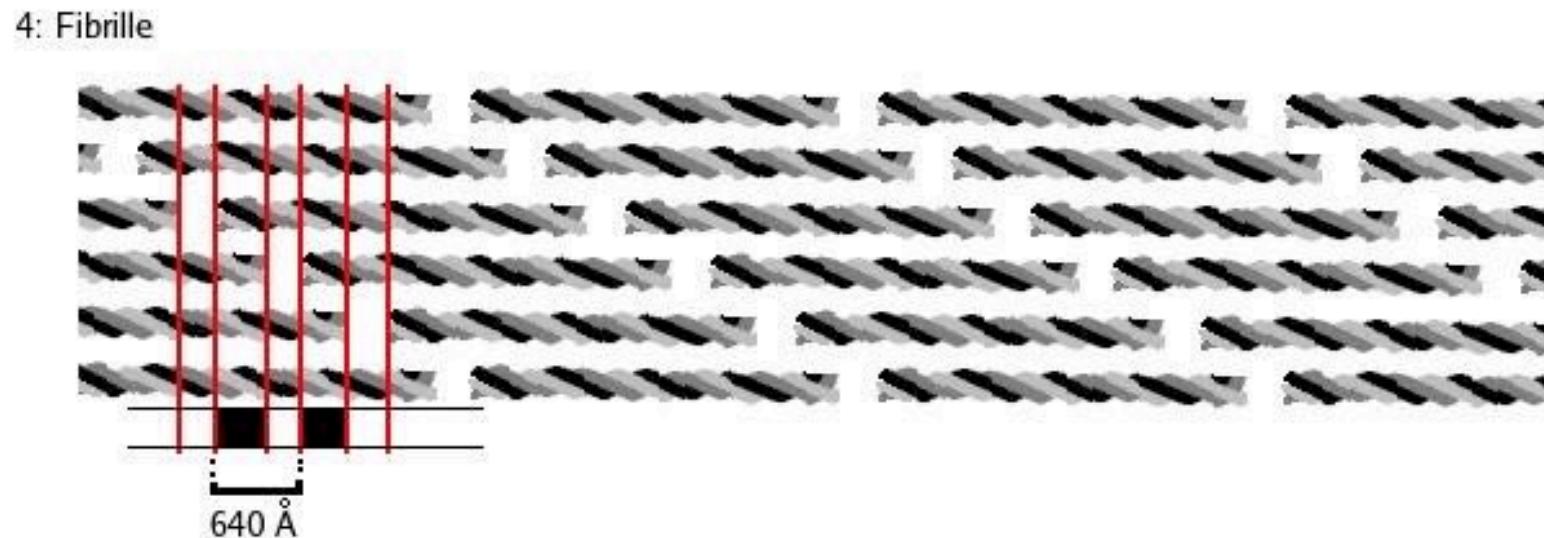
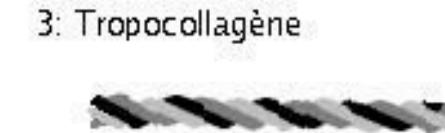
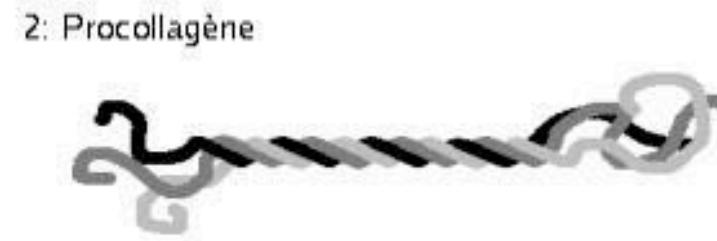
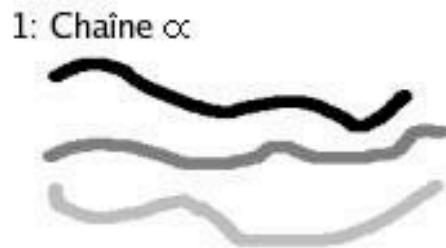
© Callen, 2005

Figure 14.12
Organisation moléculaire
et structure des fibres de collagène de type I

Élément fibreux : Collagène de la matrice animale

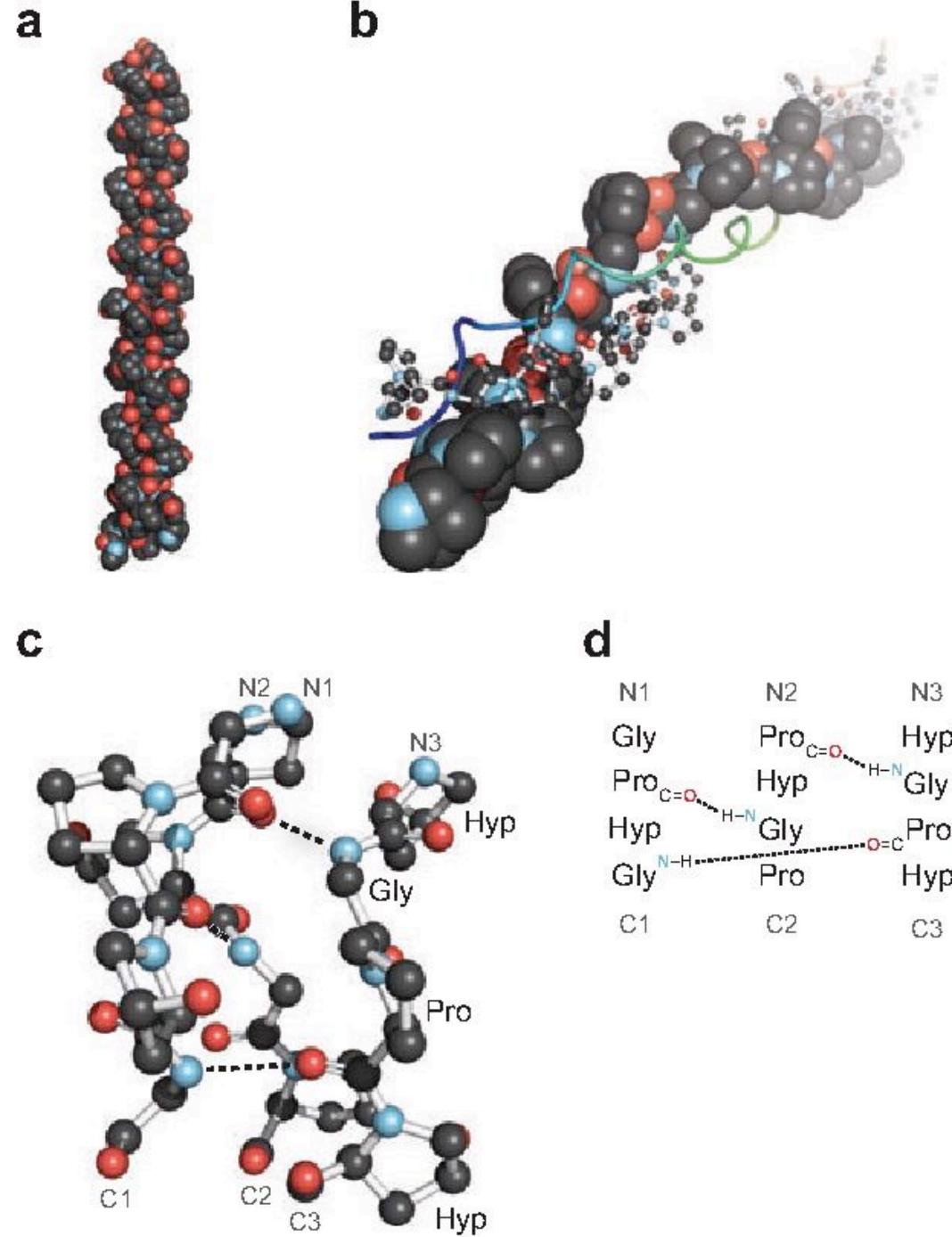


Élément fibreux : Collagène des matrices animales



© Wikimedia

Collagène des matrices animales



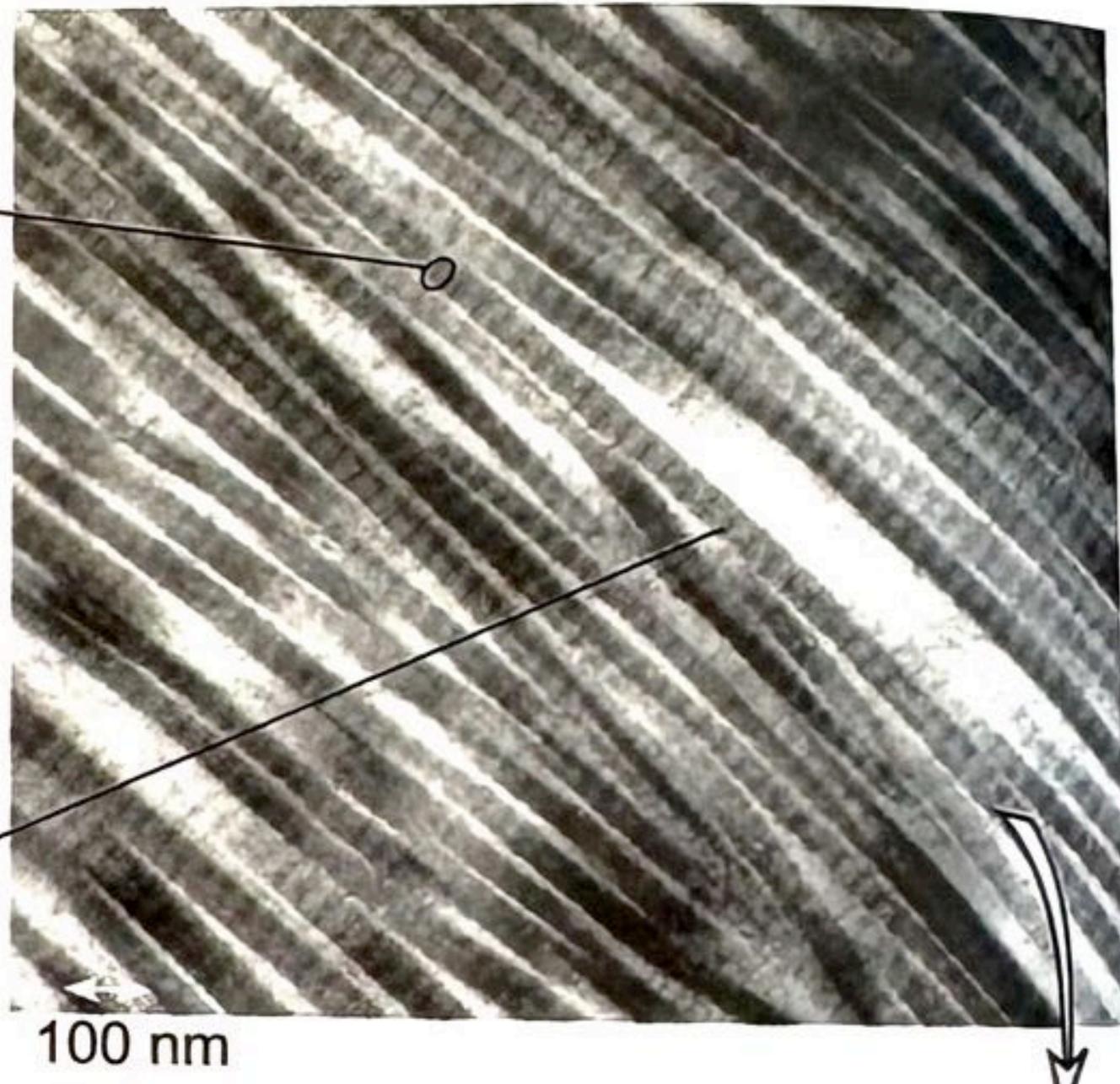
© Shoulders, Annual Review of Biochemistry 2009

I
II

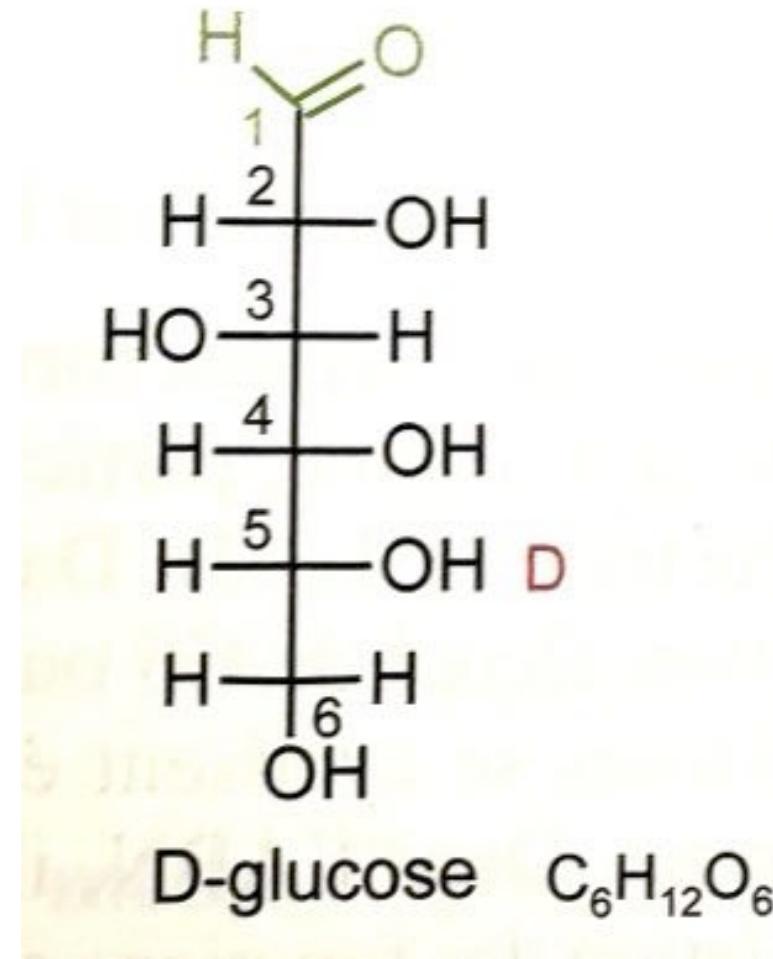
(b) détail d'un faisceau de fibrilles en C.L.

une
fibrille de
collagène

striation
transversale

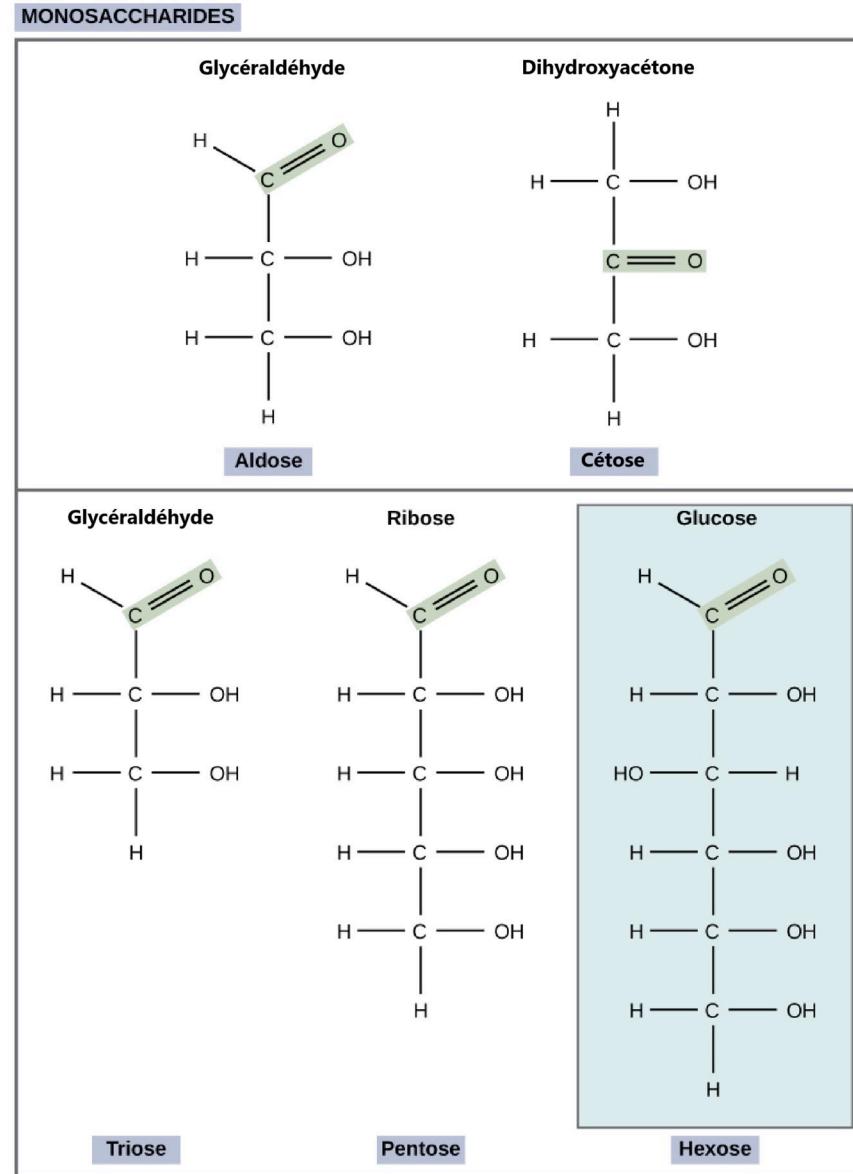


Cellulose des parois – Point sur les glucides



© Peycru, 2019

Cellulose des parois – Point sur les glucides



© Peycru, 2019

Cellulose des parois – Point sur les glucides

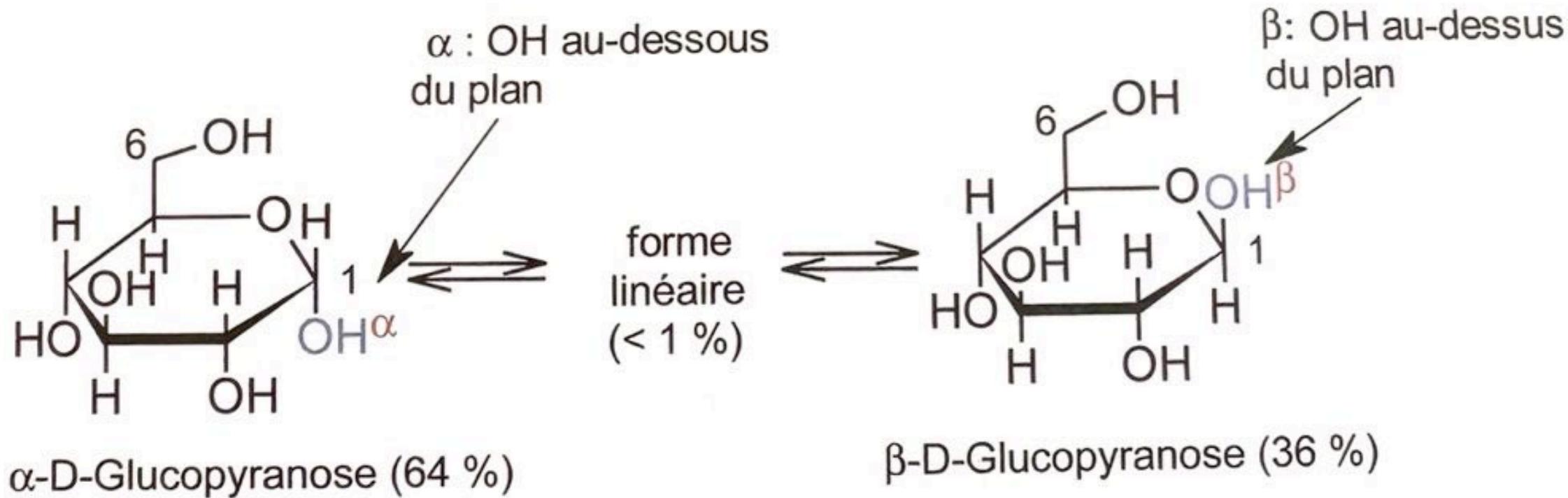
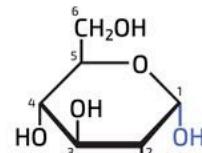


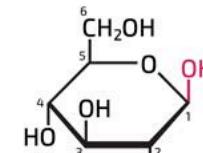
FIGURE 1.11 Les deux formes cyclisées du glucose et leurs proportions dans le vivant

© Peycru, 2019

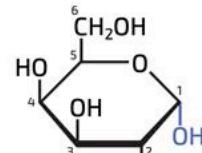
Cellulose des parois – Point sur les glucides



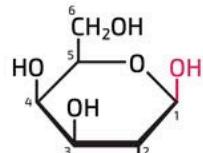
α -D-Glucopyranose



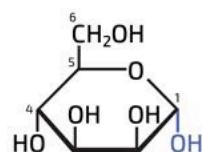
β -D-Glucopyranose



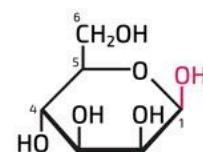
α -D-Galactopyranose



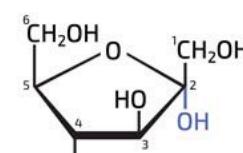
β -D-Galactopyranose



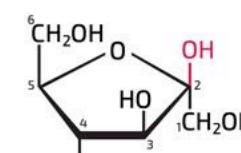
α -D-Mannopyranose



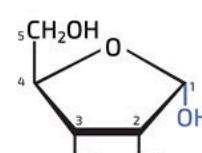
β -D-Mannopyranose



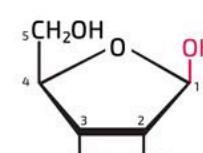
α -D-Fructofuranose



β -D-Fructofuranose

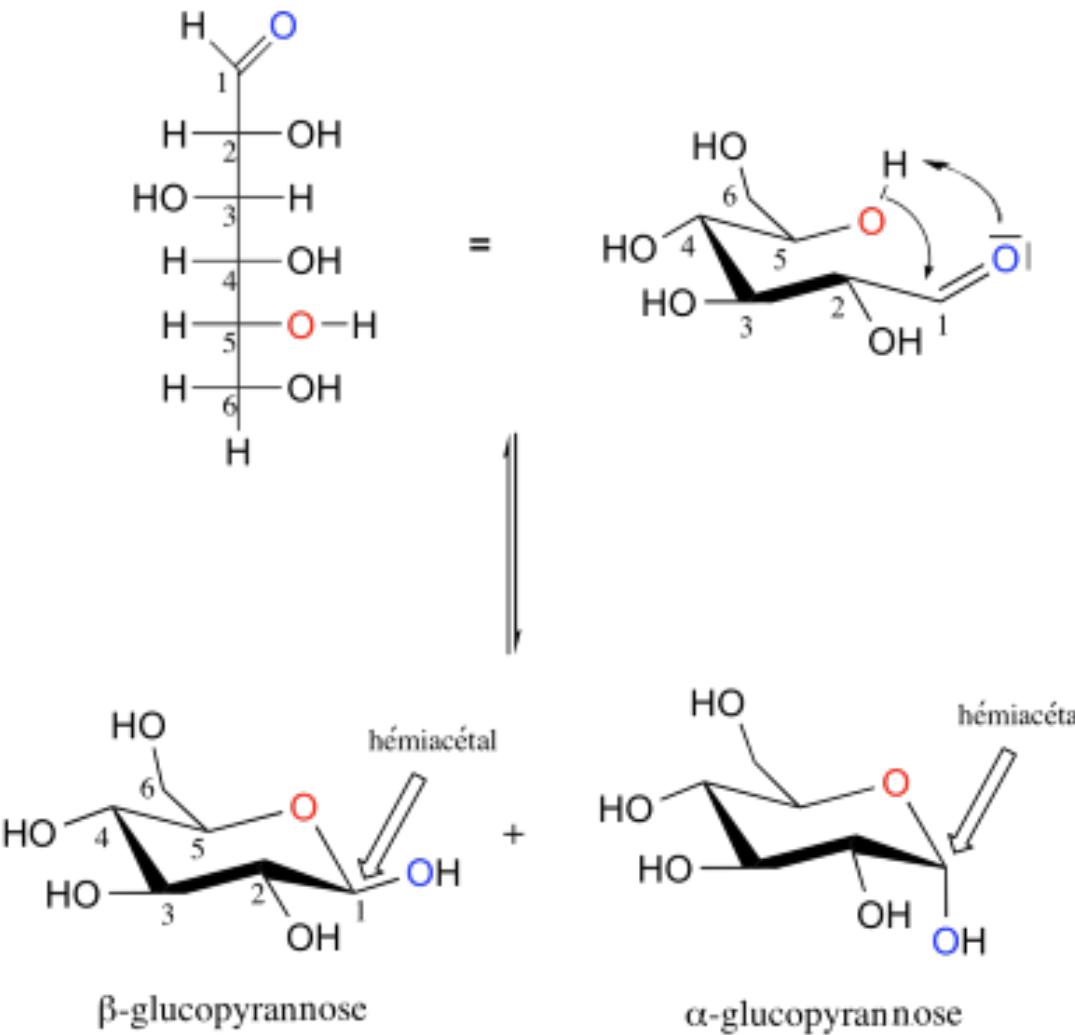


α -D-Ribofuranose

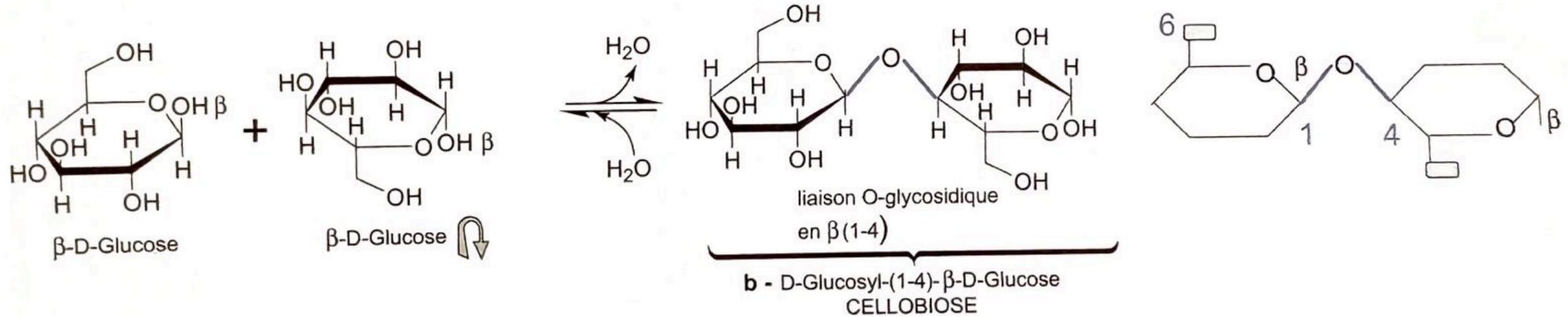


β -D-Ribofuranose

Cellulose des parois – Point sur les glucides

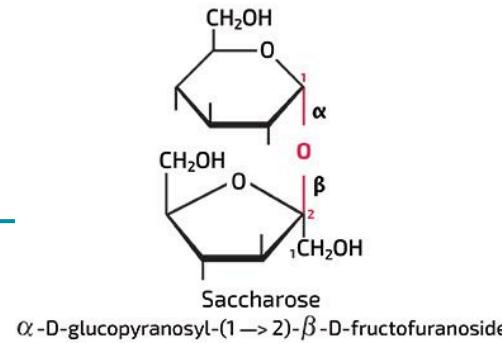
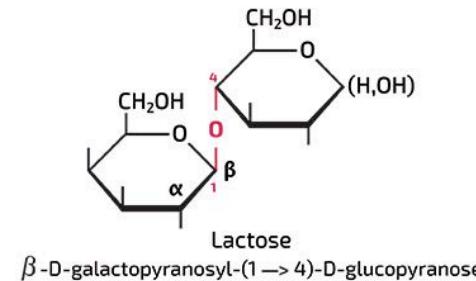
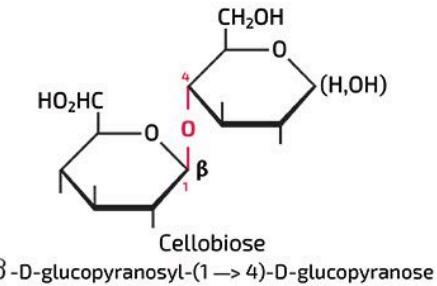
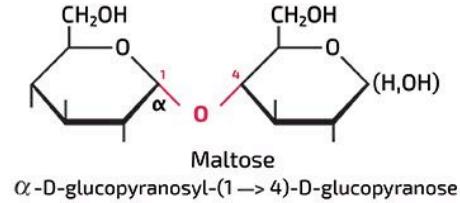


