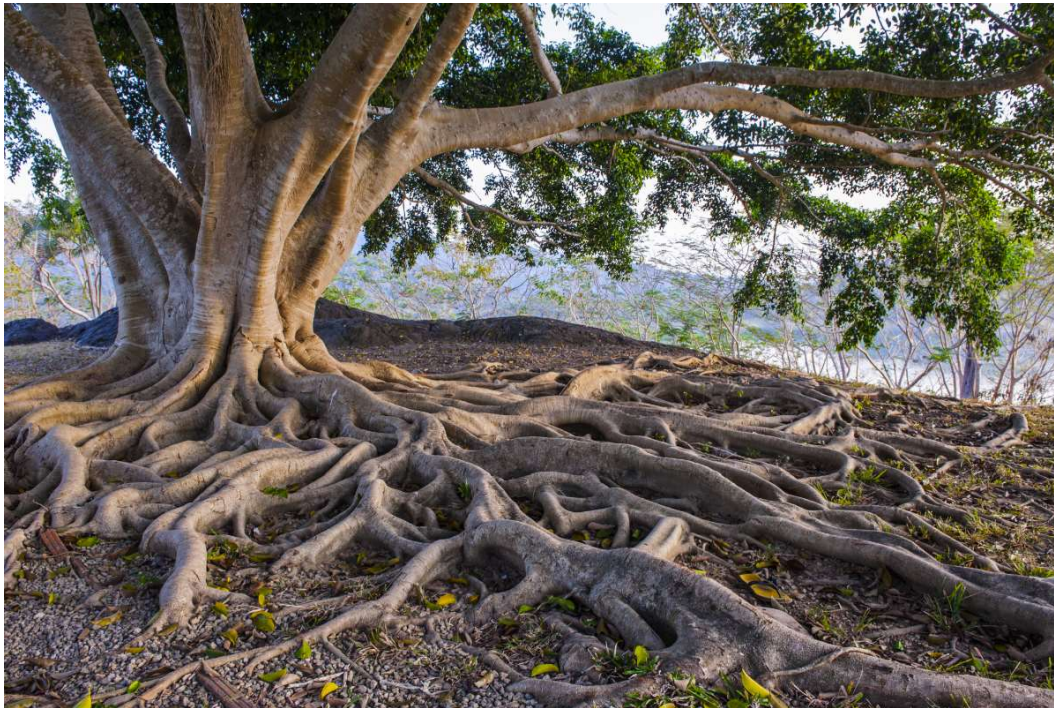
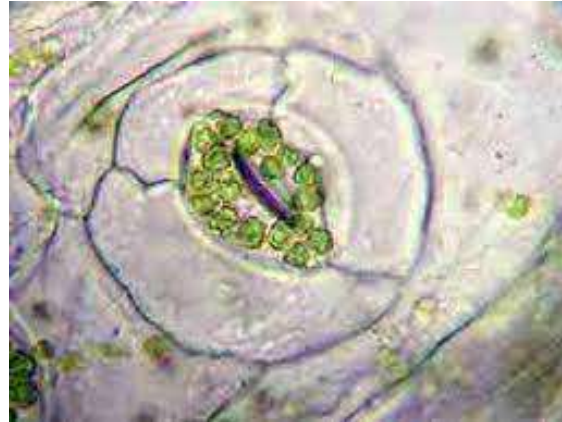