Cellulose des parois – Point sur les glucides

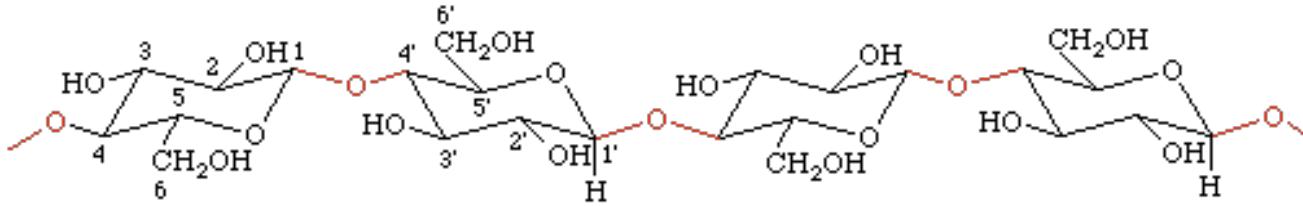


© Peycru, 2019

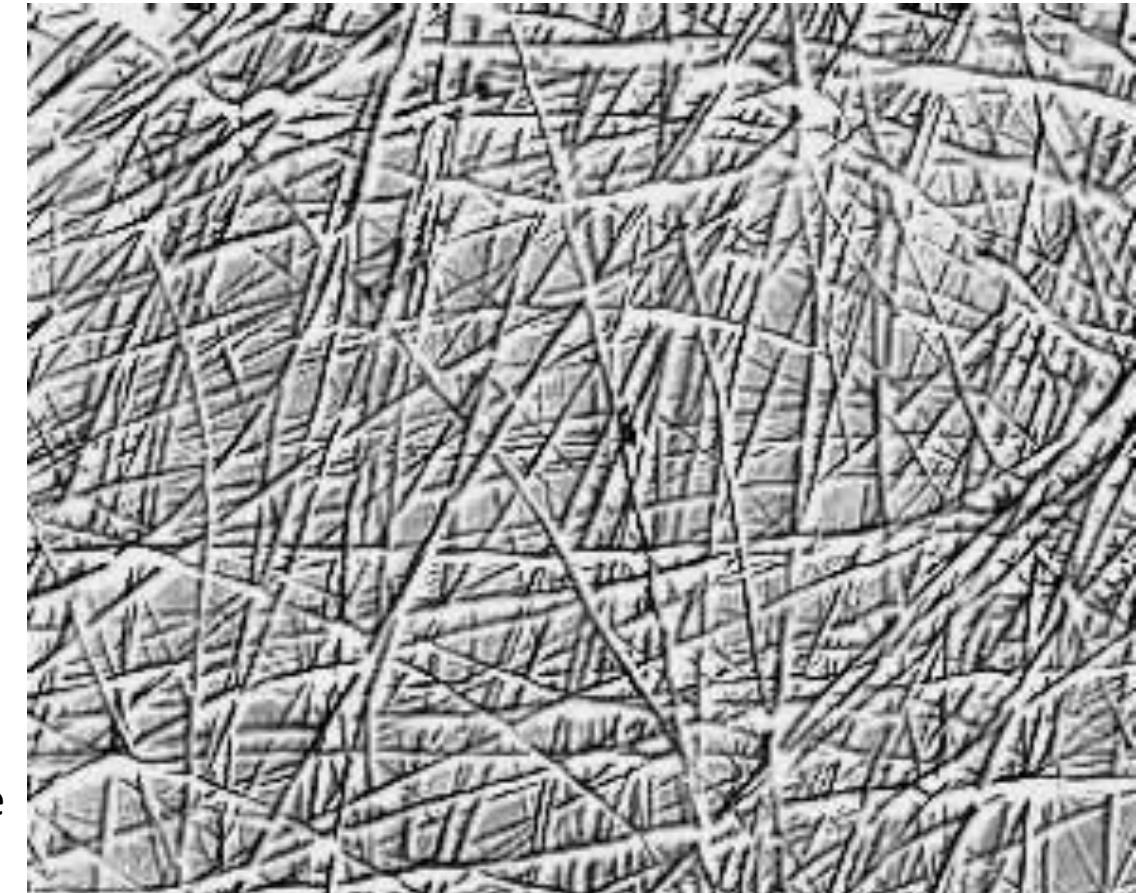
Cellulose des parois – Point sur les glucides



Élément fibreux : Cellulose des parois



MET Cellulose
X 30 000



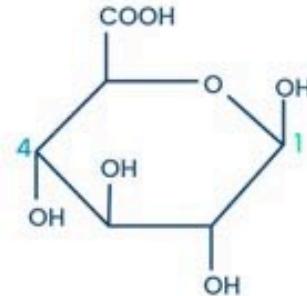
© <https://acces.ens-lyon.fr/biotic/morpho/html/paroi.htm>

Élément de la substance fondamentale - Les GAG : glycosaminoglycans

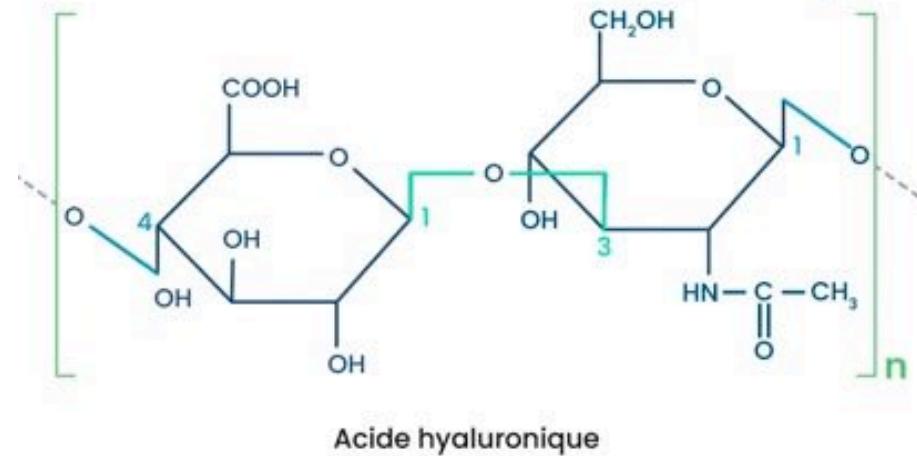
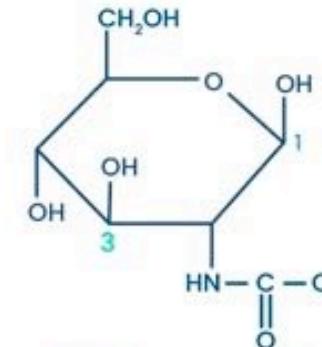
Structure chimique de l'acide hyaluronique

Polyosides –
Alternance de
dioses

Acide D-glucuronique



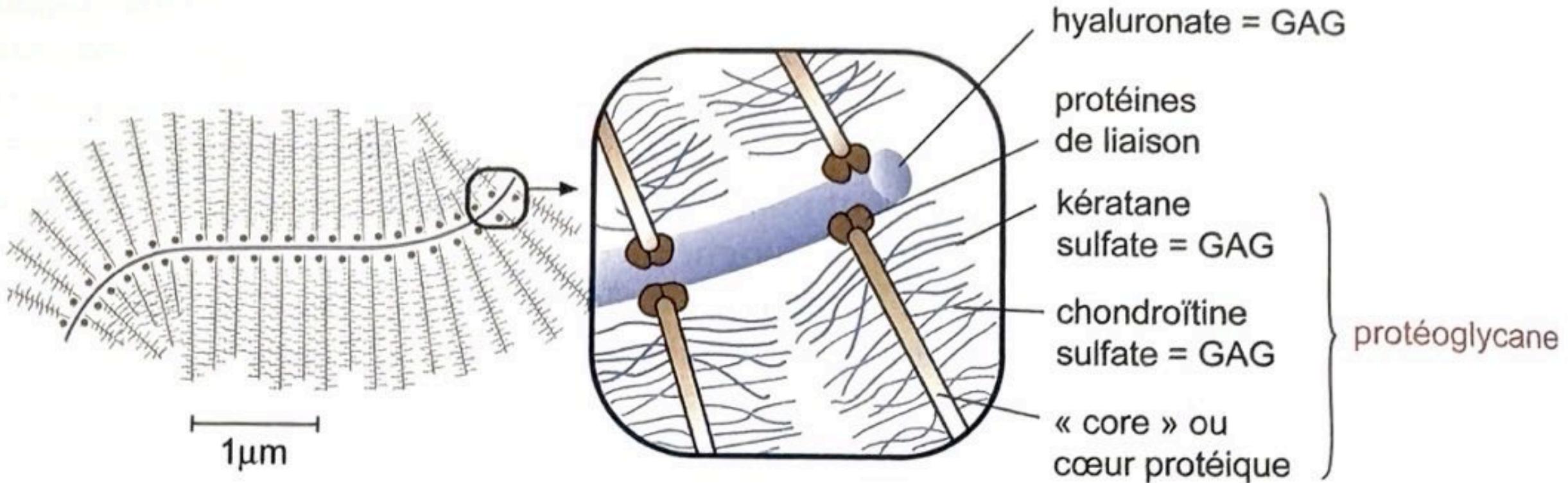
D-N-acétylglucosamine



Acide hyaluronique

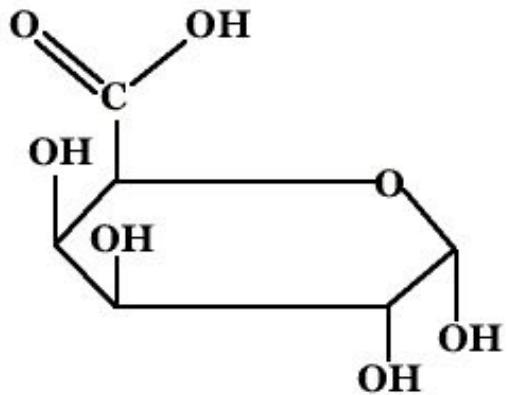
© cahiers-ophtalmologie.fr

Élément de la substance fondamentale - Organisation des agrécanes

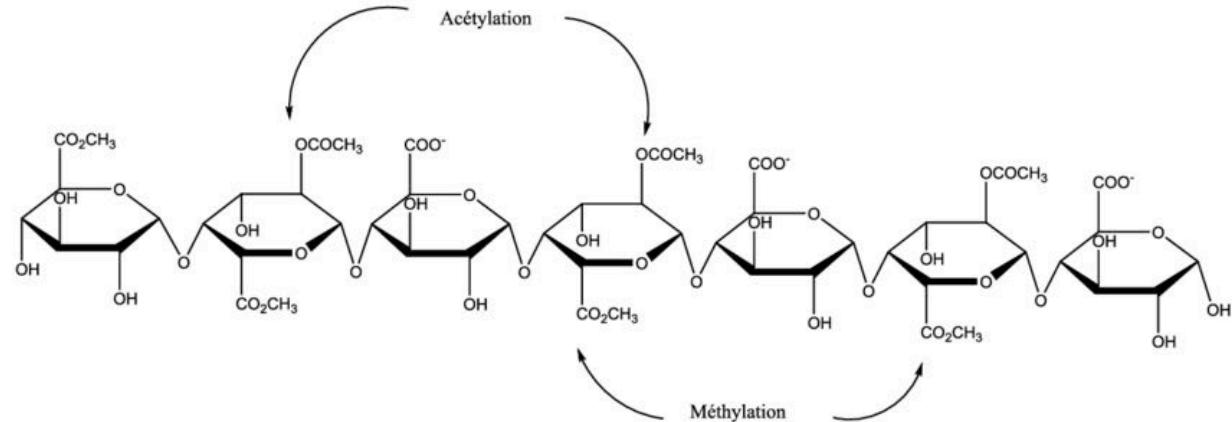
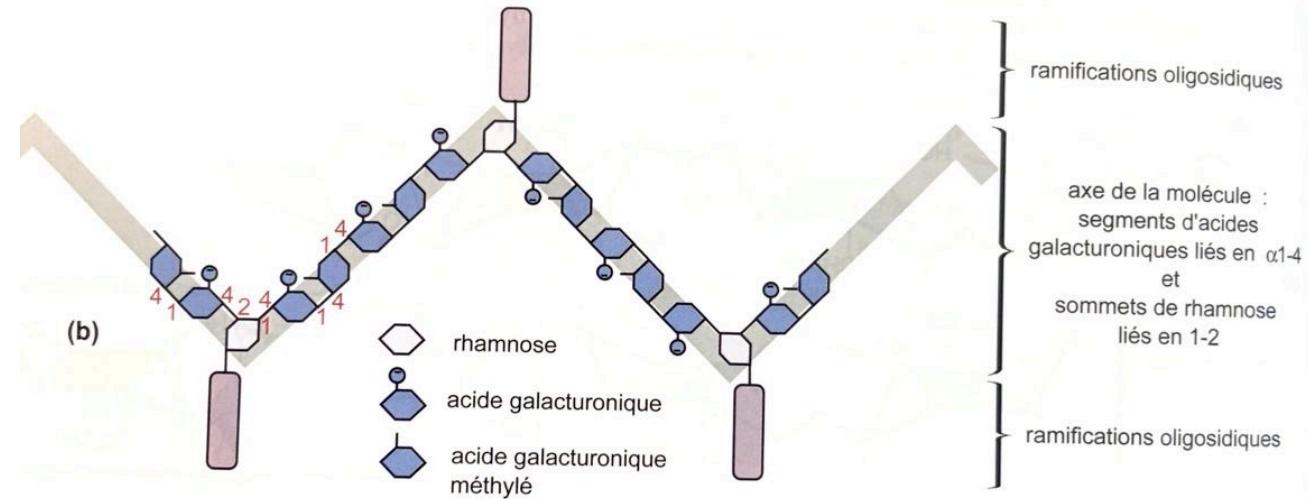


© [Peycru](#)

Élément de la substance fondamentale - Pectine des parois



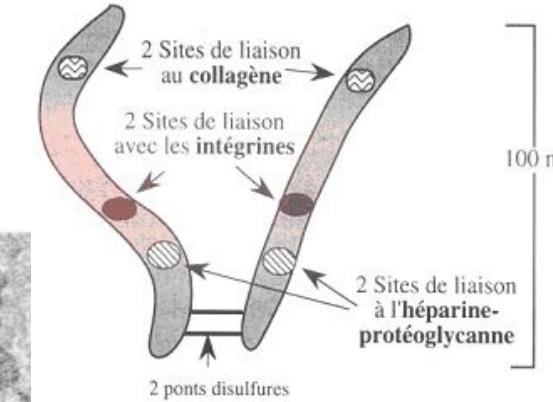
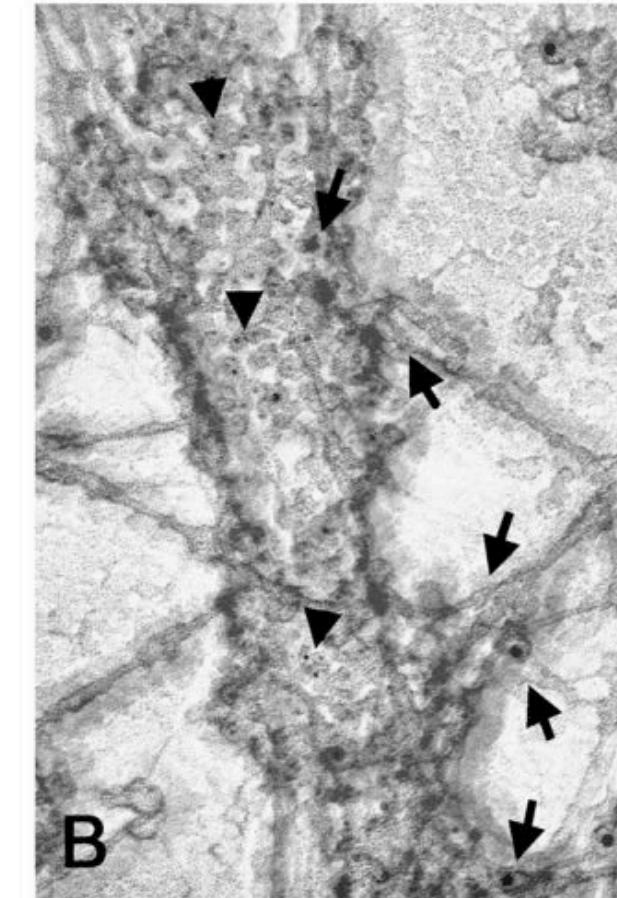
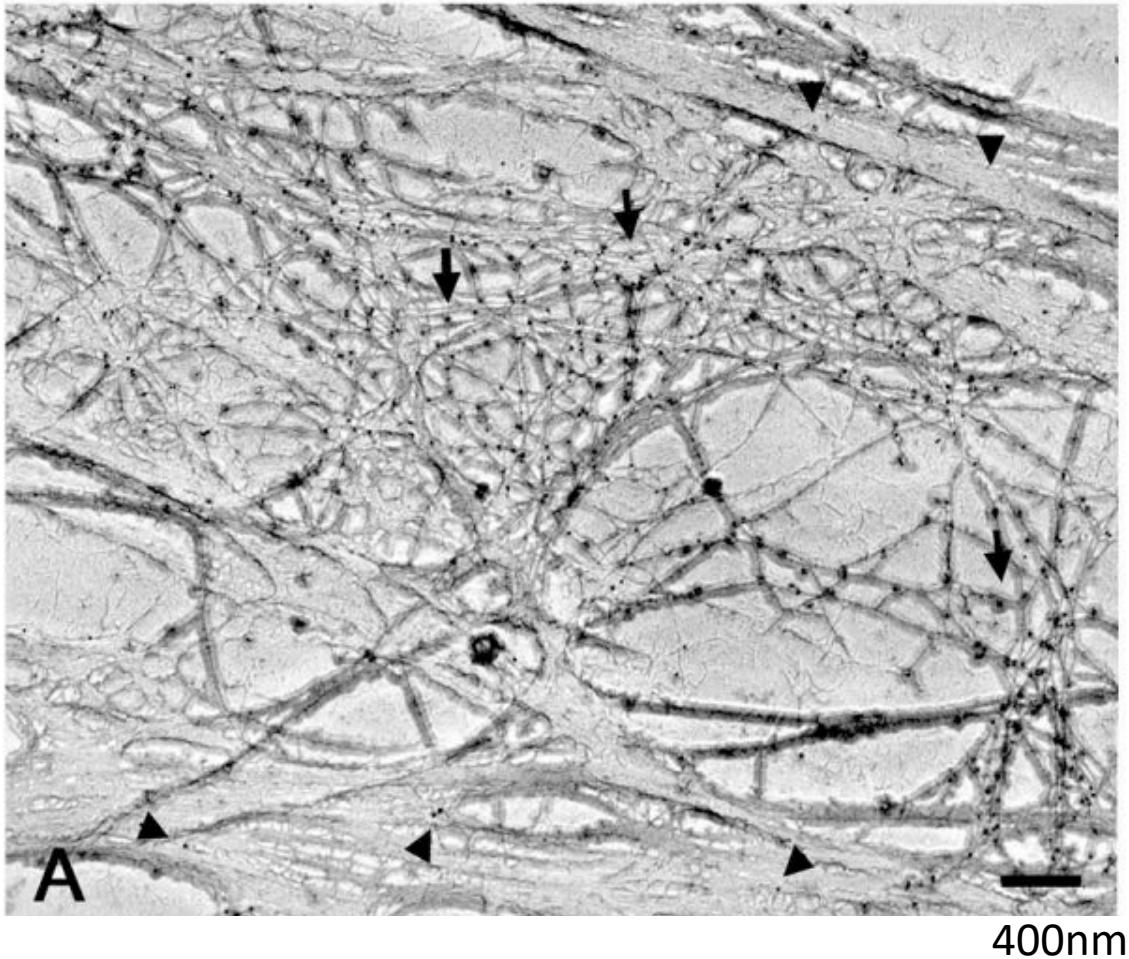
Structure acide galacturonique



Structure de la pectine

© [Vanbellingen](#) et Peycru

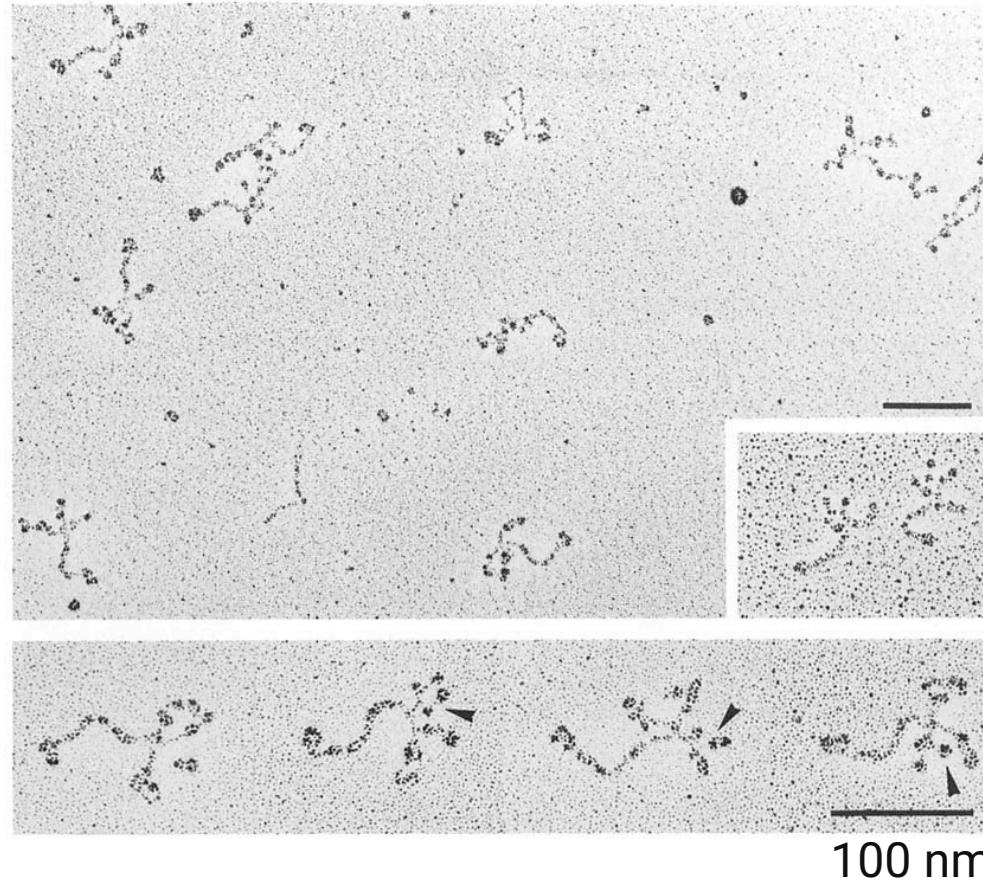
Élément de liaison : Fibronectine des MEC animales



© [Sabatelli](#)

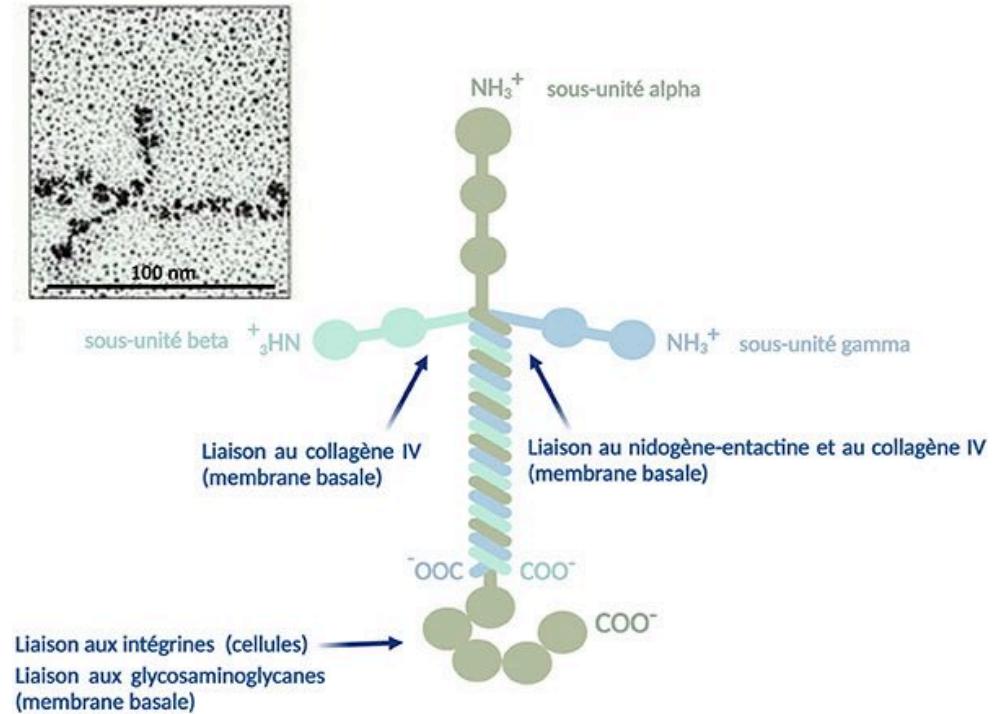
Flèche indiquent le collagène de type IV / Pointes de flèches indiquent la fibronectine

Élément de liaison : Laminine des MEC animales



Micrographies électroniques de molécules de type laminine chez la sangsue

© [Chiquet et al.](#), 1988



Les intégrines protéine des membranes permettant l'adhésion MECA-cellule

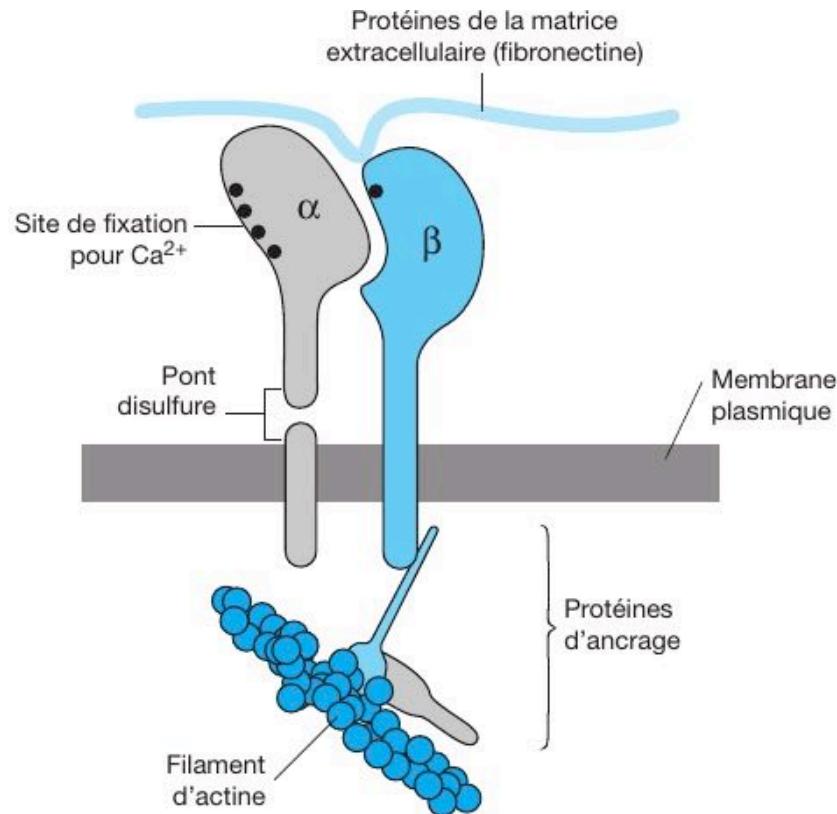
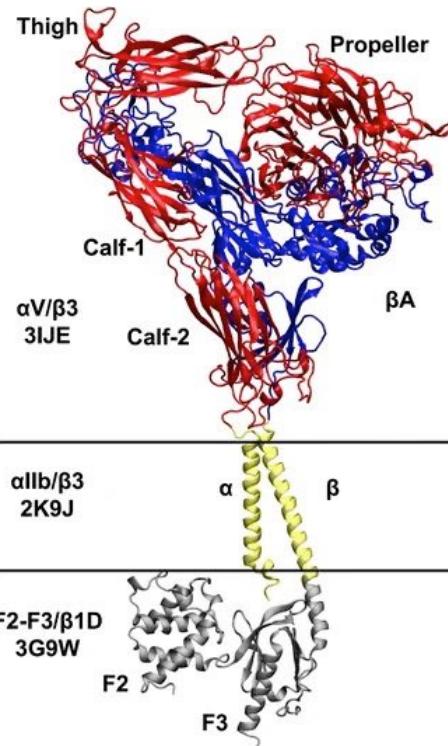
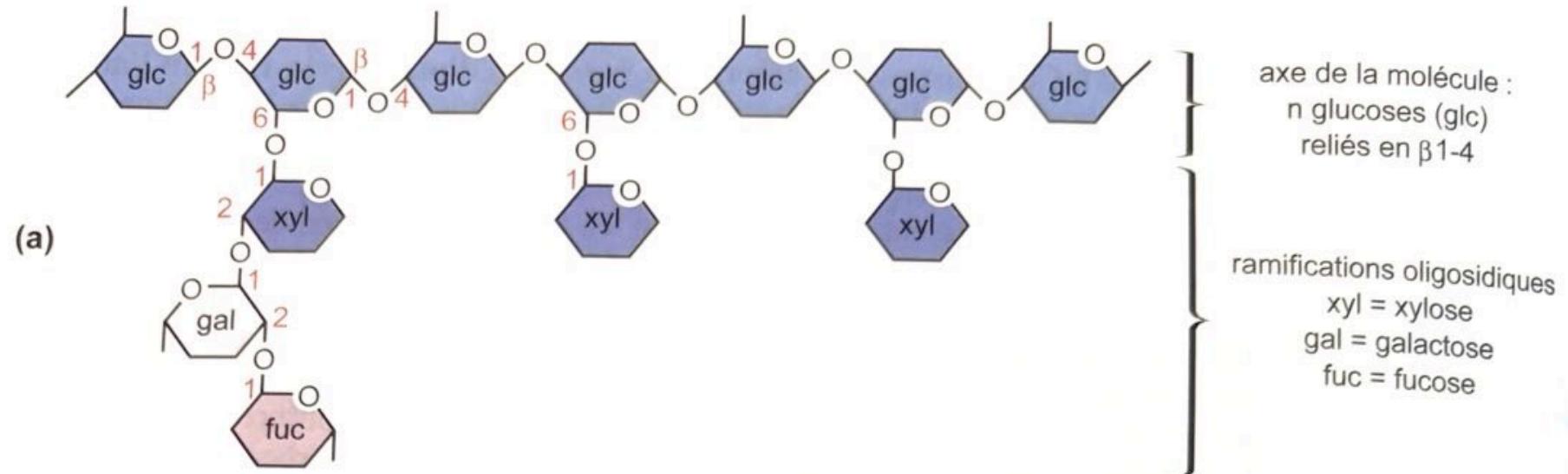


Figure 23
Intégrines

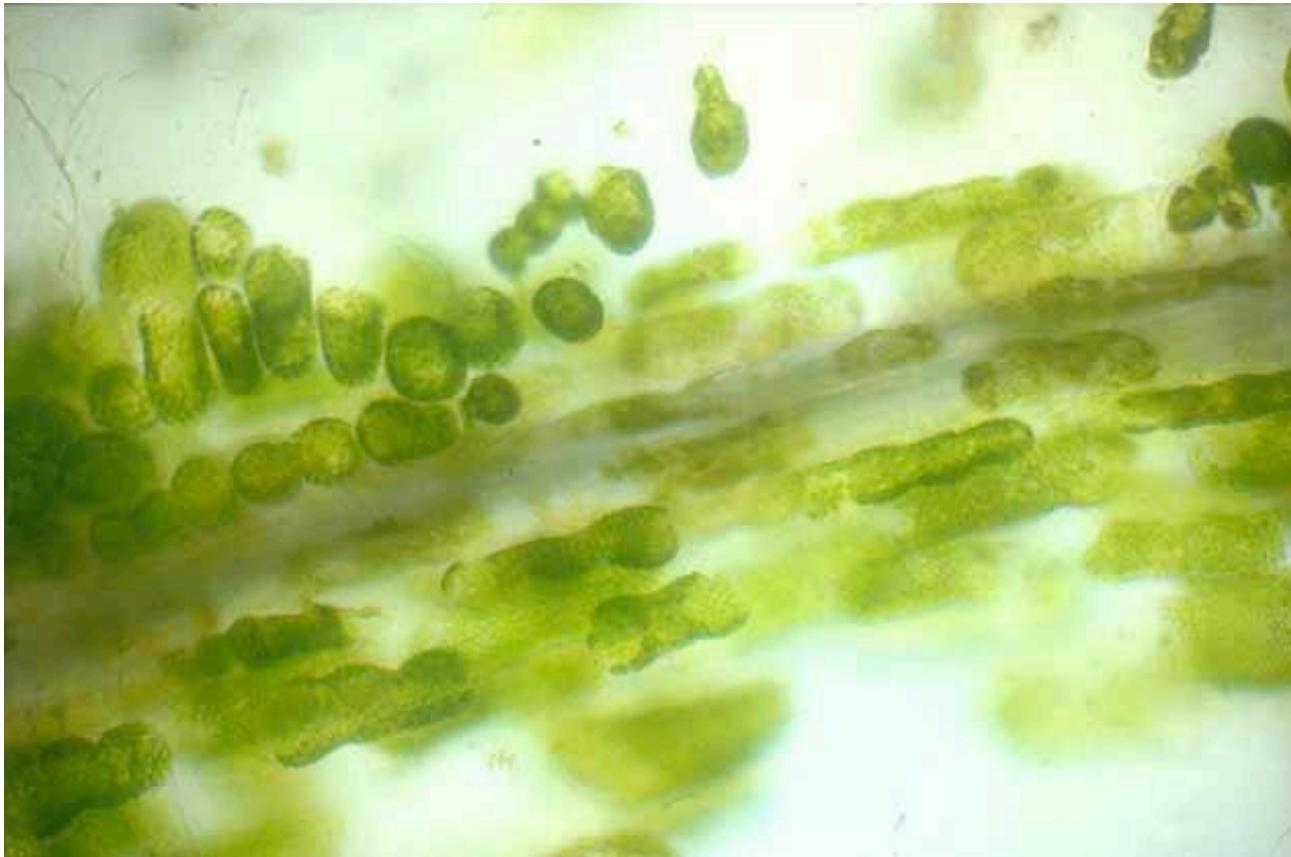
Les intégrines sont des protéines transmembranaires dont le domaine cytosolique est lié au cytosquelette et le domaine extracellulaire à la matrice extracellulaire. Les intégrines des hémidesmosomes se lient aux filaments intermédiaires du cytosquelette.

Élément de liaison : hémicellulose des MEC animales



© Peycru, 2019

Cohésion et rigidité des tissus



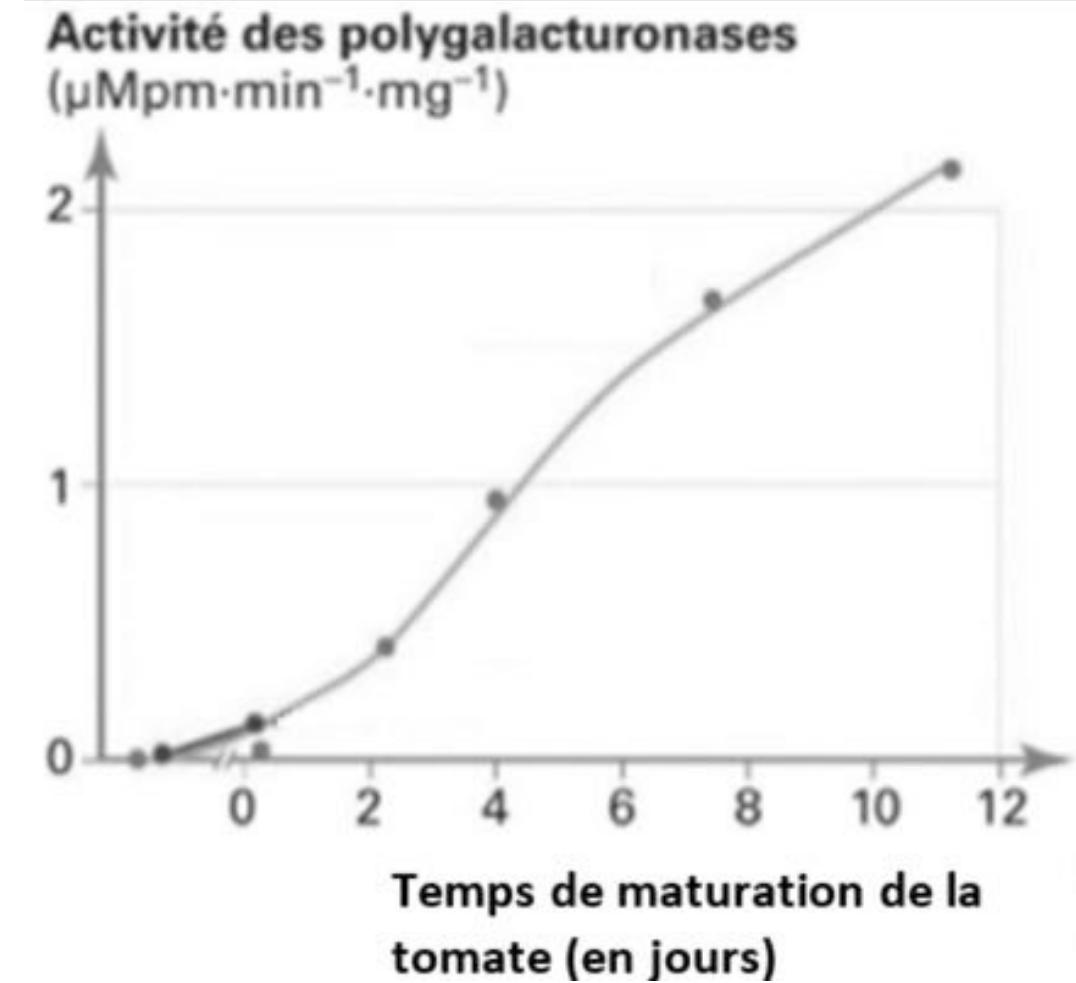
Obtention de protoplastes



© planet-vie.ens.fr

Cohésion et rigidité des tissus

Stade de maturité de la tomate	Fermeté (en mN = millinewtons)
Tomate verte	348
Tomate rouge pâle	277
Tomate rouge	183
Tomate rouge mûre	73



© D'après *La transgénèse végétale* - Elsevier Eds

Propriétés physiques : résistance à la traction

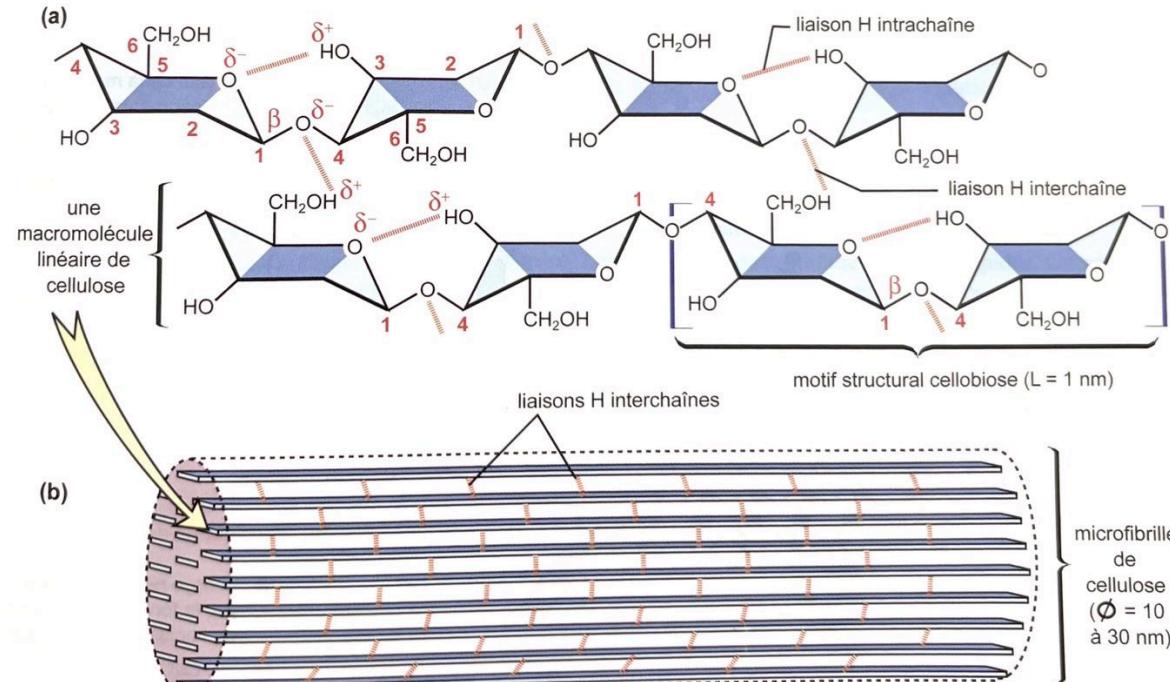


FIGURE 2.2 Les molécules de cellulose et leur organisation en microfibrille.
(a) deux secteurs de molécules disposés côté à côté ; (b) organisation supramoléculaire en microfibrille.

Cellulose

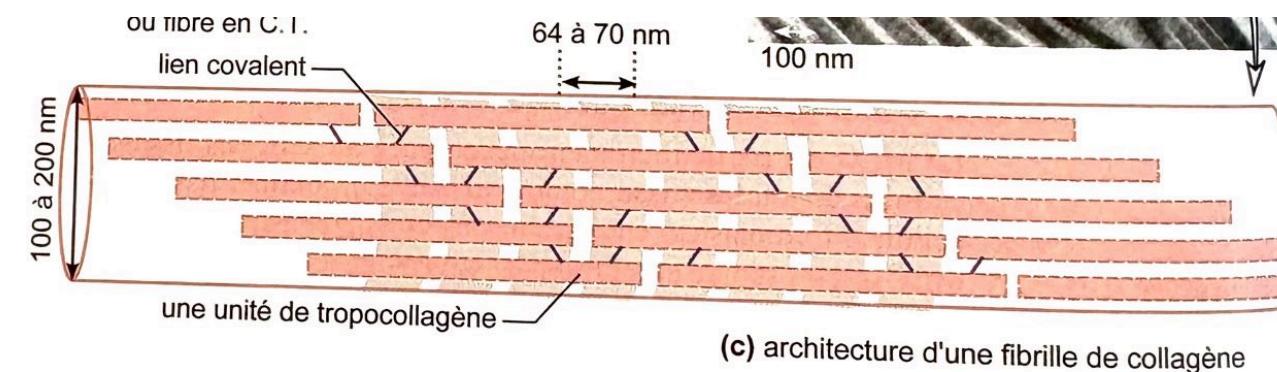
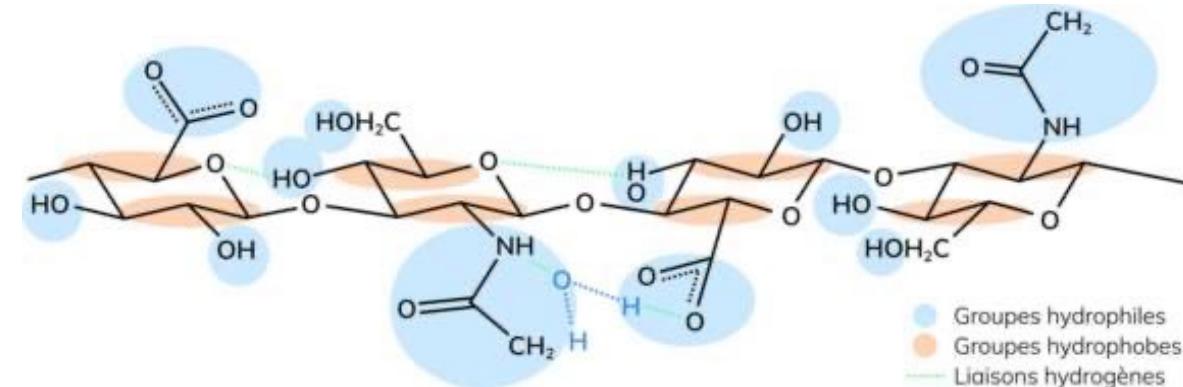
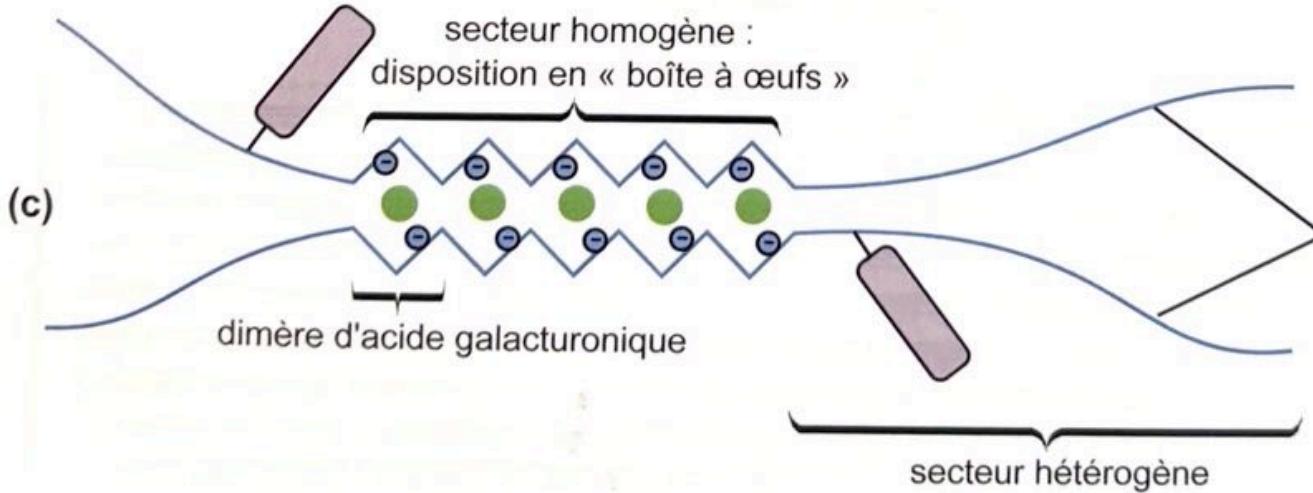


FIGURE 3.10 Organisation du réseau de collagène de la MEC d'un fibroblaste.
(Cliché de fibrilles de collagène fourni par Nacer Benmeradi, plateau de microscopie électronique, Institut d'Exploration Fonctionnelle des Génomes CNRS Toulouse ; $\times 30\,000$.)

Collagène

Propriétés physiques : résistance à la compression

Pectine



GAG

2 molécules de pectine

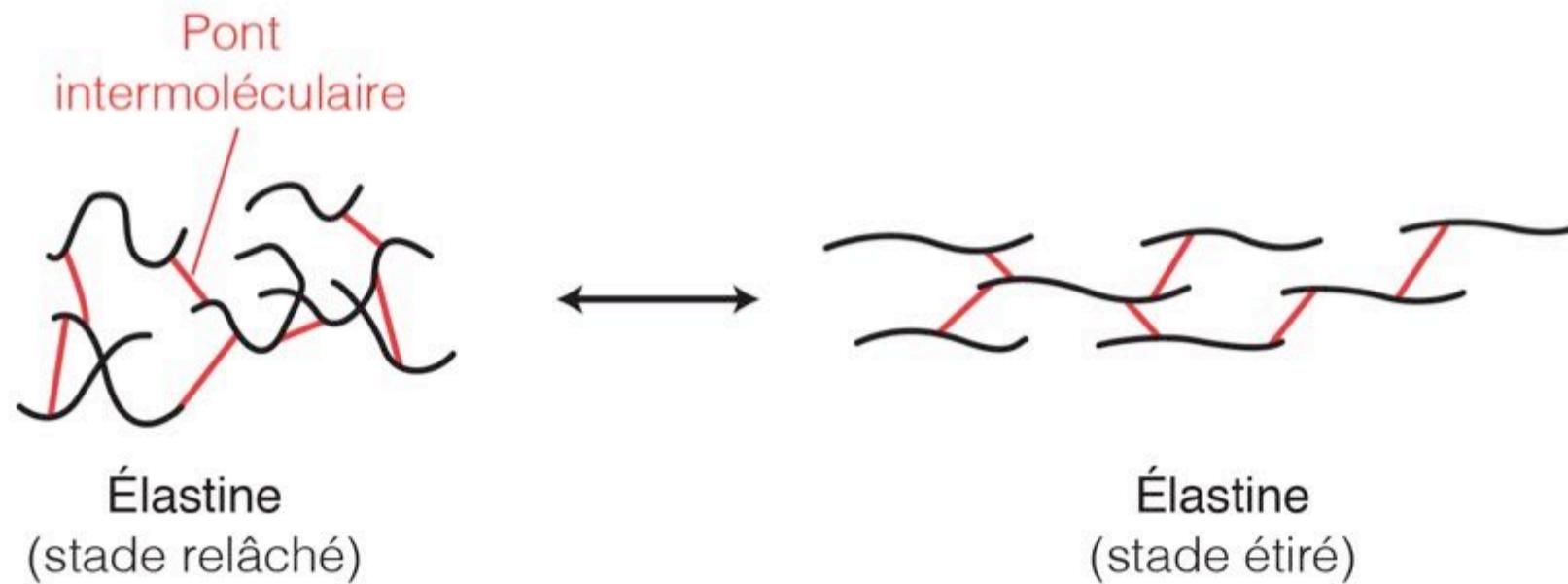
- charge négative portée par la fonction carboxylique de l'acide galacturonique
- ion Ca^{2+}

FIGURE 2.3 Les molécules d'hémicellulose (a) et de pectine (b et c).

(b) un secteur homogène d'une molécule de pectine ; (c) association de deux molécules au niveau de leurs secteurs homogènes par des liaisons électrostatiques impliquant des ions calcium.

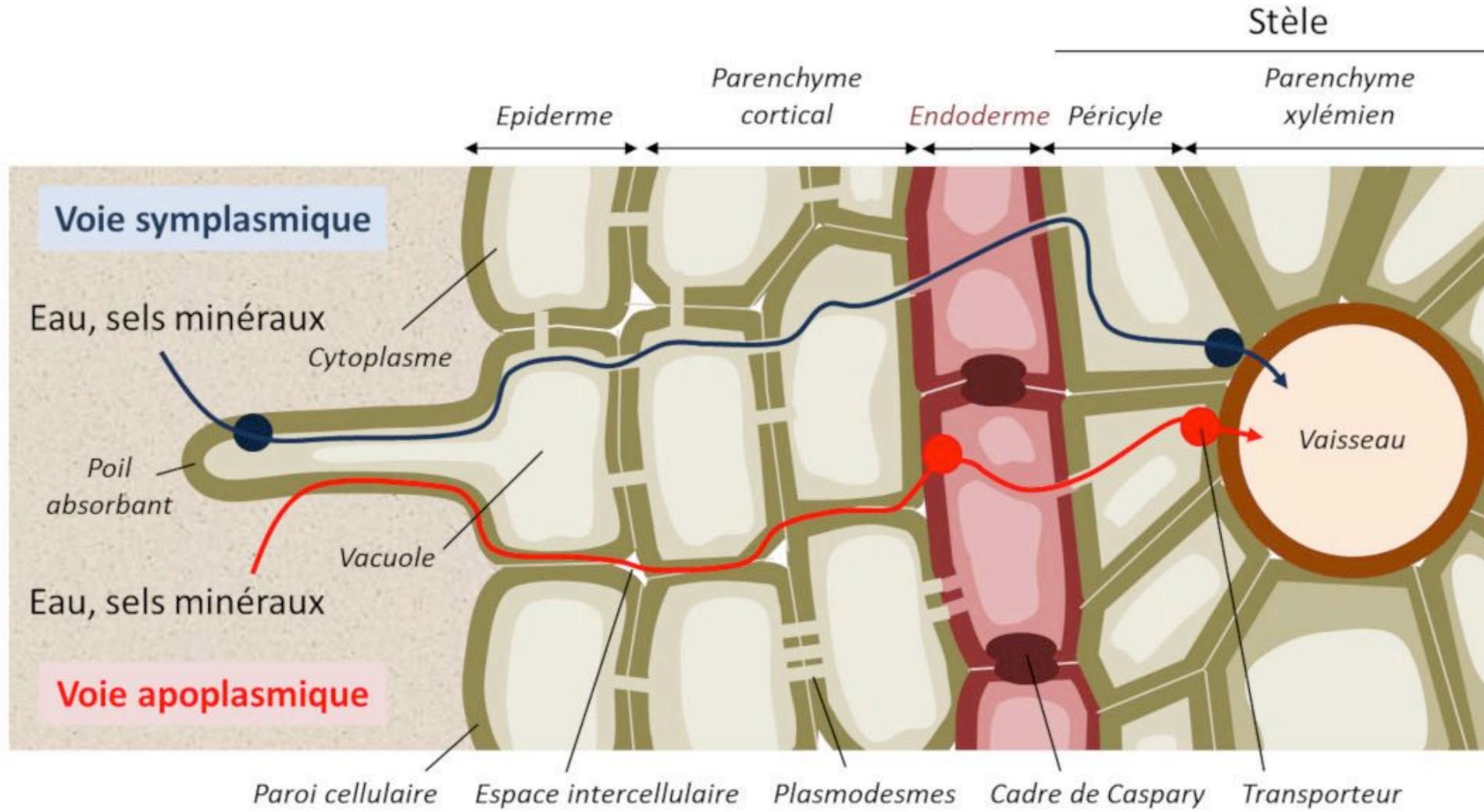
© Peycru

Propriétés physiques : élasticité relative



© D'après SEGARRA et al. (2014)

Perméabilité et échanges entre les cellules



© [encyclopedie-environnement](http://encyclopedie-environnement.fr)

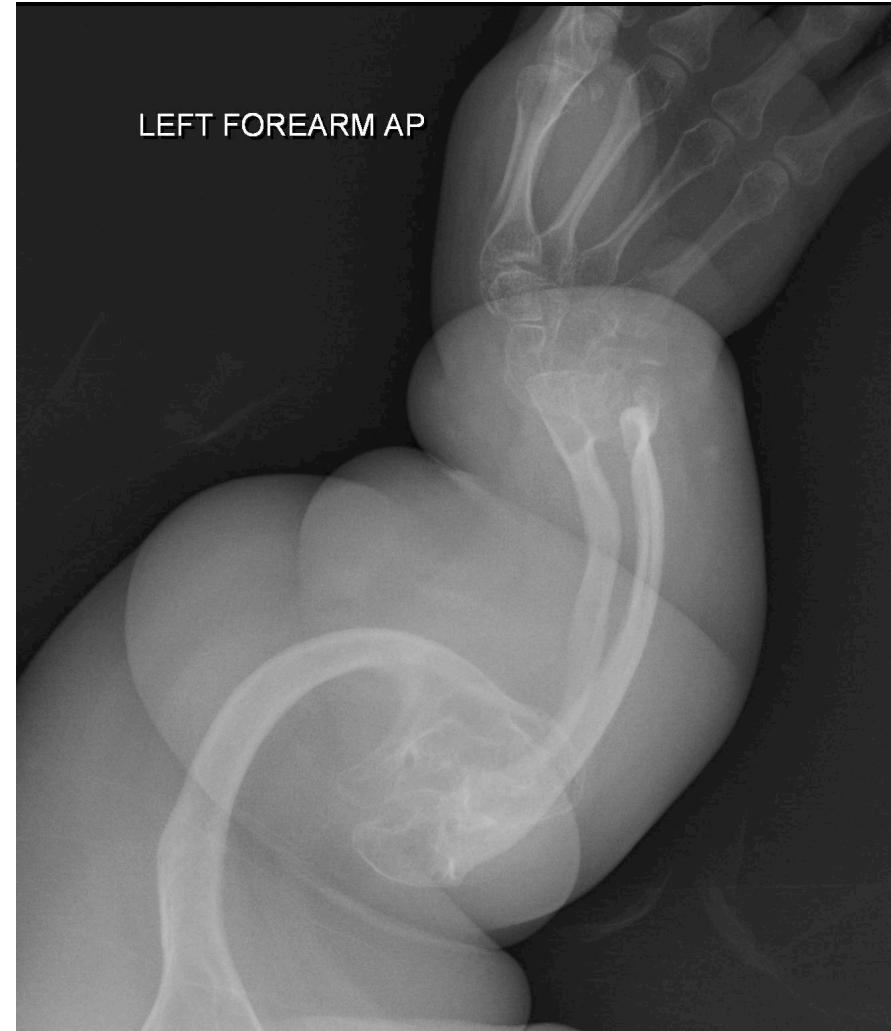
Support et soutien

Radiographie d'un américain atteint d'ostéogenèse imparfaite

Maladie génétique :

- gène COL1A1 du chromosome 17
- gène COL1A2 du chromosome 7

permettant la production des chaînes alpha 1 et alpha 2 du collagène de type I

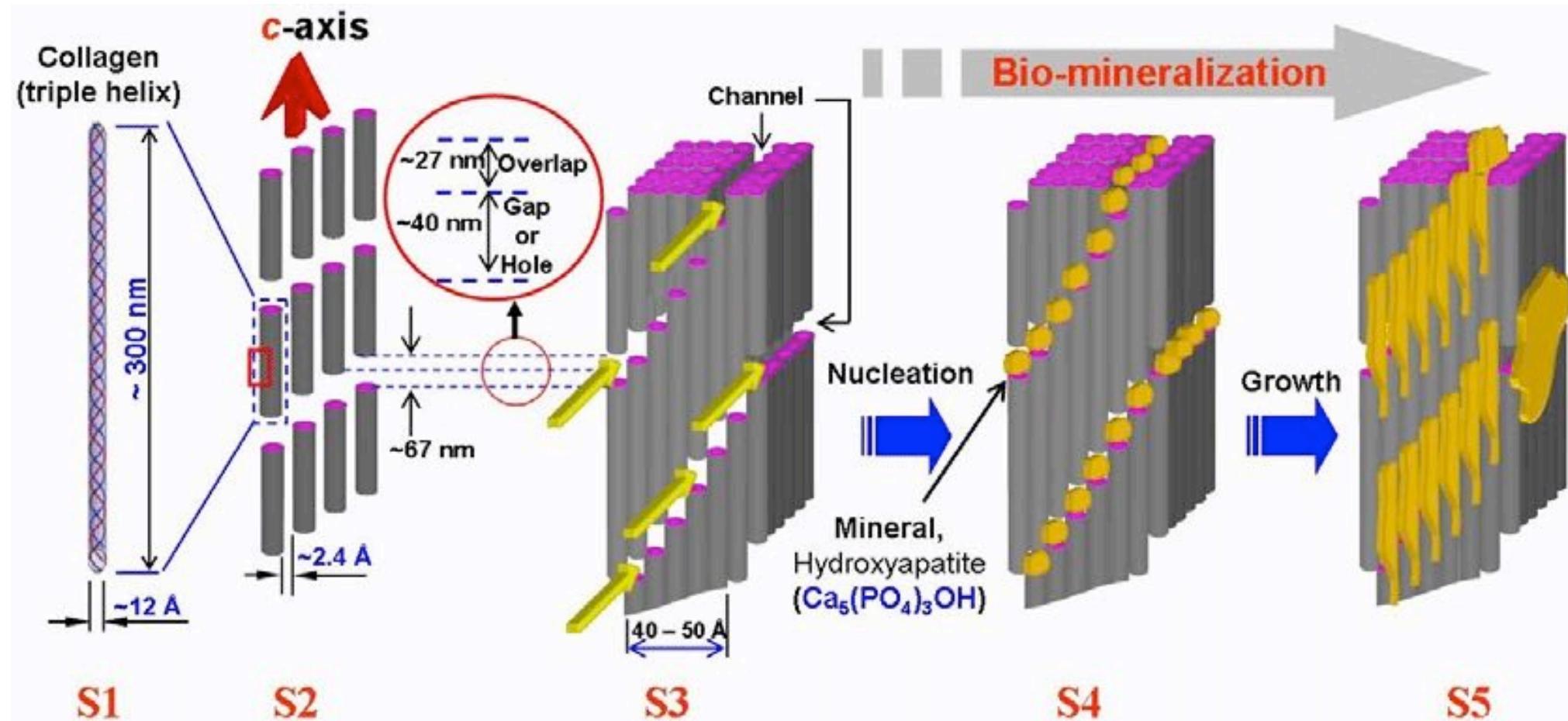


© wikimedia

Support et soutien

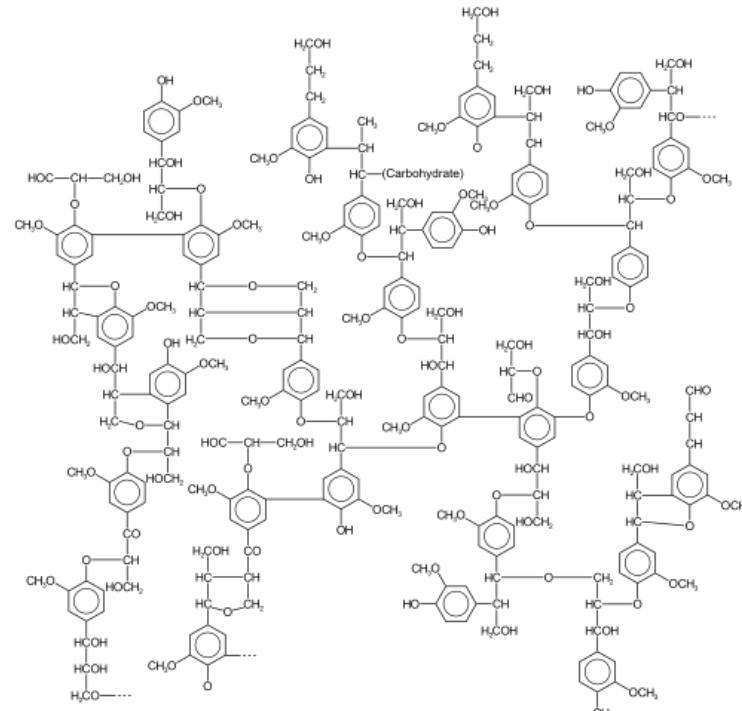
<https://www.jove.com/fr/science-education/v/13986/bone-as-supporting-connective-tissue>

Support et soutien

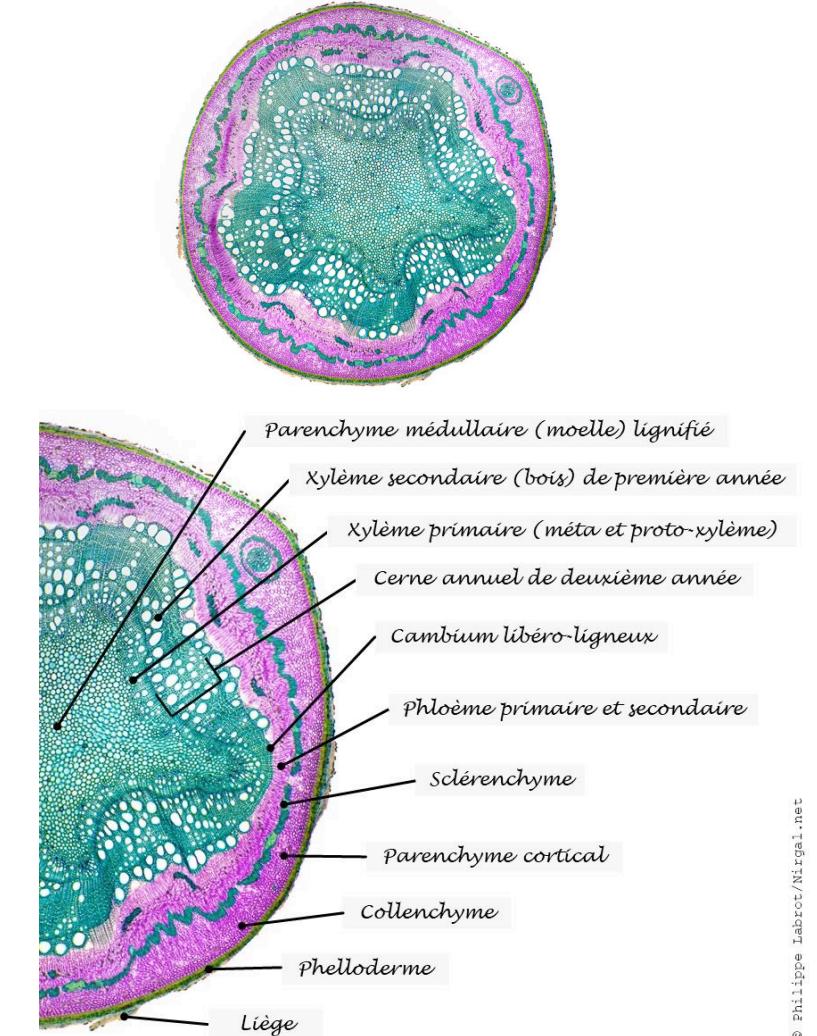


©Seung-Mo Lee

Support et soutien

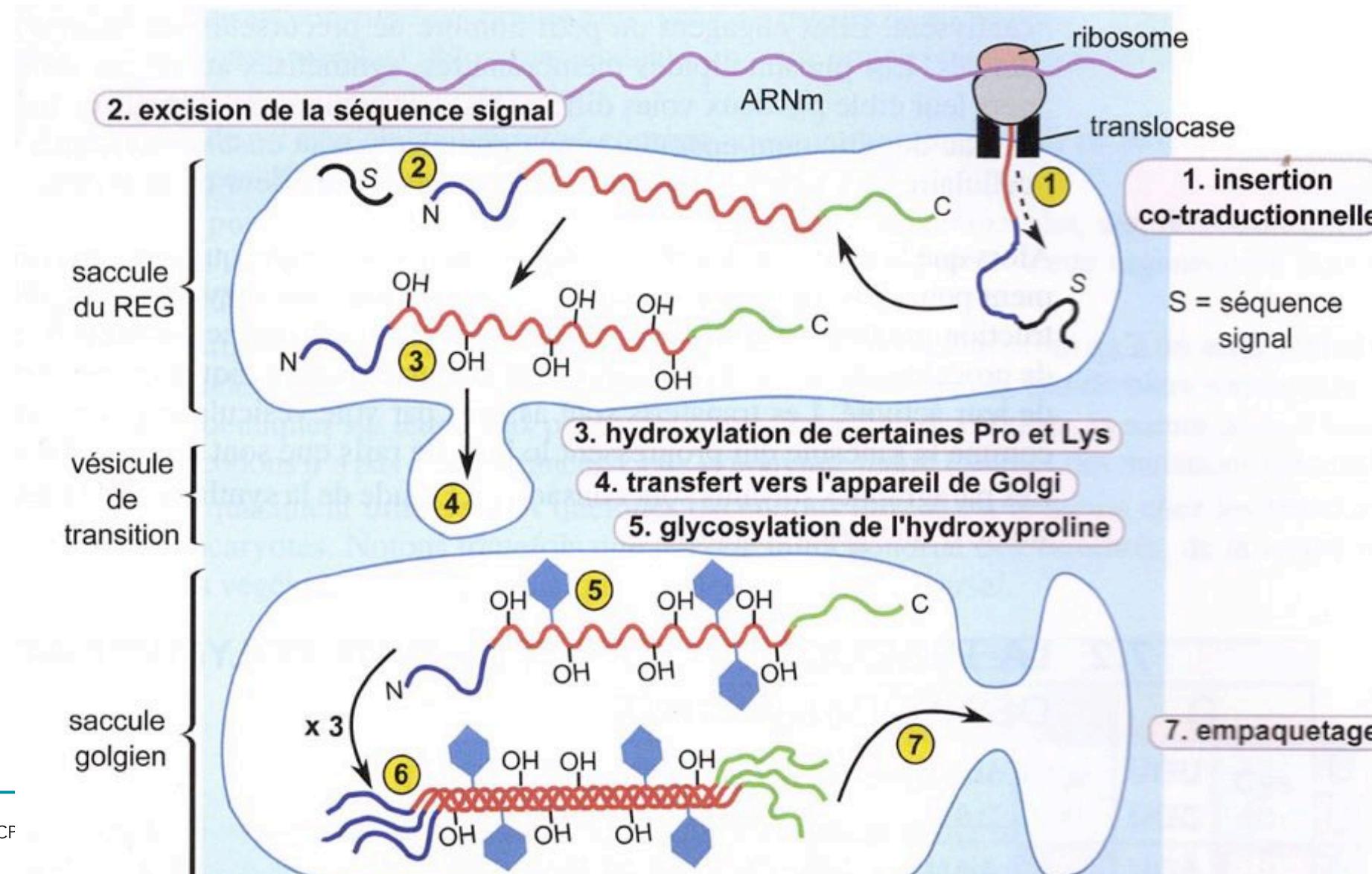


Structure de la lignine

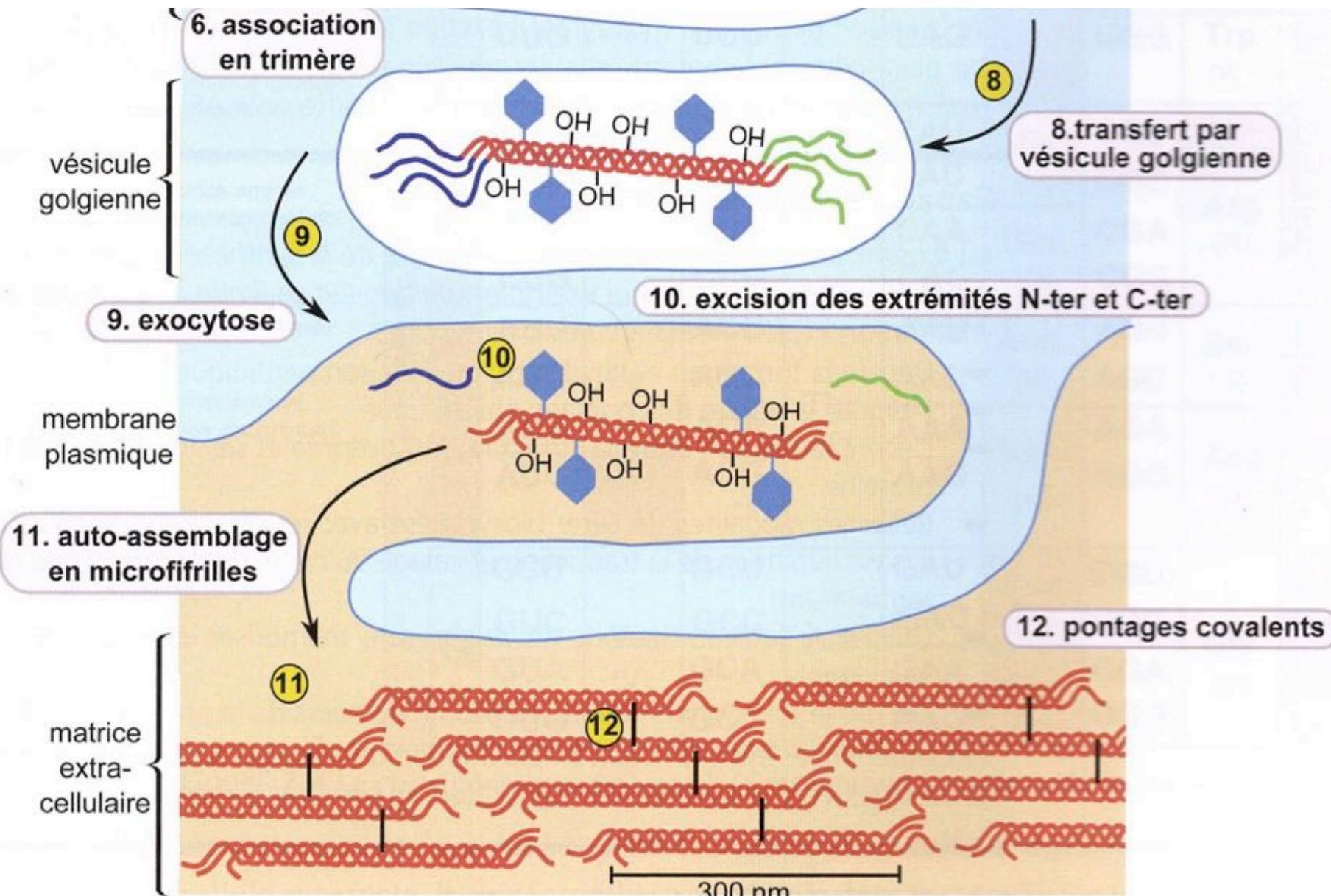


Coupe de tige de chêne coloré au carmino-vert

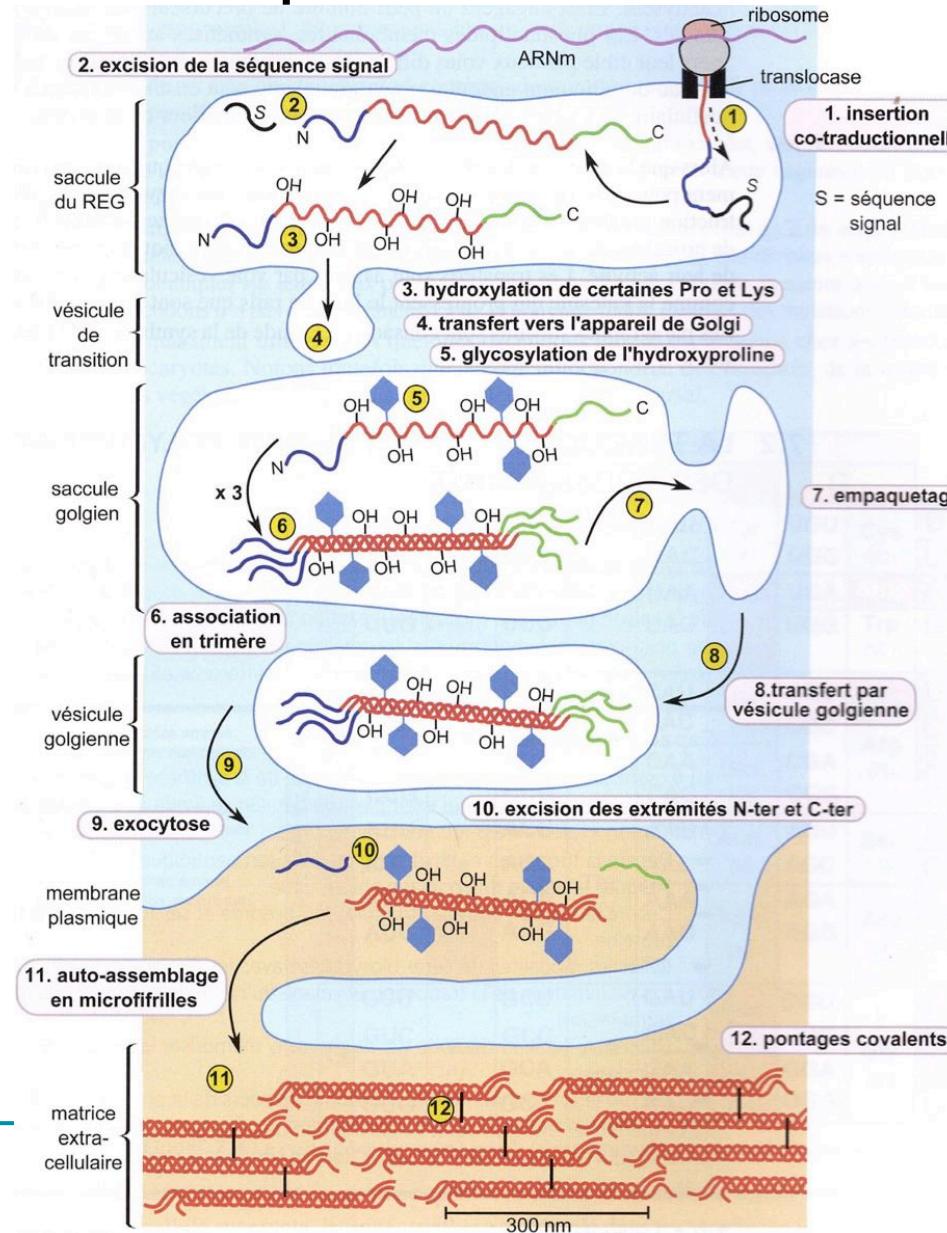
Structures dynamiques : synthèse du collagène



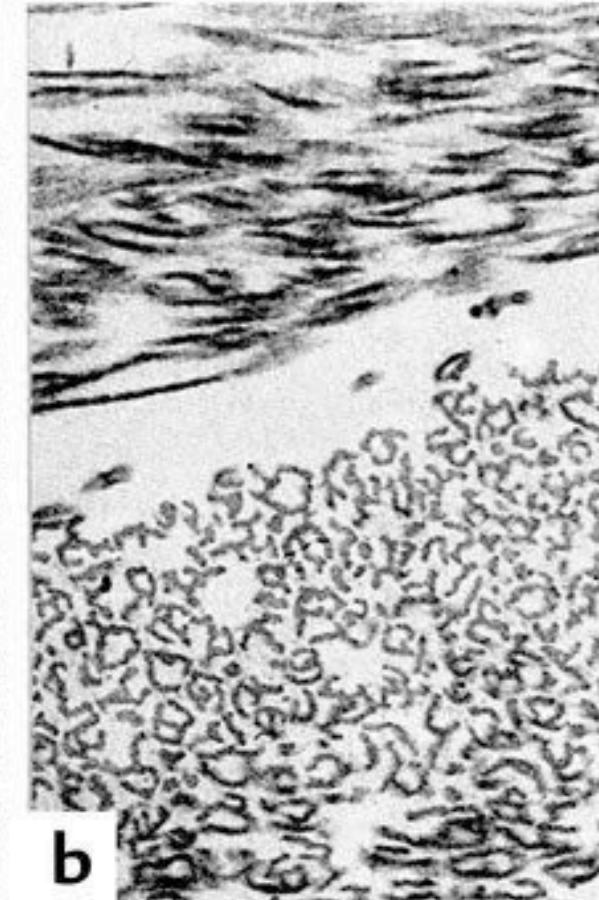
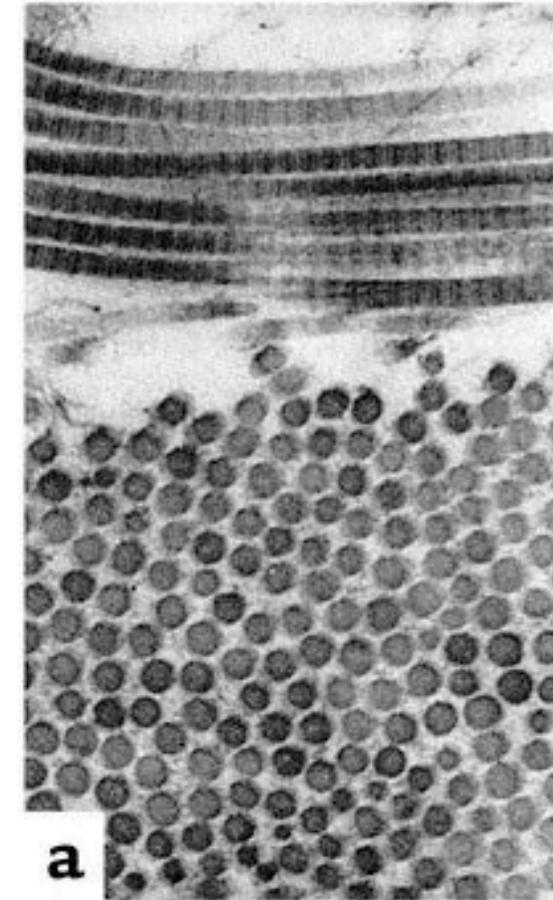
Structures dynamiques : synthèse du collagène



Structures dynamiques : synthèse du collagène

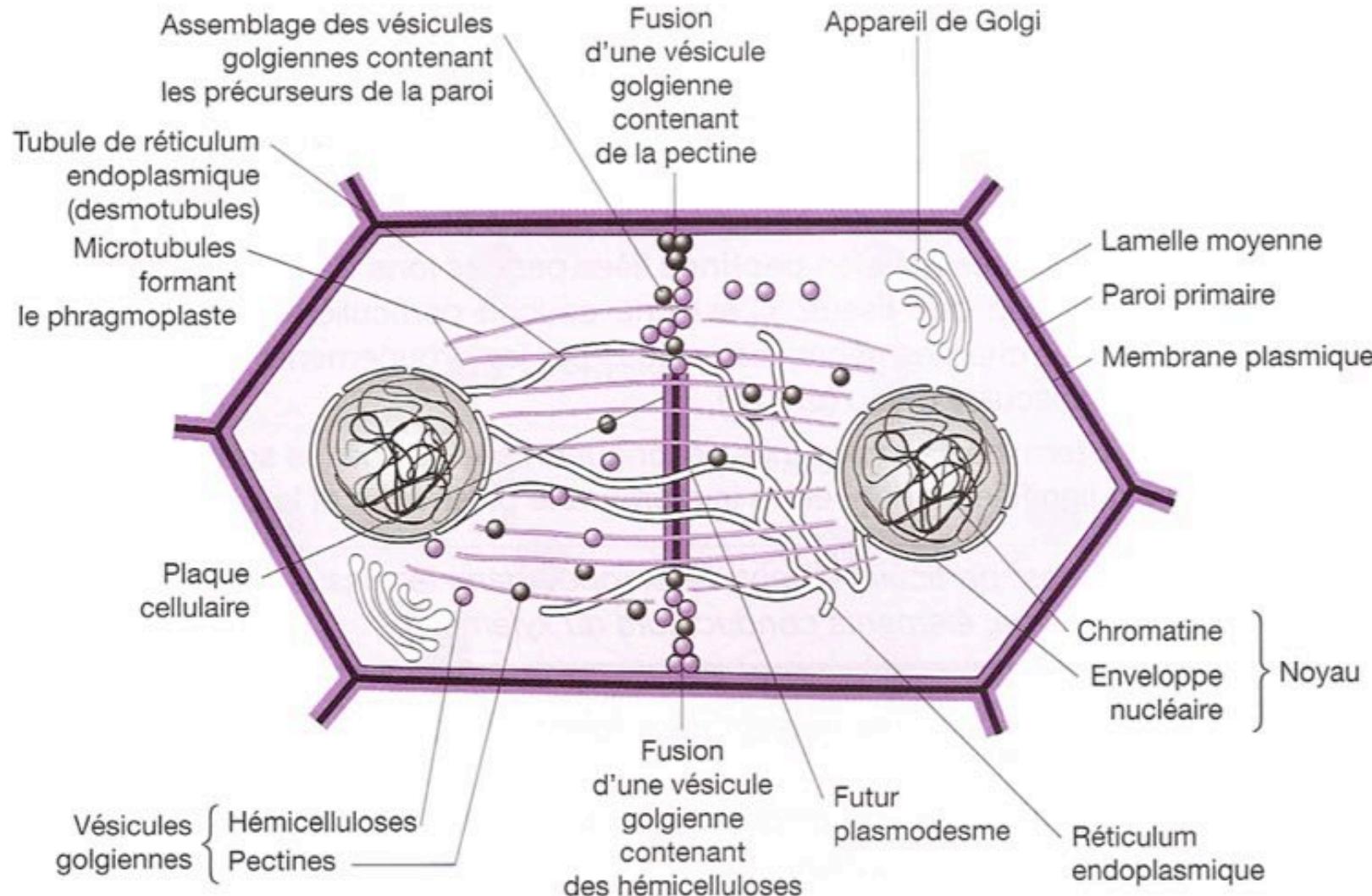


Structures dynamiques : syndrome d'Elhers Danlos



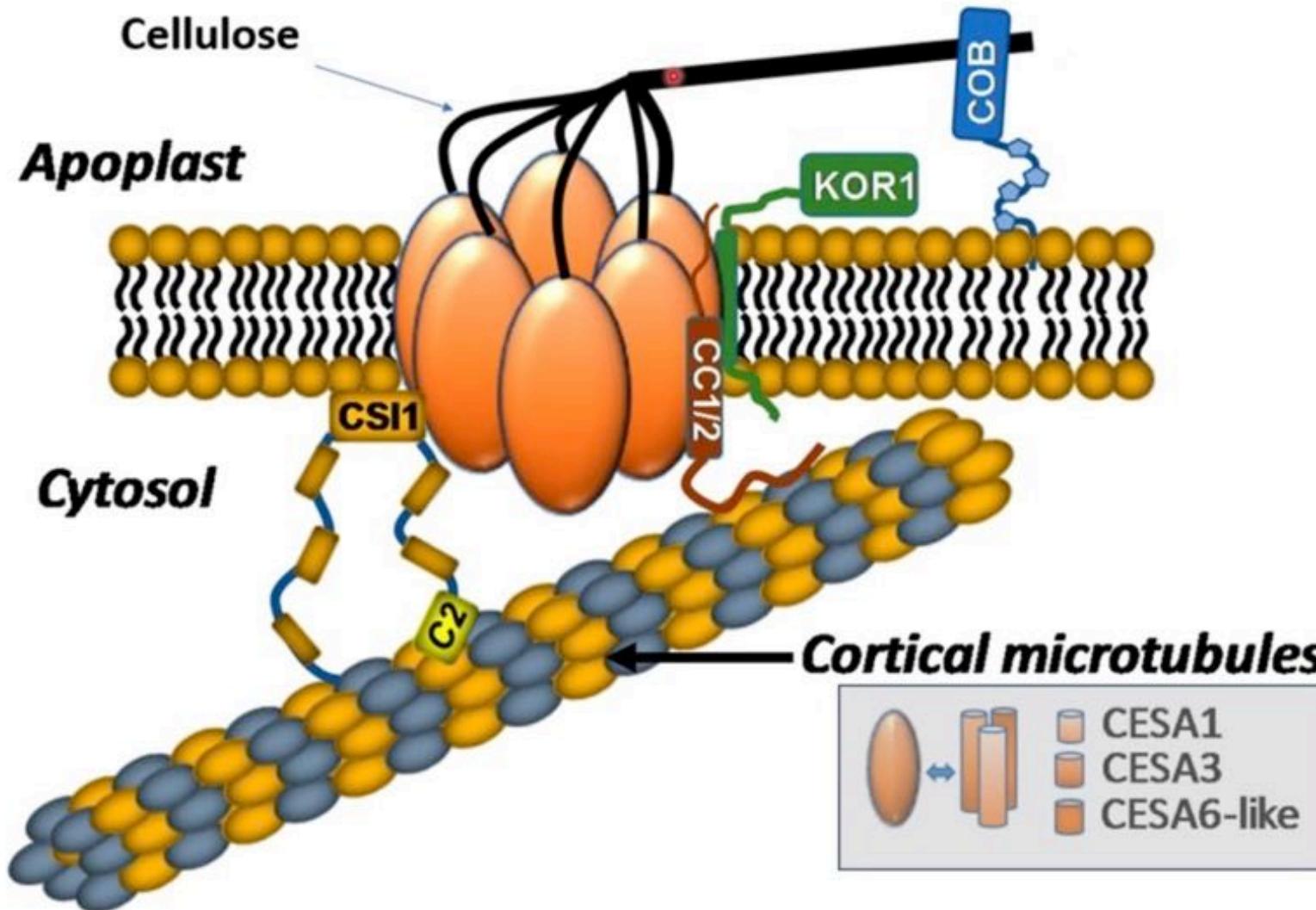
©serdarsari et Wikimedia

Structures dynamiques : synthèse de la cellulose



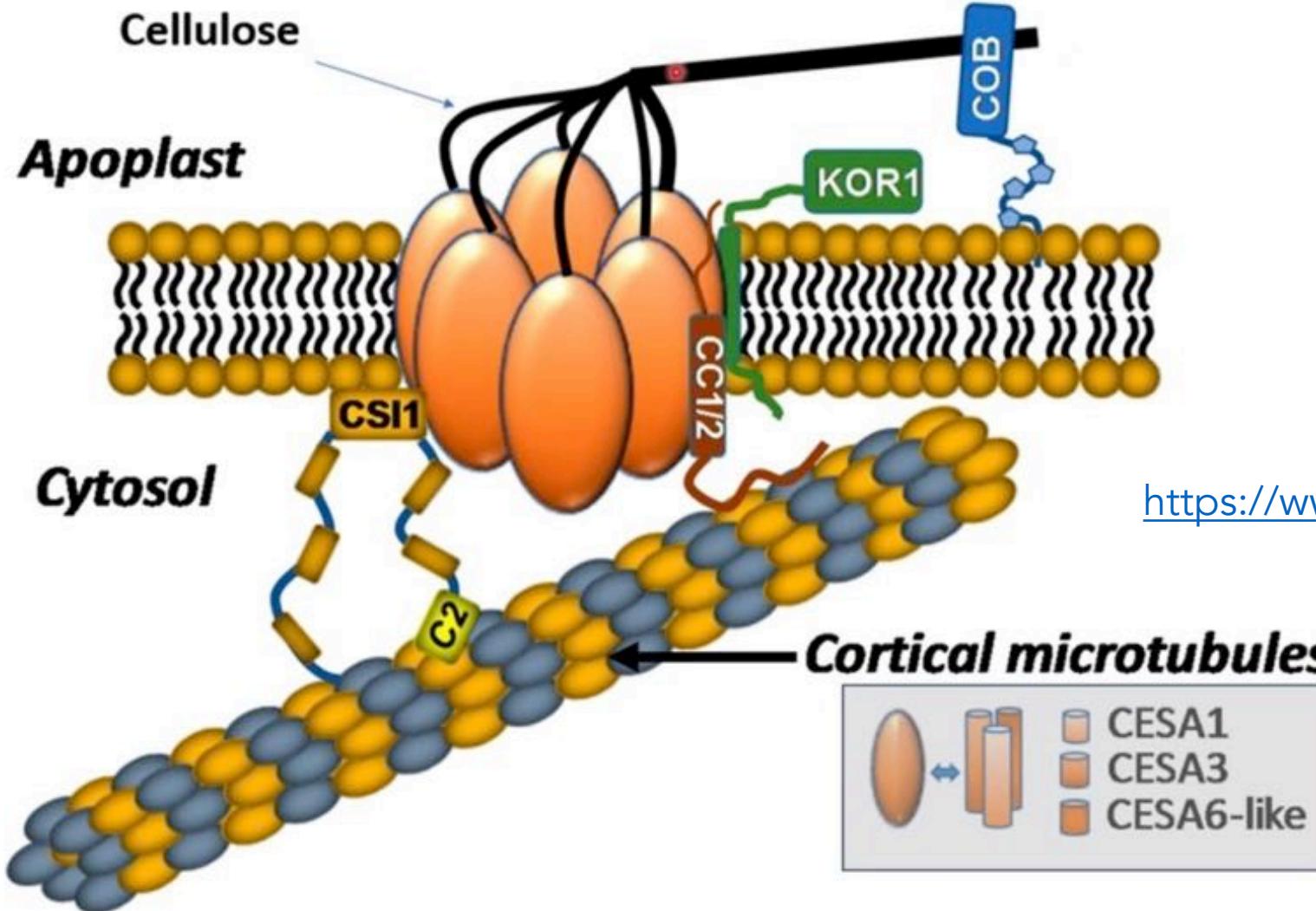
©Breuil, 2007 et Taiz 2010

Structures dynamiques : synthèse de la cellulose



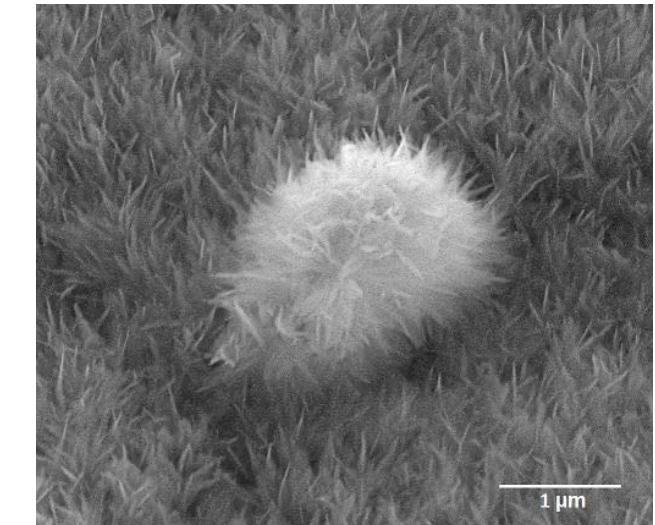
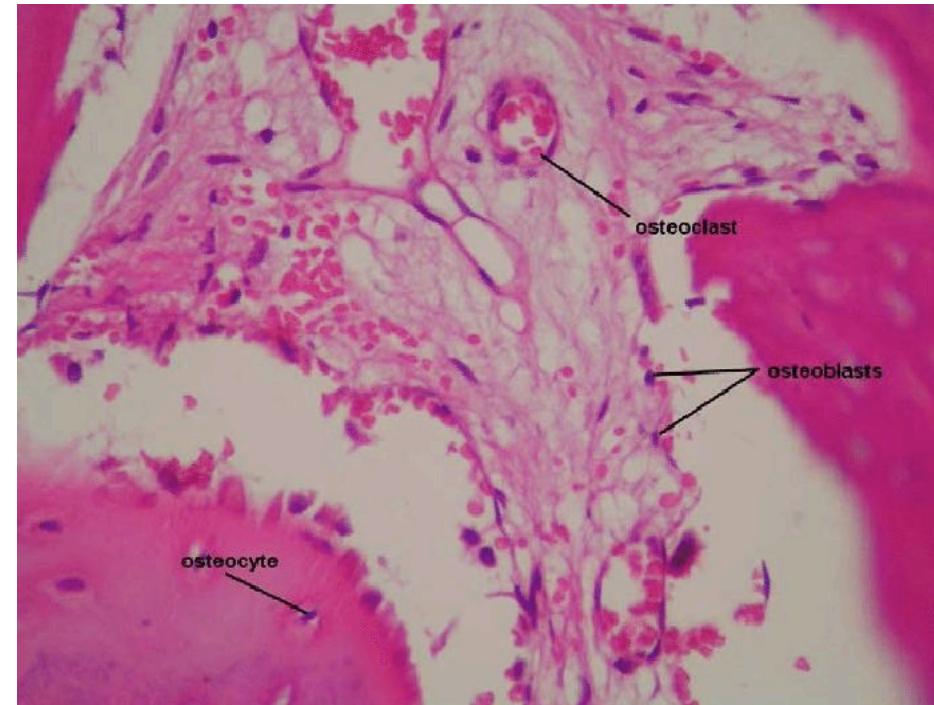
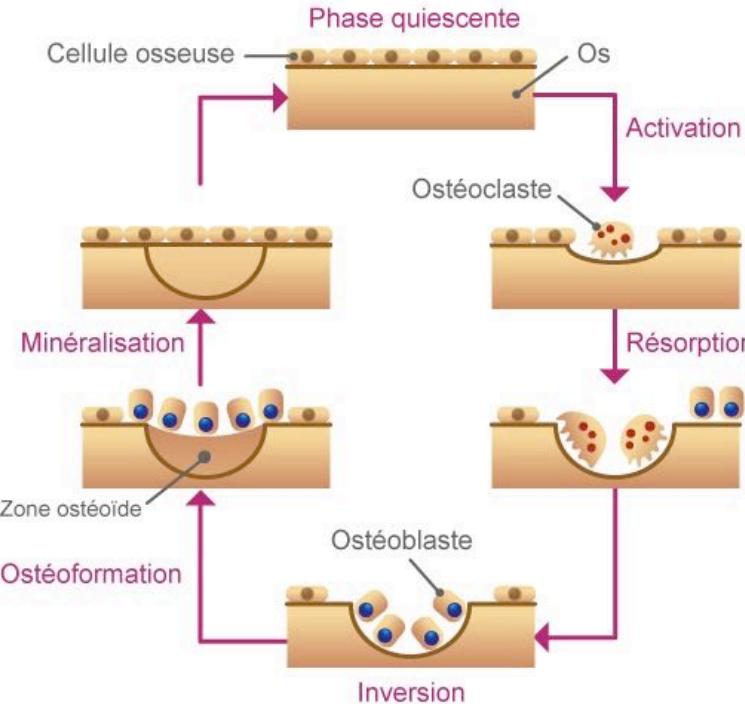
© [Speicher et al, 2018](#)

Structures dynamiques : synthèse de la cellulose



© [Speicher et al, 2018](https://www.youtube.com/watch?v=qN5lu17w6dQ)

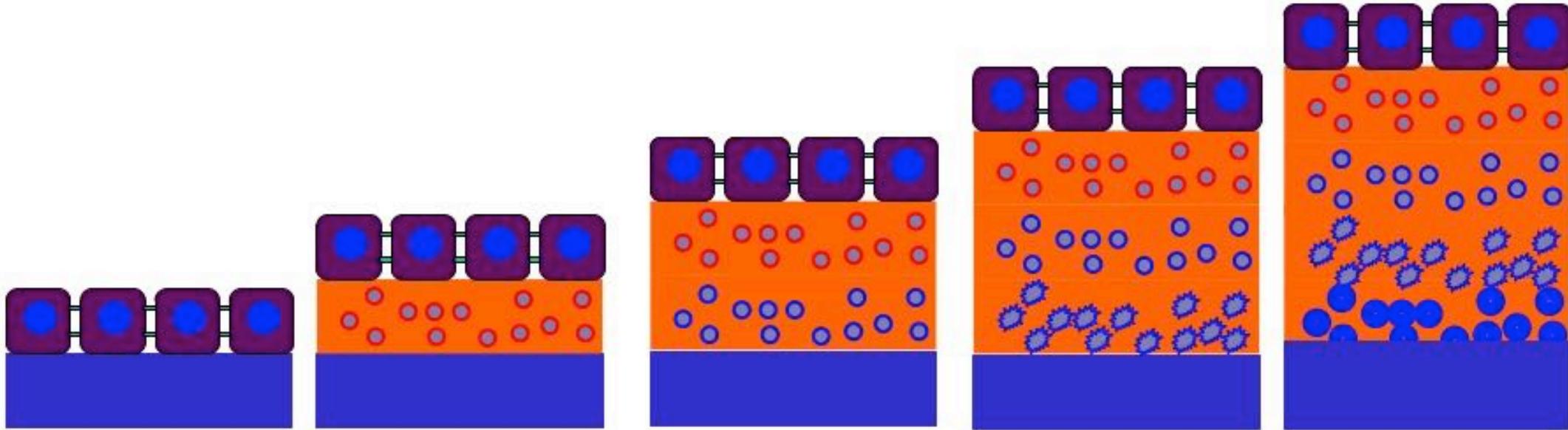
Structures dynamiques : minéralisation de la MECA



Microscopie électronique
d'un cristal d'hydroxyapatite

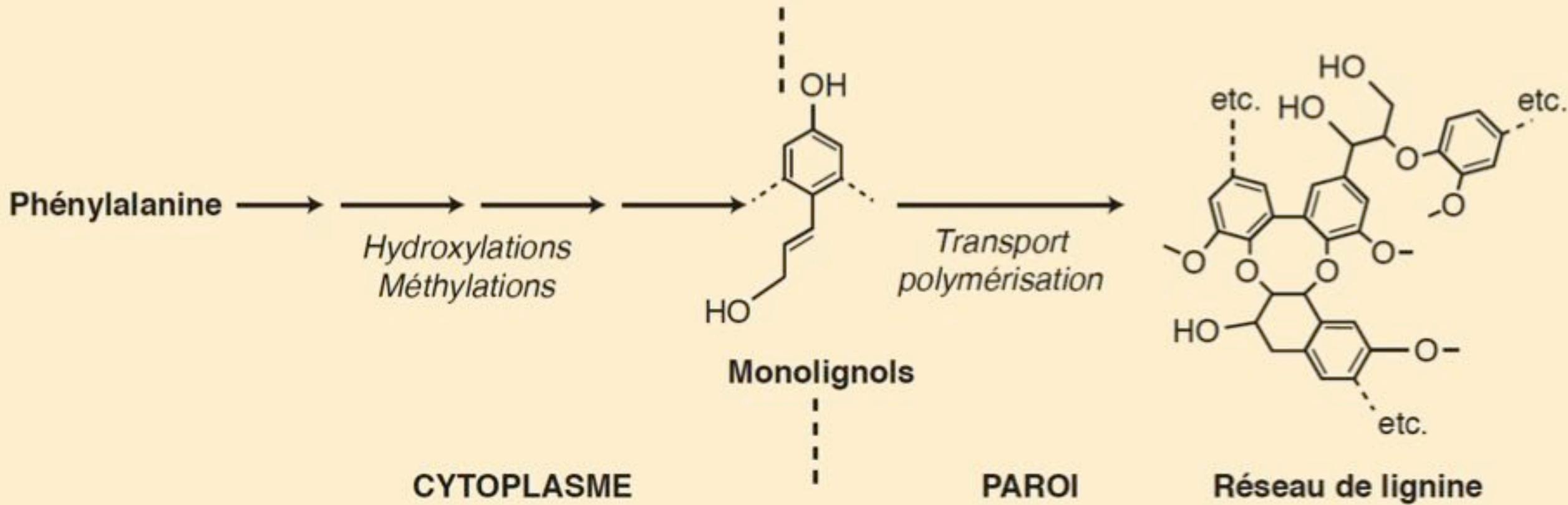
©Samet Vasfi Kuvat, 2008 & Wikimedia

Structures dynamiques : minéralisation de la MECA



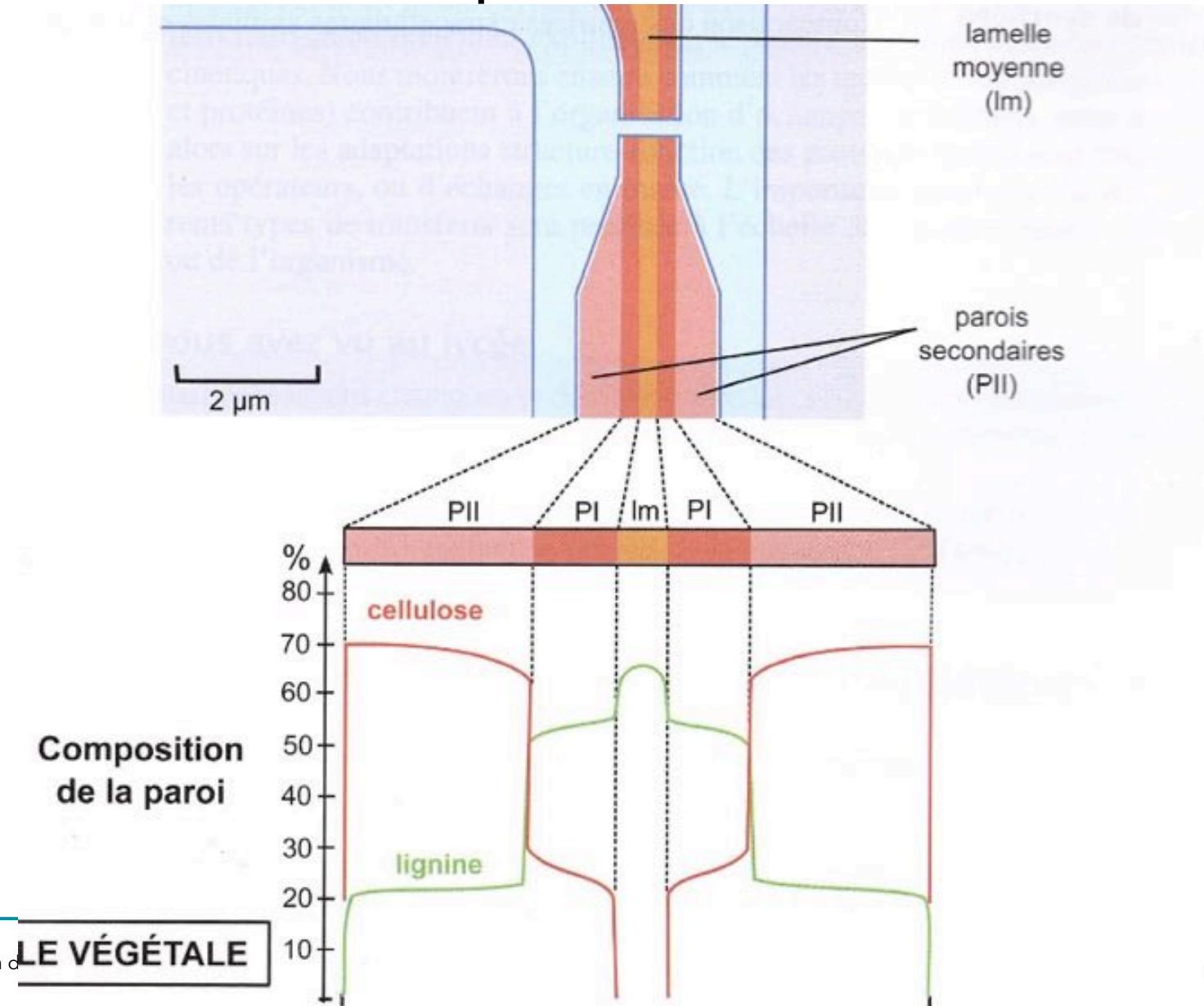
©<https://tila.im/>

Structures dynamiques : lignification des parois

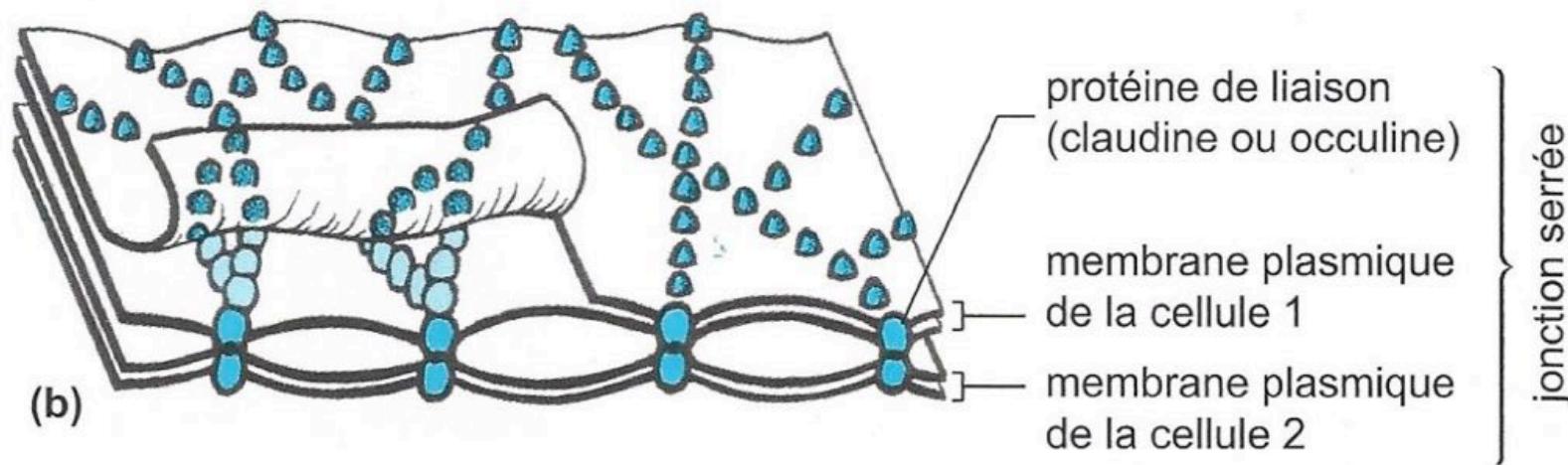


© SEGARRA et al (2014)

Structures dynamiques : lignification des parois



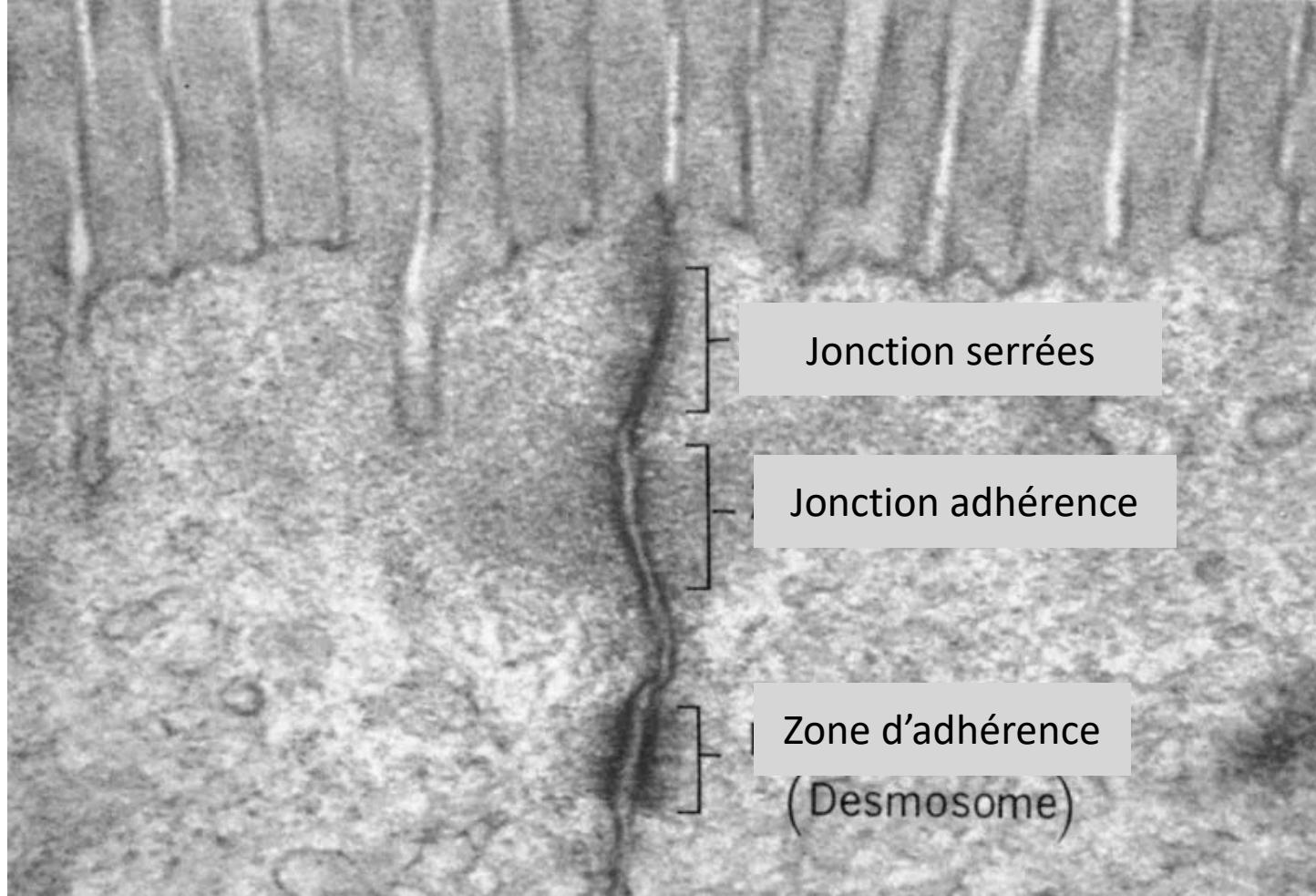
Jonctions cellules-cellules : jonctions serrées



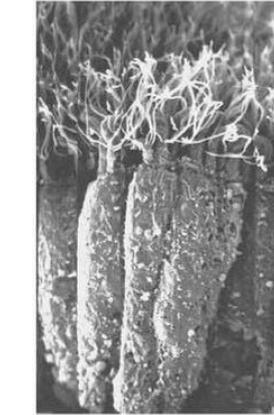
Les jonctions serrées.

(a) jonction serrée obtenue par cryodécapage $\times 24\,000$ (Cliché Labo. BG., Orsay, « Biologie cellulaire », J.-C. Callen, 2^e éd. Dunod, 2005.), (b) schéma de l'organisation moléculaire d'une jonction serrée.

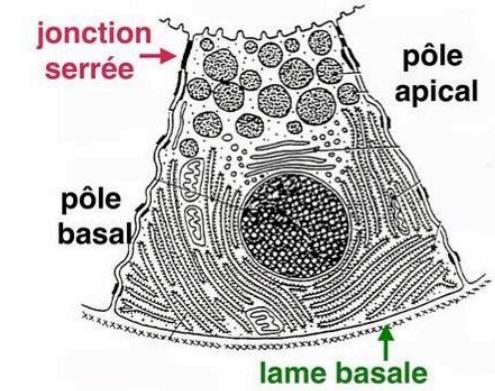
Jonctions cellules-cellules : jonctions serrées



polarité morphologique



épithélium de revêtement



épithélium glandulaire

Jonctions cellules-cellules : jonction d'adhérence

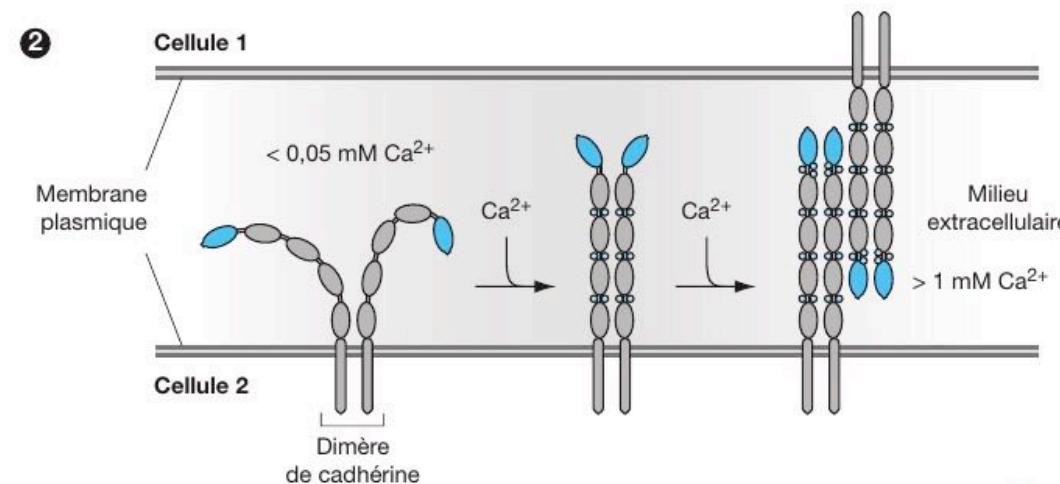
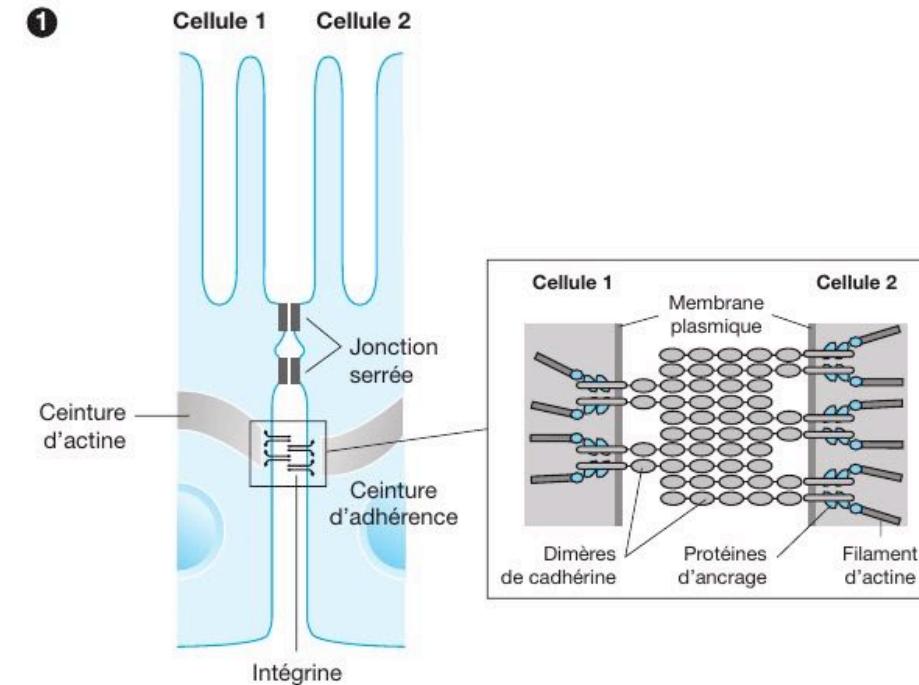
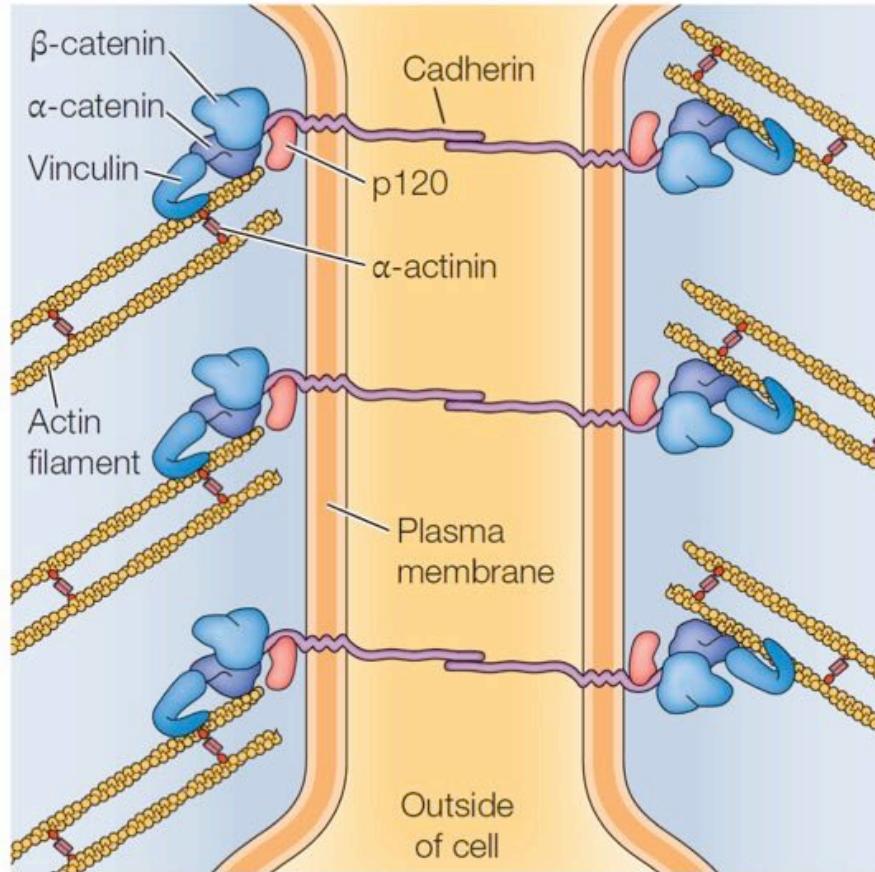


Figure 19

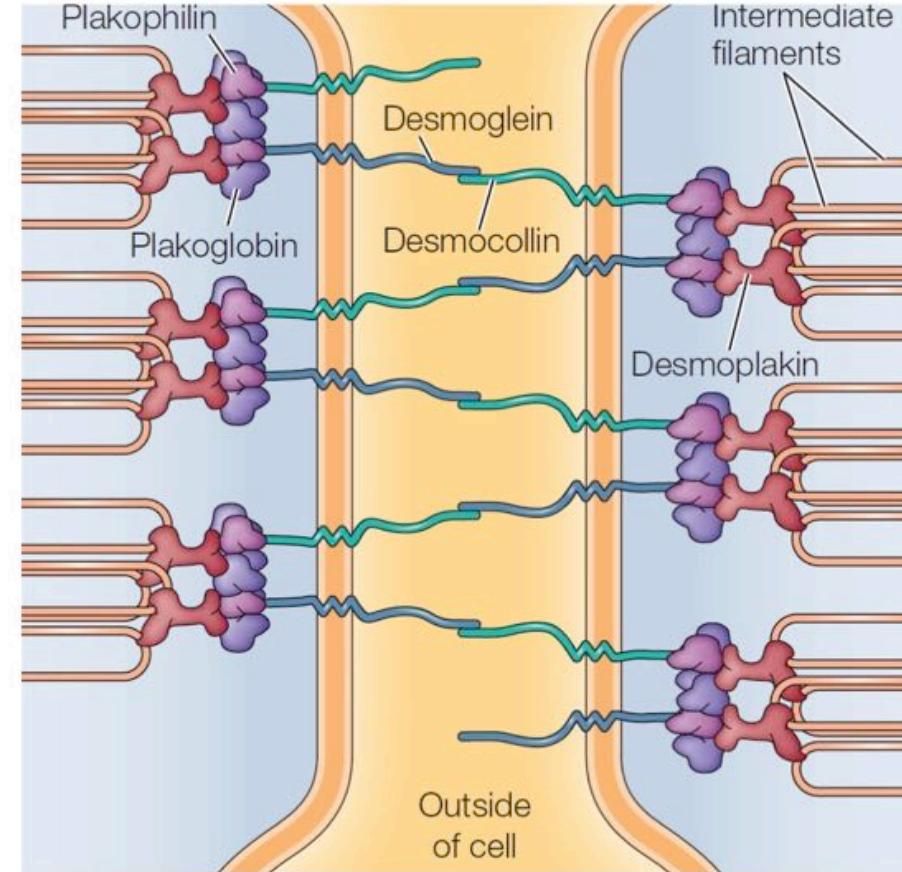
© Callen

1. Les ceintures d'adhérence assurent une liaison physique entre le cytosquelette d'actine, par l'intermédiaire de protéines adaptatrices, des cellules épithéliales adjacentes par des interactions homophiles entre les domaines extracellulaires des cadhérines. 2. Ces interactions homophiles nécessitent du calcium qui rigidifie la partie extracellulaire.

Jonctions cellules-cellules : jonction d'adhérence



Jonction adhérente



Desmosome

© COOPER (2019)

Jonctions cellules-cellules : desmosome

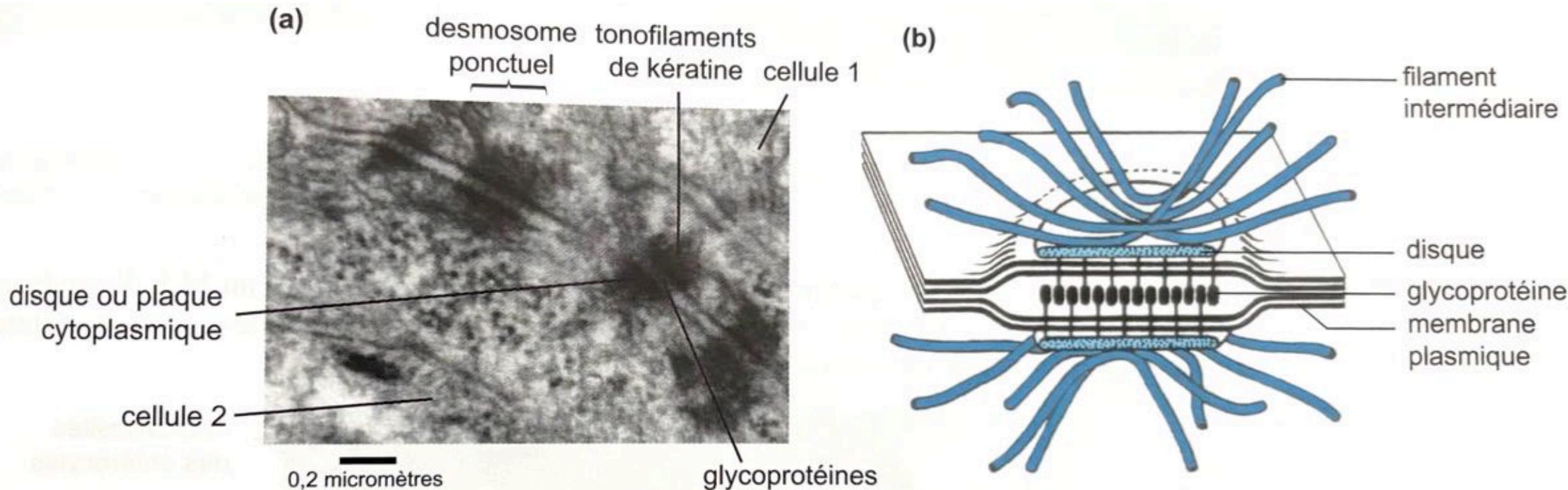
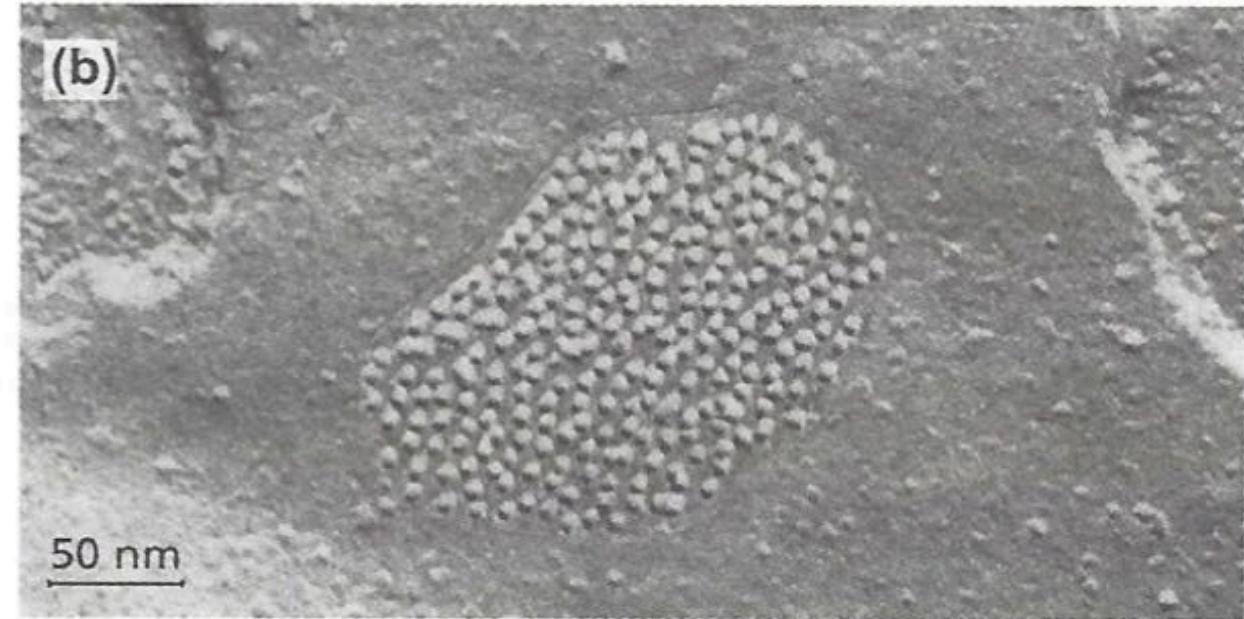
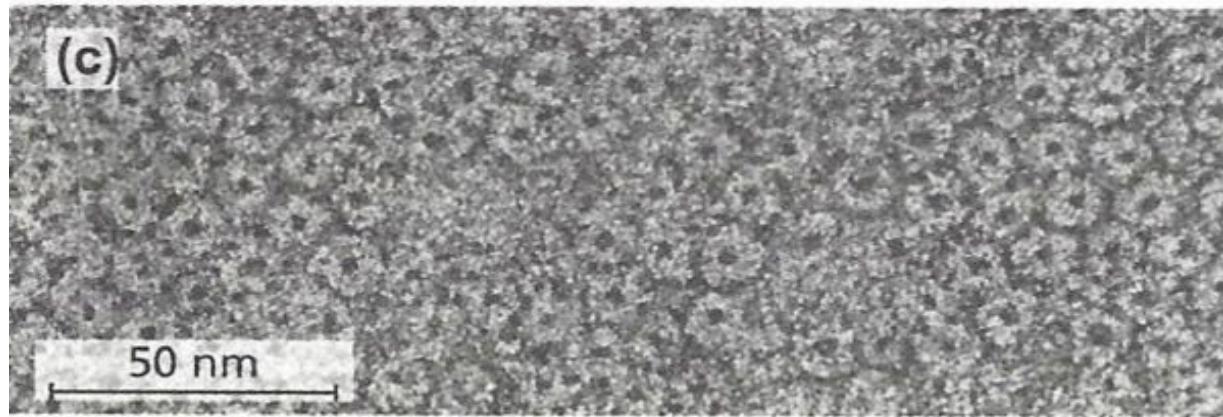
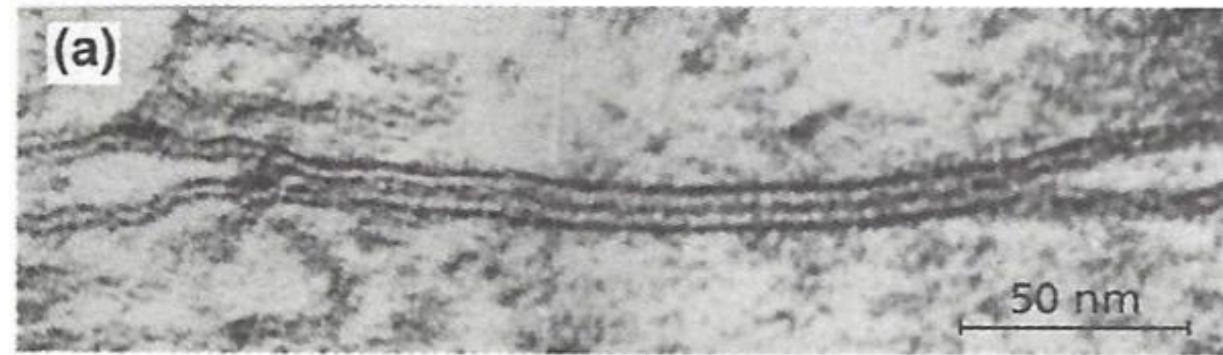


FIGURE TP1.18 Les desmosomes.

(a) desmosomes ponctuels de cellules de la peau humaine $\times 60\,000$ (Cliché N. Benmeradi, IBCG, Toulouse), **(b)** organisation moléculaire schématique d'un desmosome ponctuel.

Jonctions lacunaires : GAP chez cellules animales



La Jonction communicante.

(a) jonction communicante observée en coupe ($\times 85\ 000$) , **(b)** observations par cryodécapage ($\times 85\ 000$) et **(c)** en coloration négative. (*Clichés Labo. BG et BC4, Orsay, « Biologie cellulaire », J.-C. Callen, 2^e éd. Dunod, 2005.*).

Jonctions lacunaires : plasmodesmes chez cellules végétales

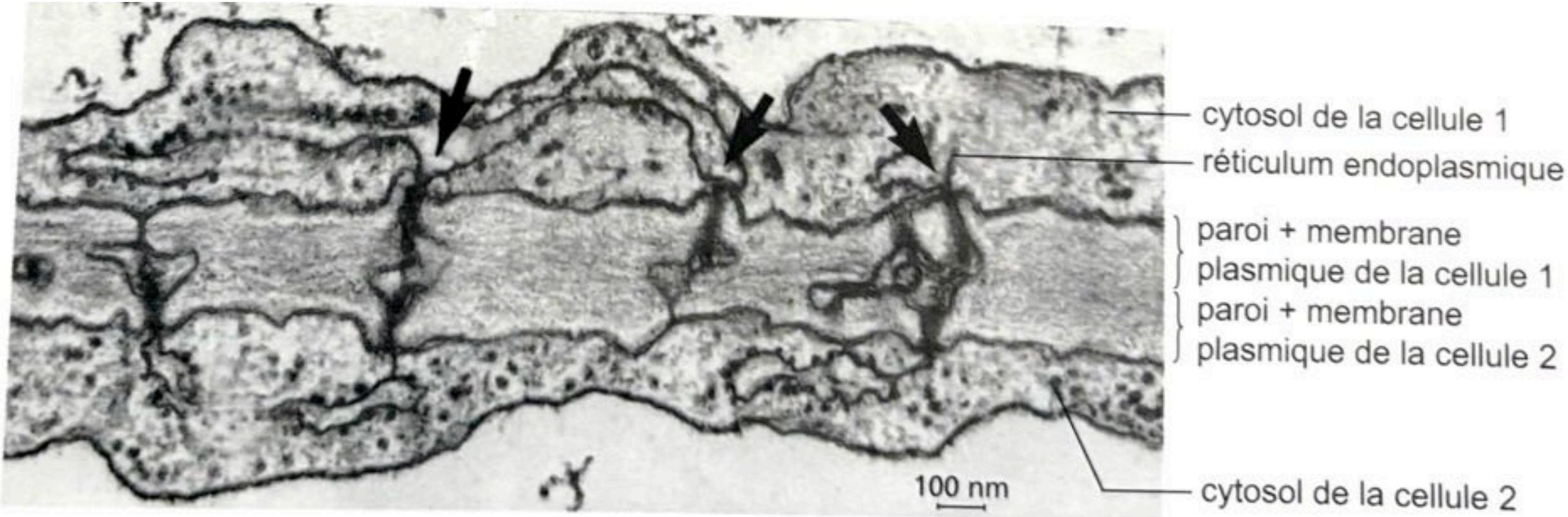
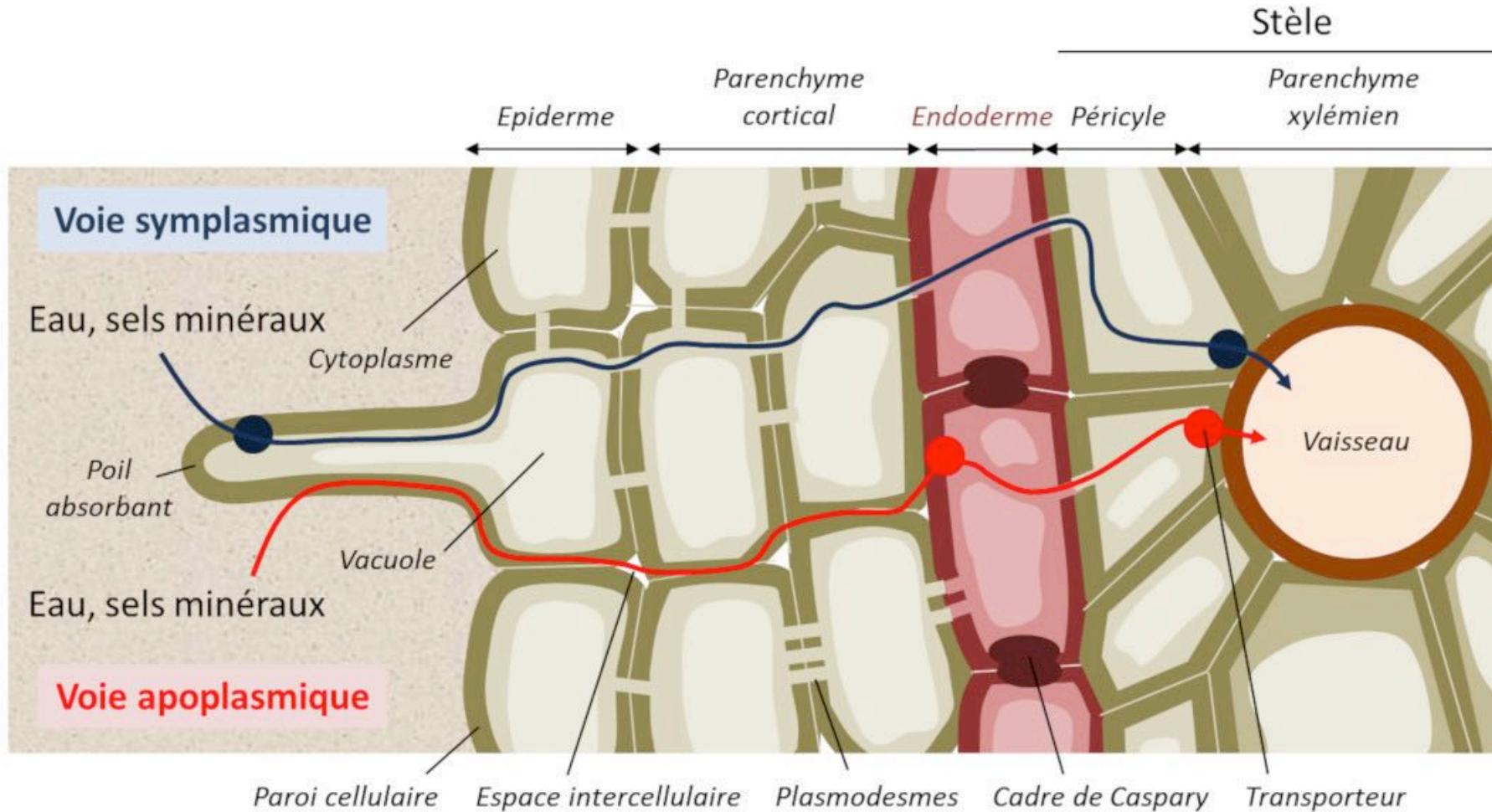


FIGURE TP1.23 Plasmodesmes vus en coupe ($\times 35\,000$).
(Cliché tiré de « Biologie cellulaire », J.-C. Callen, 2^e éd. Dunod, 2005.)

Jonctions lacunaires : plasmodesmes chez cellules végétales



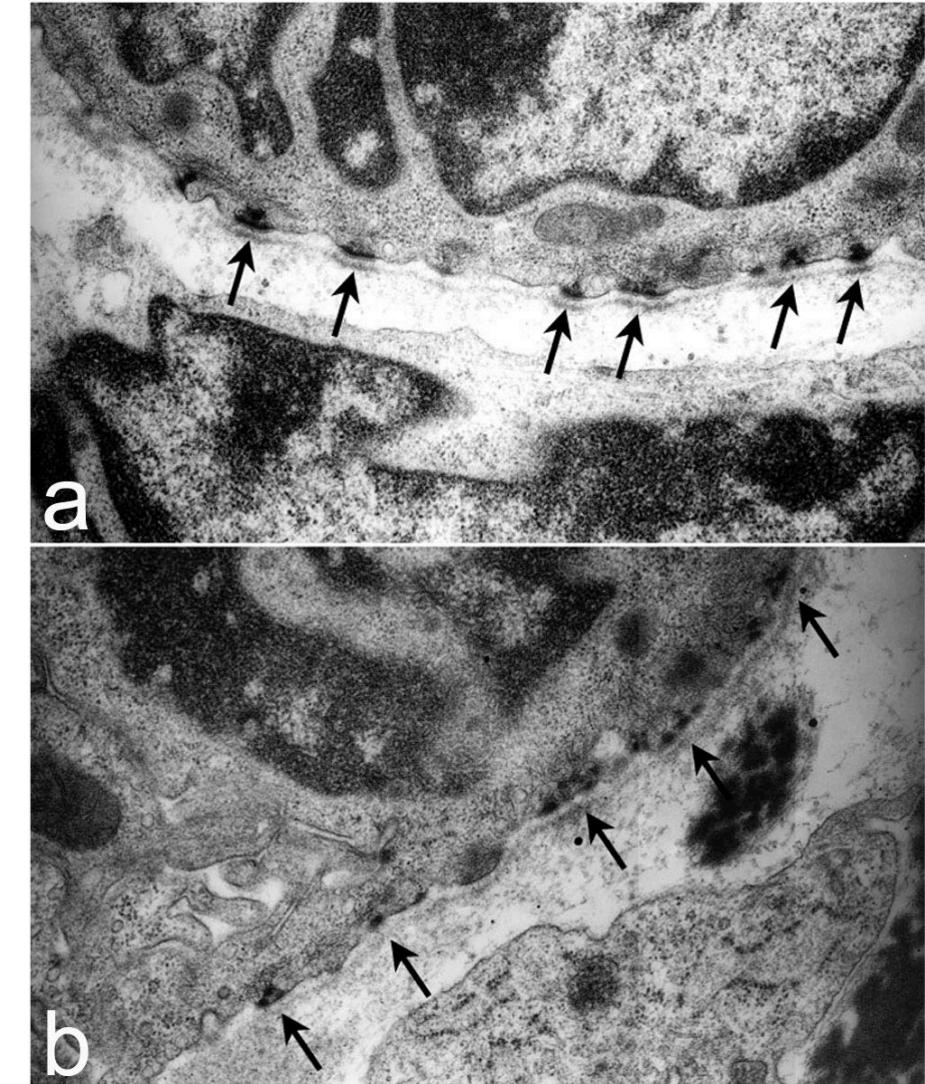
Jonctions cellules-matrice des MECA

Hémidesmosomes

Ultrastructure des hémidesmosomes de la trachée chez la souris

Souris normale (a) : hémidesmosomes bien définis et organisés avec des zones sombres dans la lame basale attenante à l'hémidesmosome

Souris mutante (b) : Lamc2 $-/-$: hémidesmosomes dans les trachées moins organisés. Composante intracellulaire + diffuse et la lame basale directement sous les zones hémidesmosomiques n'a pas la densité électronique observée dans le contrôle



© Nguyen et al., 2006

Interaction avec le cytosquelette

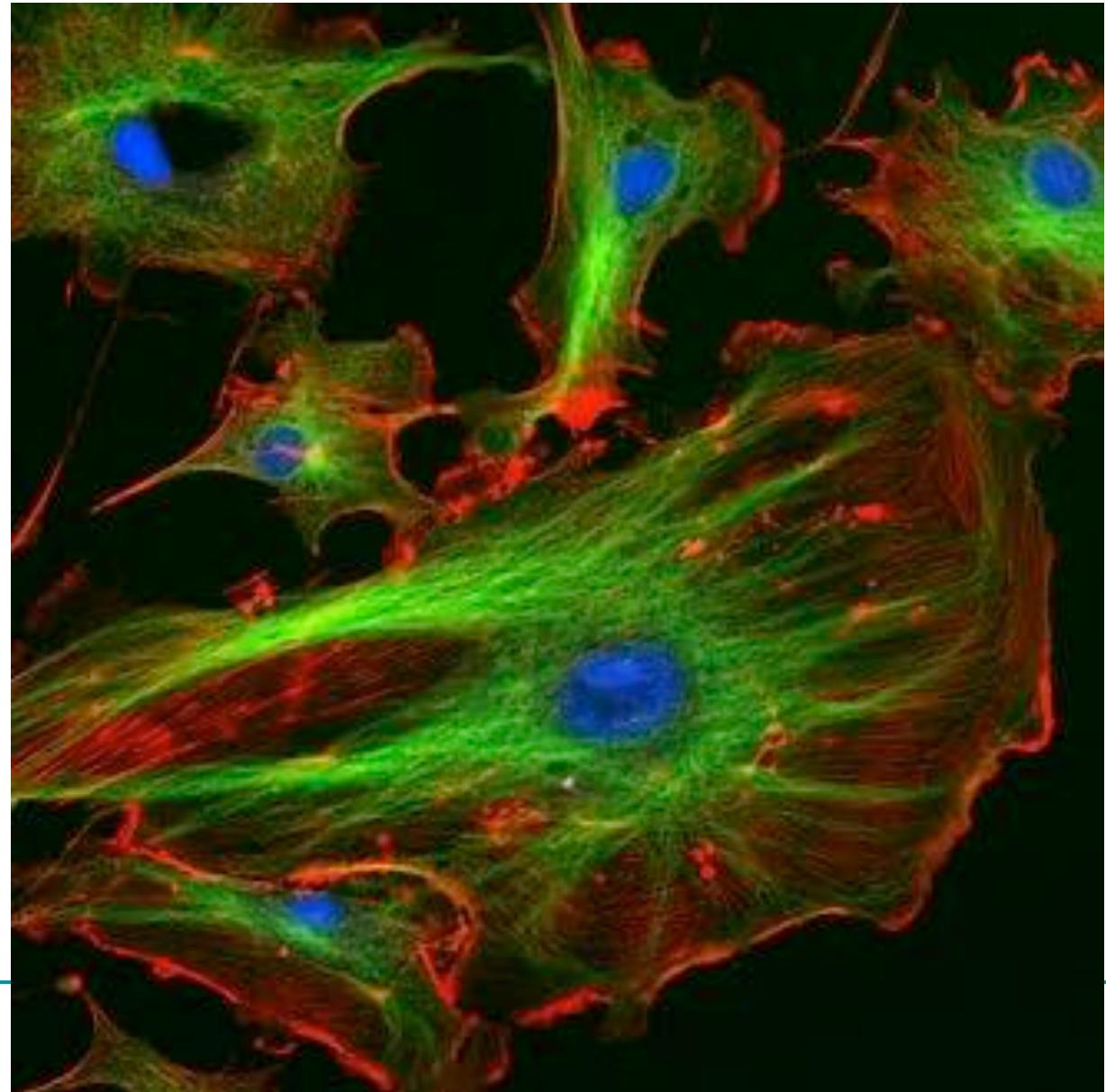
Cellules endothéliales vues au microscope optique.

Bleu : noyaux (DAPI).

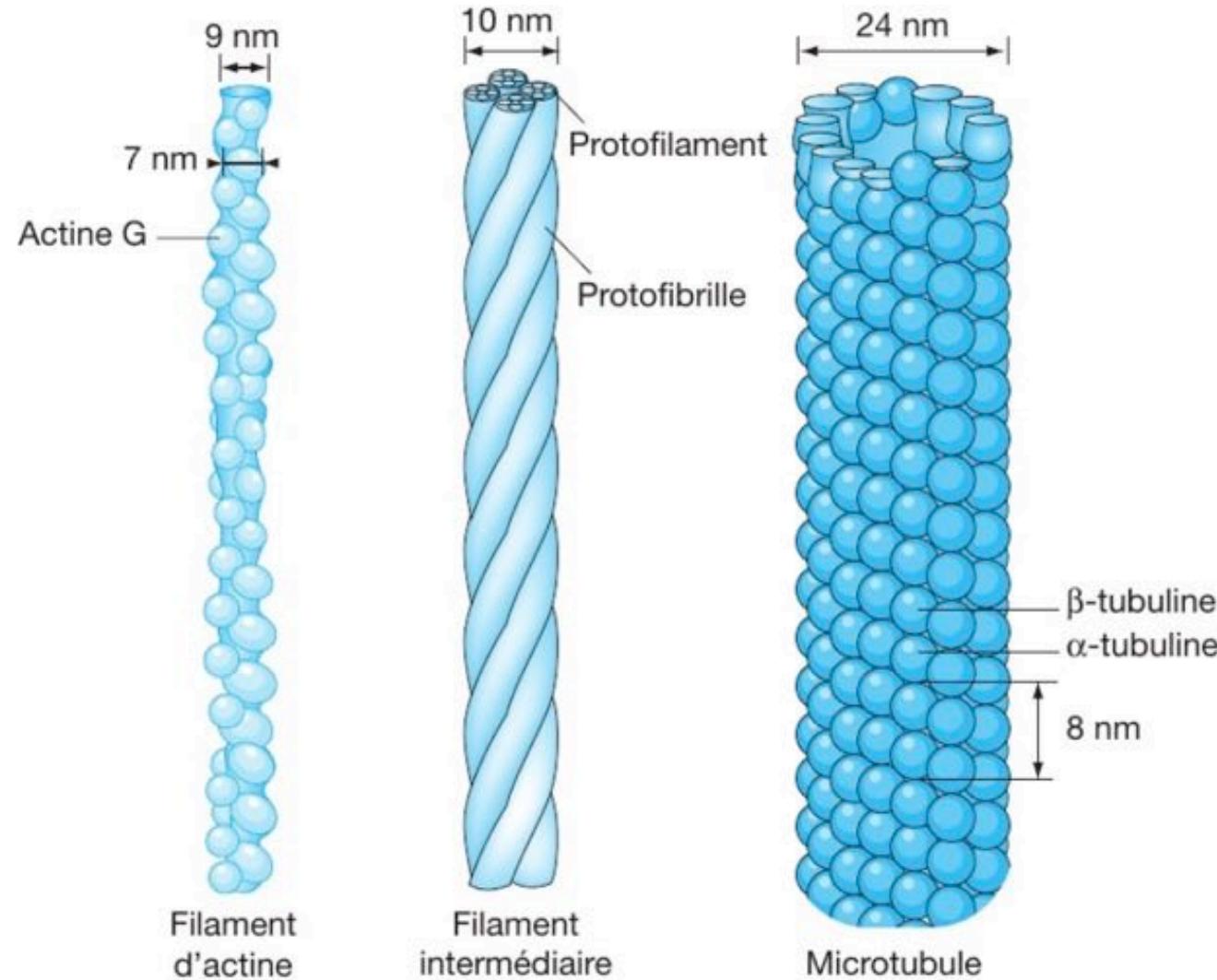
Vert microtubules (anticorps).

Rouge : actine (phalloïdine)

©Wikimedia

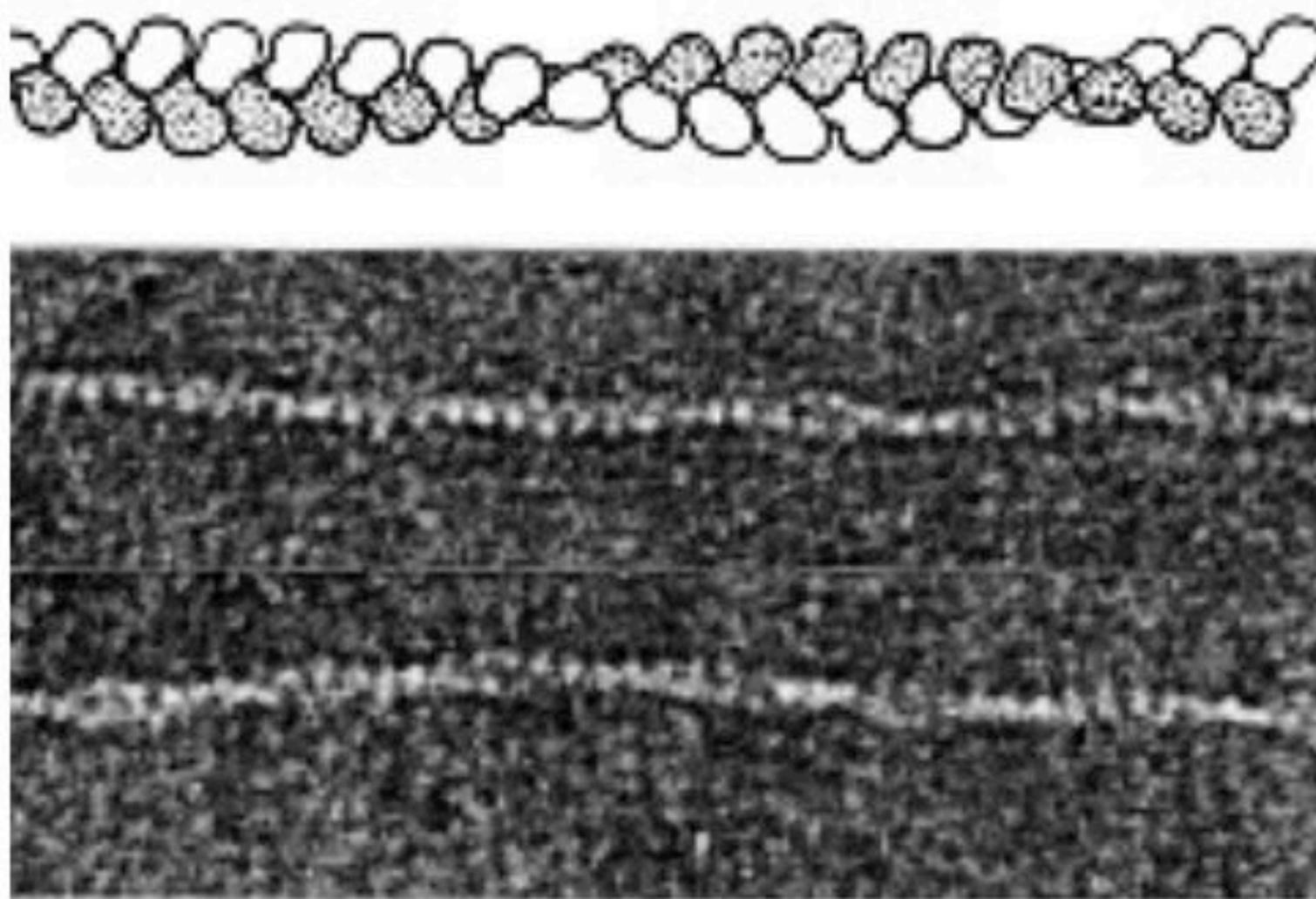


Interaction avec le cytosquelette



©Callen, 2005

Les filaments d'actine



©Callen, 2005

Figure 11.8

Organisation moléculaire des microfilaments

Les filaments d'actine

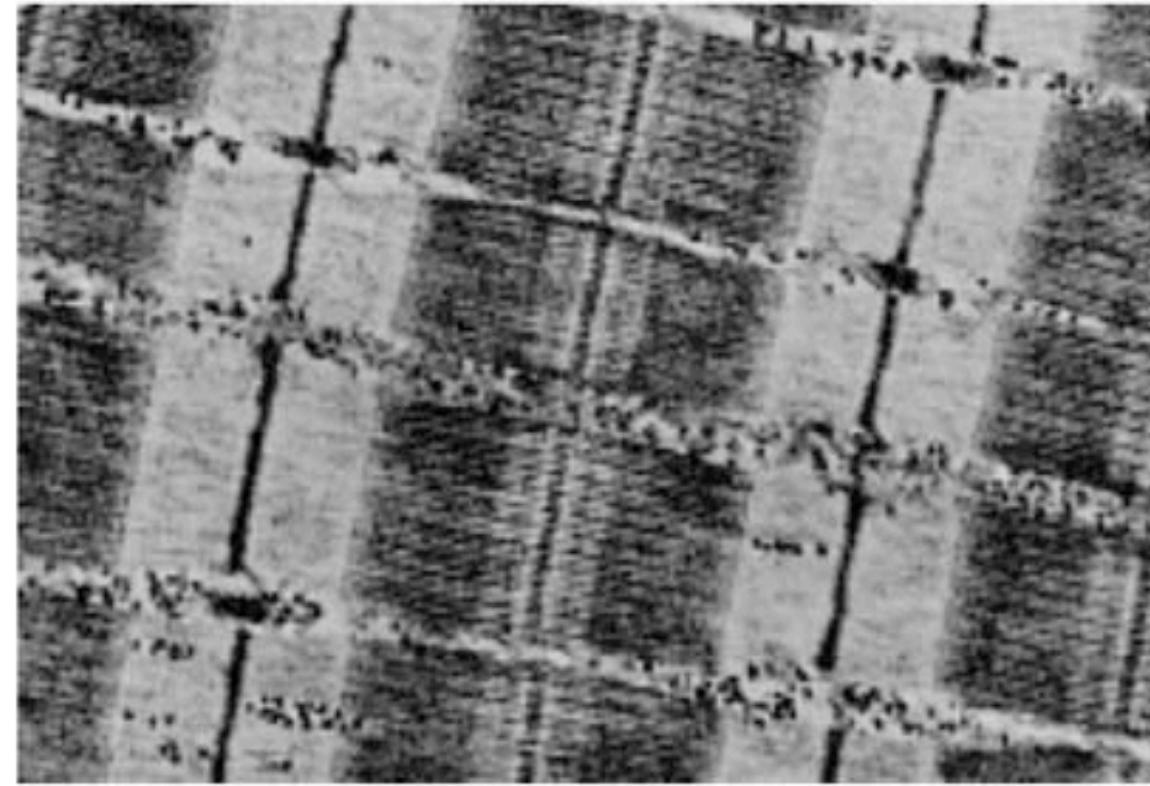


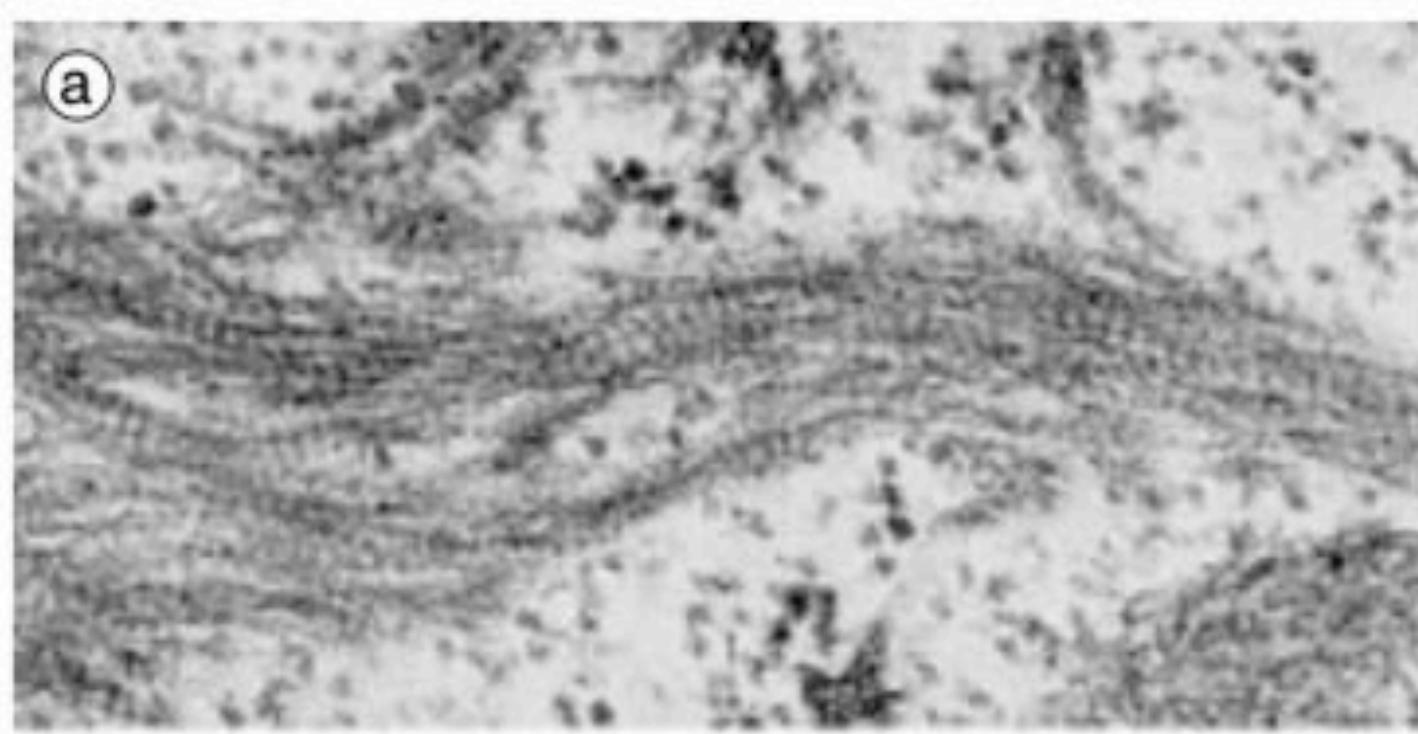
Figure 11.16

Coupe longitudinale d'une myofibrille dans une fibre musculaire striée

Chaque unité répétée, comprise entre deux bandes sombres fines (stries Z), représente un sarcomère (2,5 µm de long). Les filaments épais centraux sont constitués de faisceaux bipolaires de myosine ; ils sont encadrés par deux zones plus claires constituées de fins filaments parallèles : les microfilaments d'actine. Muscle gastro-némien d'Amphibien ; microscopie électronique ; $\times 40\,000$. Cliché J. André, Labo. BC4, Orsay.

©Callen, 2005

Les filaments intermédiaires



©Callen, 2005

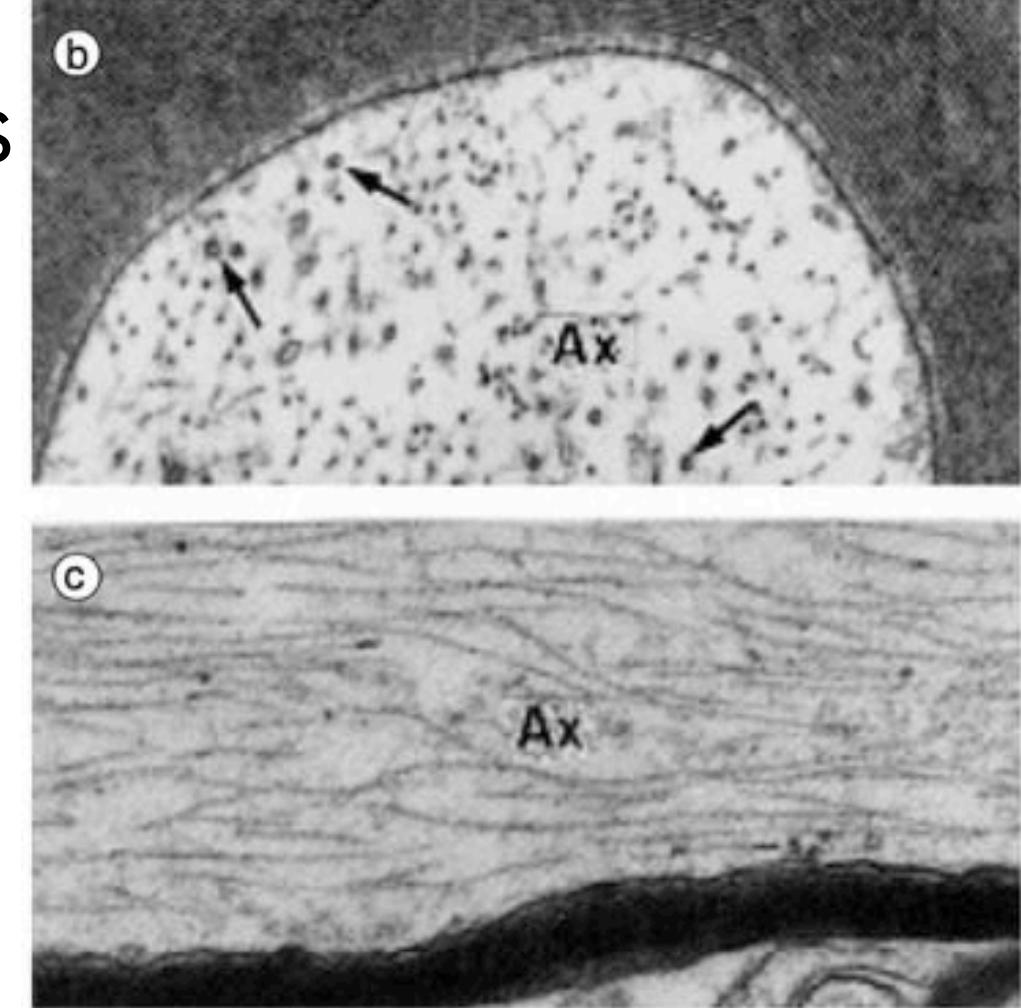
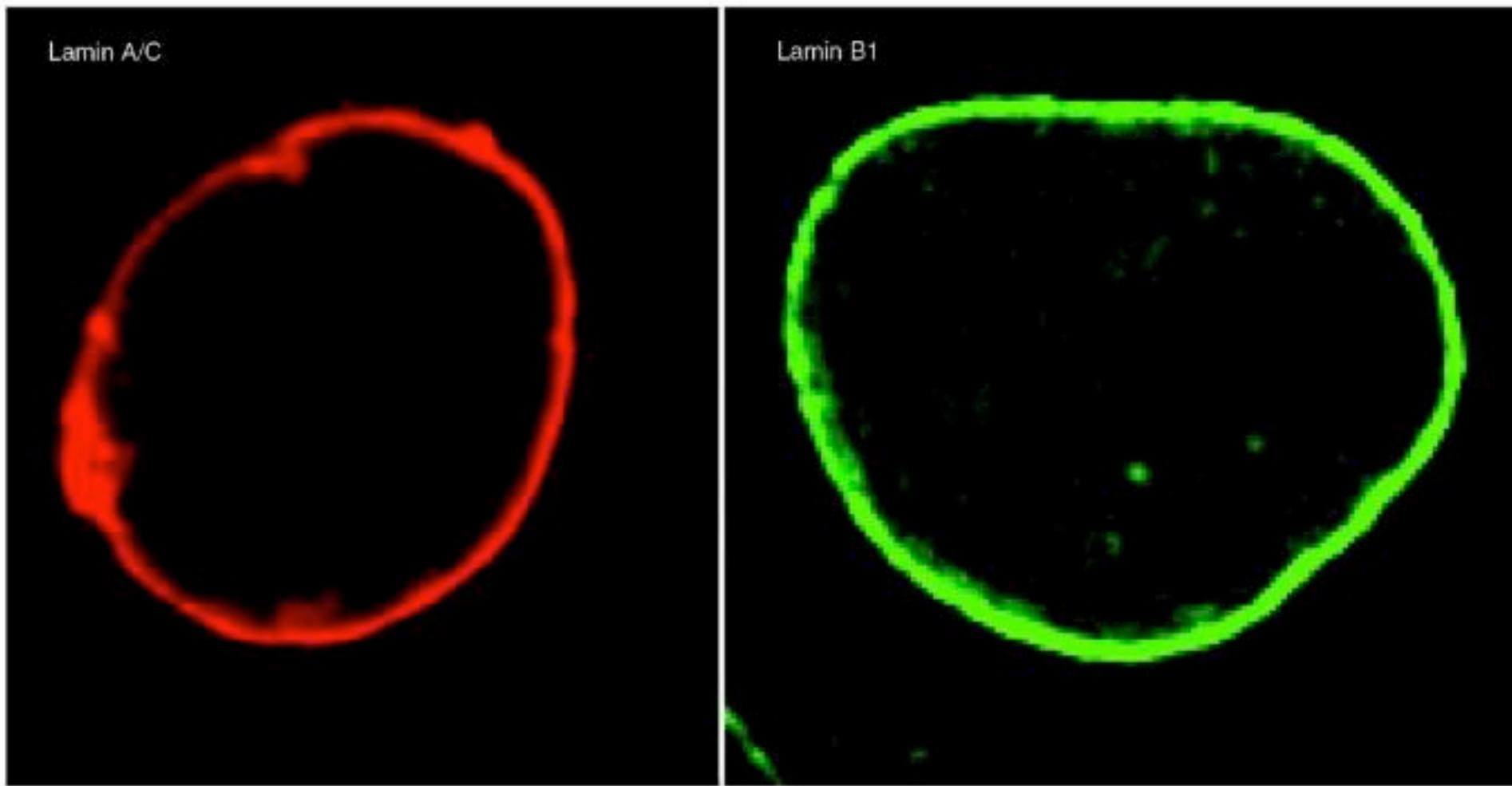


Figure 11.3

Filaments intermédiaires observés en microscopie électronique

(a) cellule épithéliale en culture : coupe longitudinale d'un faisceau de tonofilaments de kératine ; (b) et (c) coupes d'axones (Ax) myélinisés montrant de nombreux neurofilaments et quelques microtubules (flèches). Clichés Labo BC4 et Labo. BG, Orsay.

Les filaments intermédiaires



Immunofluorescence de lamine A et C en rouge et lamine B en vert, au niveau d'un noyau de cellule ostéosarcome humaine ©Dittmer et al, 2011

Les microtubules

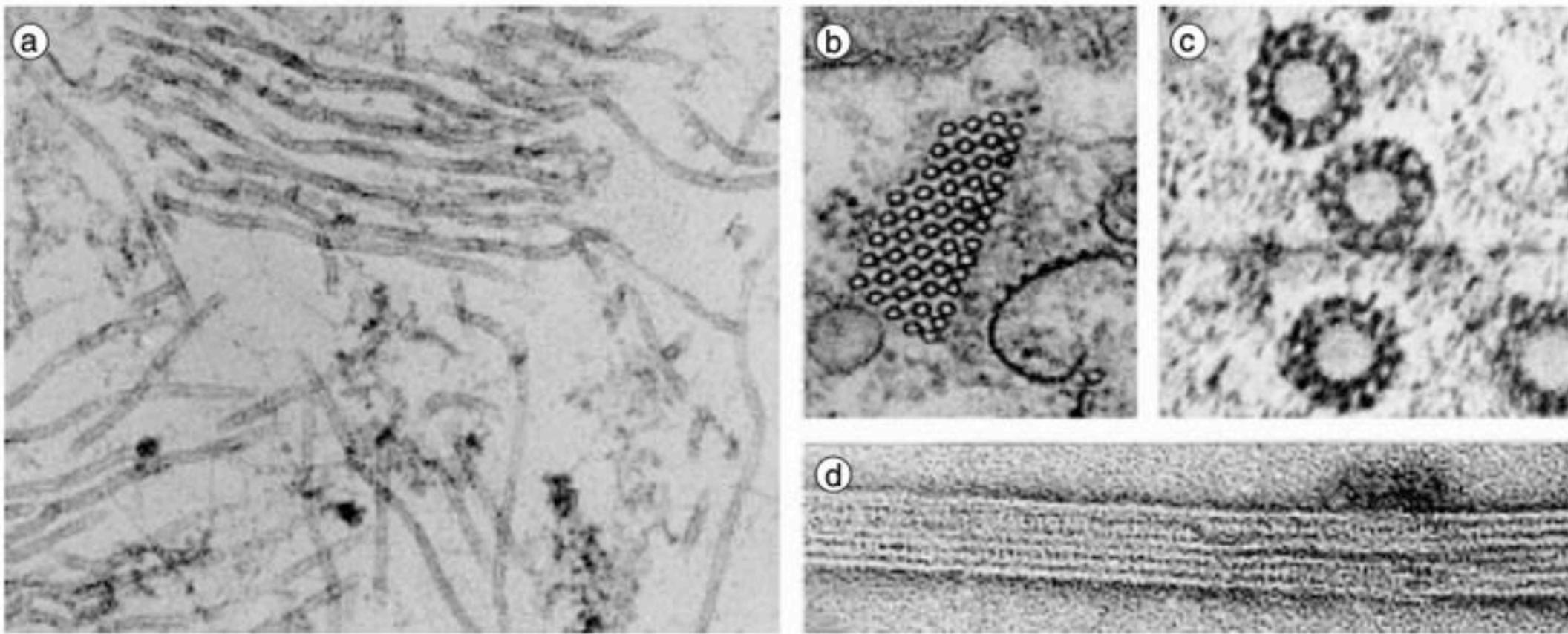


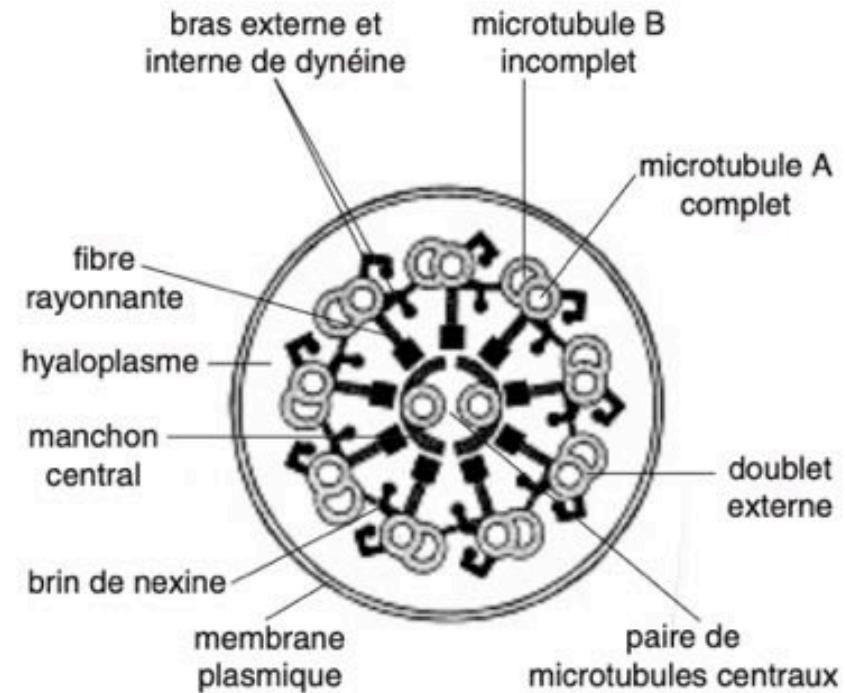
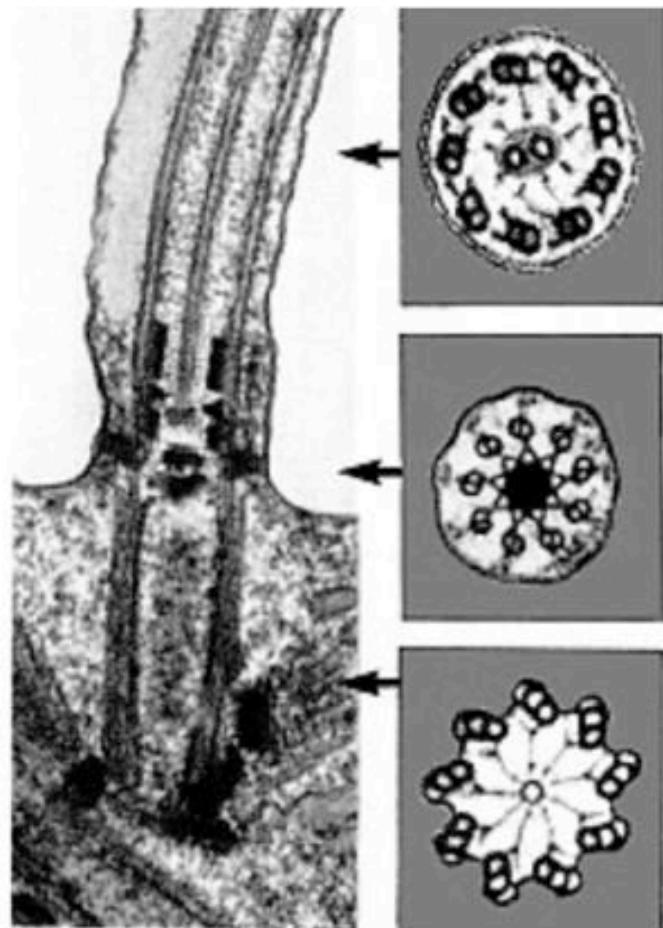
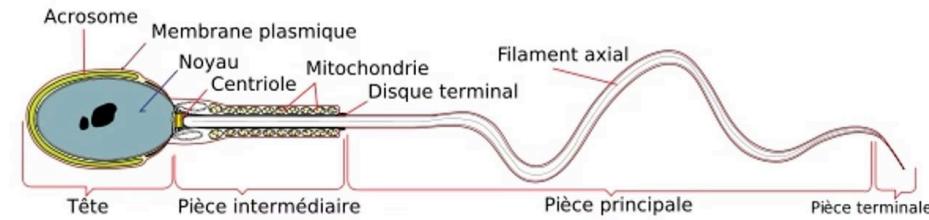
Figure 11.1

Microtubules observés en microscopie électronique

© Callen 2005

(a) coupe longitudinale (cellule de Protiste du genre *Euplates* ; x 80 000) ; (b) coupe transversale d'un faisceau de microtubules (cellule de Protiste du genre *Anisonema* ; x 60 000) ; (c) coupe transversale à fort grossissement, montrant les 13 protofilaments constitutifs. Un microtubule est un long cylindre dont la paroi a 5 nm d'épaisseur ; (d) protofilaments observés en coloration négative (x 220 000). Clichés Labo. BG et M. Lemullois, Labo. BC4, Orsay.

Les microtubules



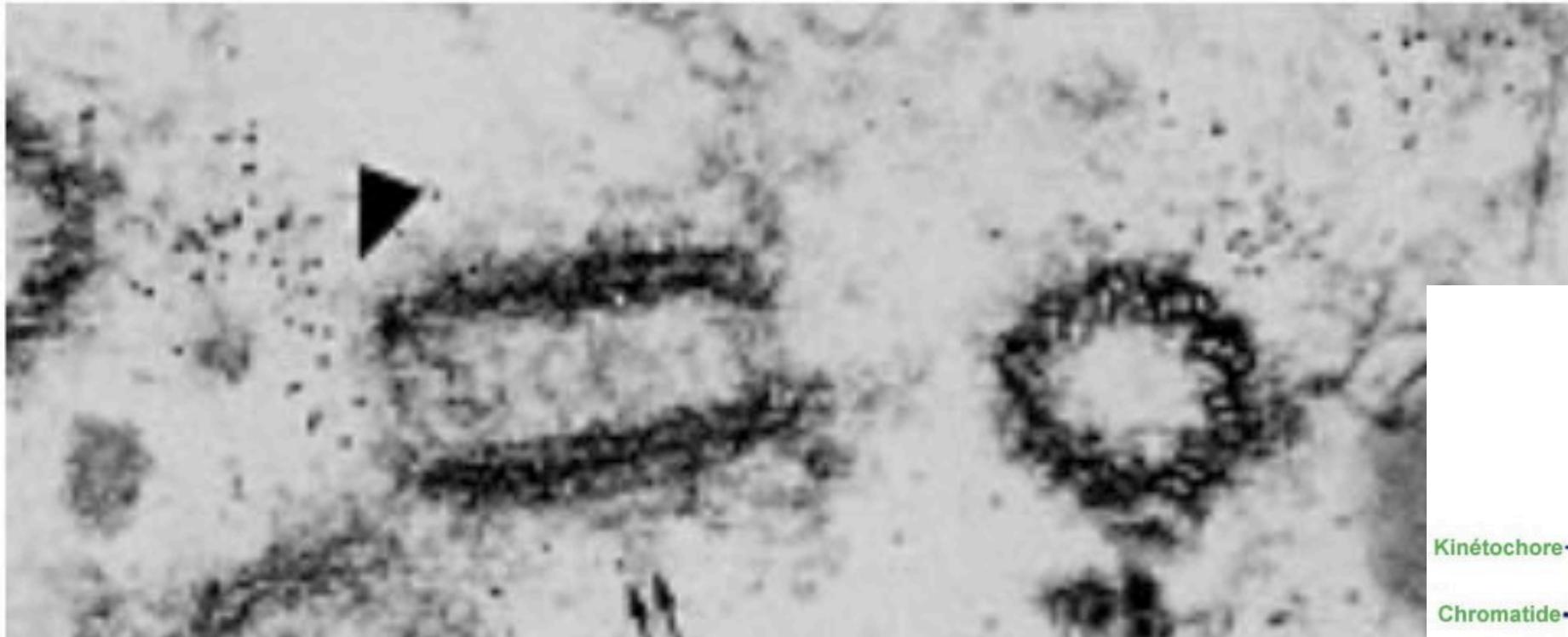
Organisation de l'axonème ciliaire

Figure 11.13

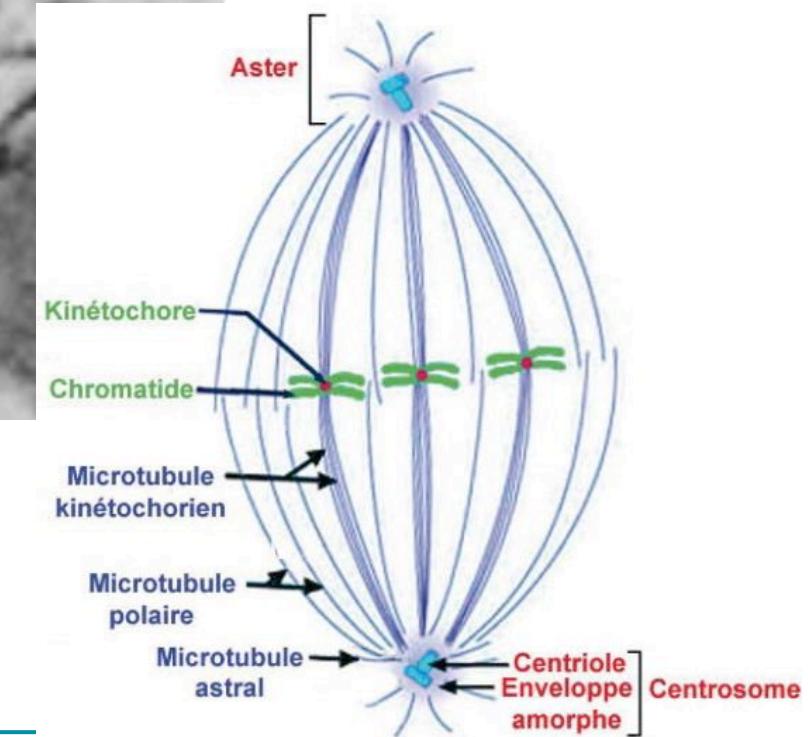
Coupes transversales et longitudinale de cil ou de flagelle eucaryotique

L'axonème est constitué de 9 doublets de longs microtubules proches de la membrane plasmique, disposés en anneau, parallèles à l'axe et partiellement soudés par 3 protofilaments (le microtubule le plus interne est complet). Un doublet axial formé de deux microtubules parallèles, séparés l'un de l'autre, court également tout du long du cil ; ils semblent noyés dans un manchon de matériel dense. Le corpuscule basal, qui ancre l'axonème dans le cytoplasme, a la même structure qu'un centriole. $\times 67\,500$. Clichés M. Lemullois, Labo. BC4, et Labo-BG, Orsay.

Les microtubules → centrioles



© Callen 2005



Les microtubules

<https://www.youtube.com/watch?v=4YEJYbNUQ2U>

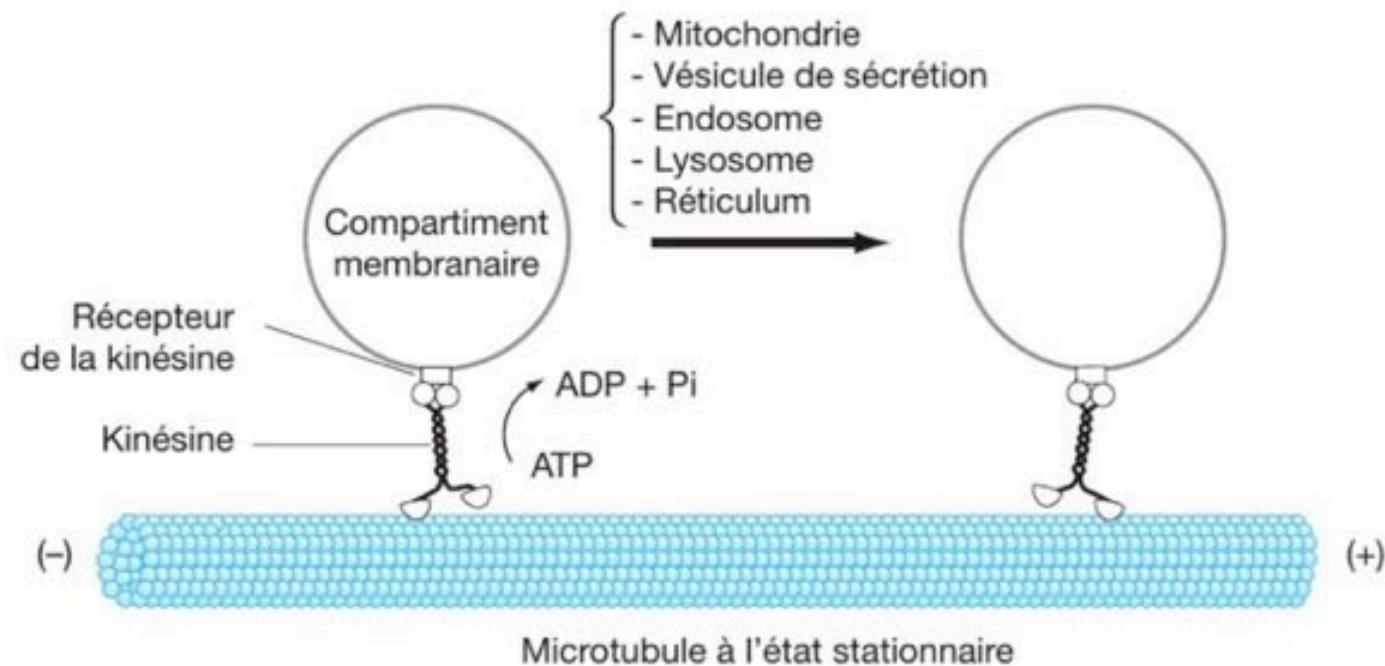


Figure 31

Transport de vésicules variées du centre de la cellule vers la périphérie par un moteur moléculaire, la kinésine

Le déplacement des vésicules consomme de l'ATP dont l'hydrolyse est associée à des changements conformationnels des moteurs moléculaires. Les dynéines cytoplasmiques assurent le transport centripète le long des mêmes microtubules (transport centrifuge, de l'extrémité (-) vers l'extrémité (+)).

Fonctionnement de la kinésine

© Peycru

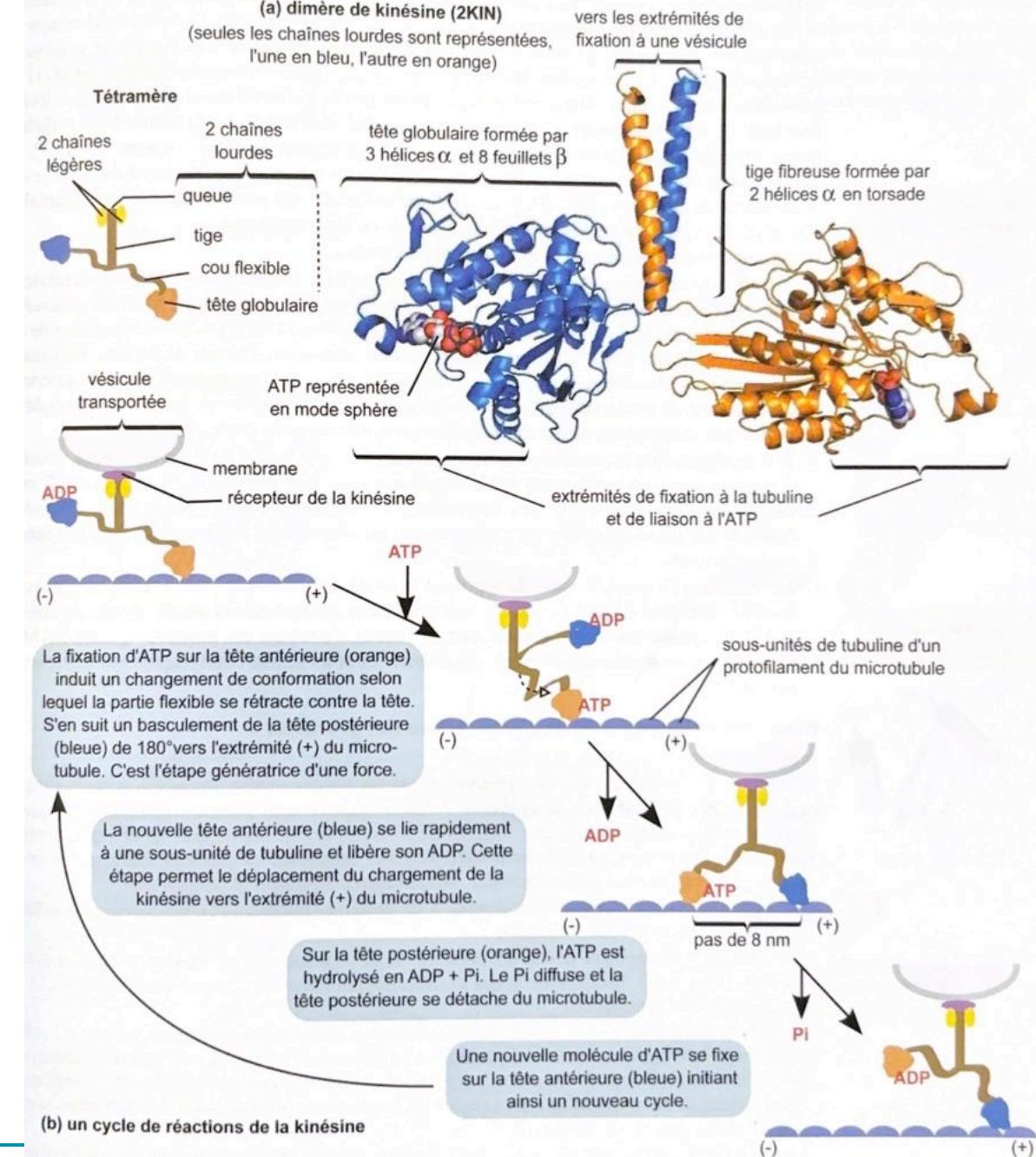


FIGURE 2.19 Organisation structurale d'une protéine mixte, la kinésine (a) et cycle d'hydrolyse permettant le déplacement (b). Images fournies par Lionel Mourey, Institut de Pharmacologie et de Biologie Structurale (IPBS), Toulouse.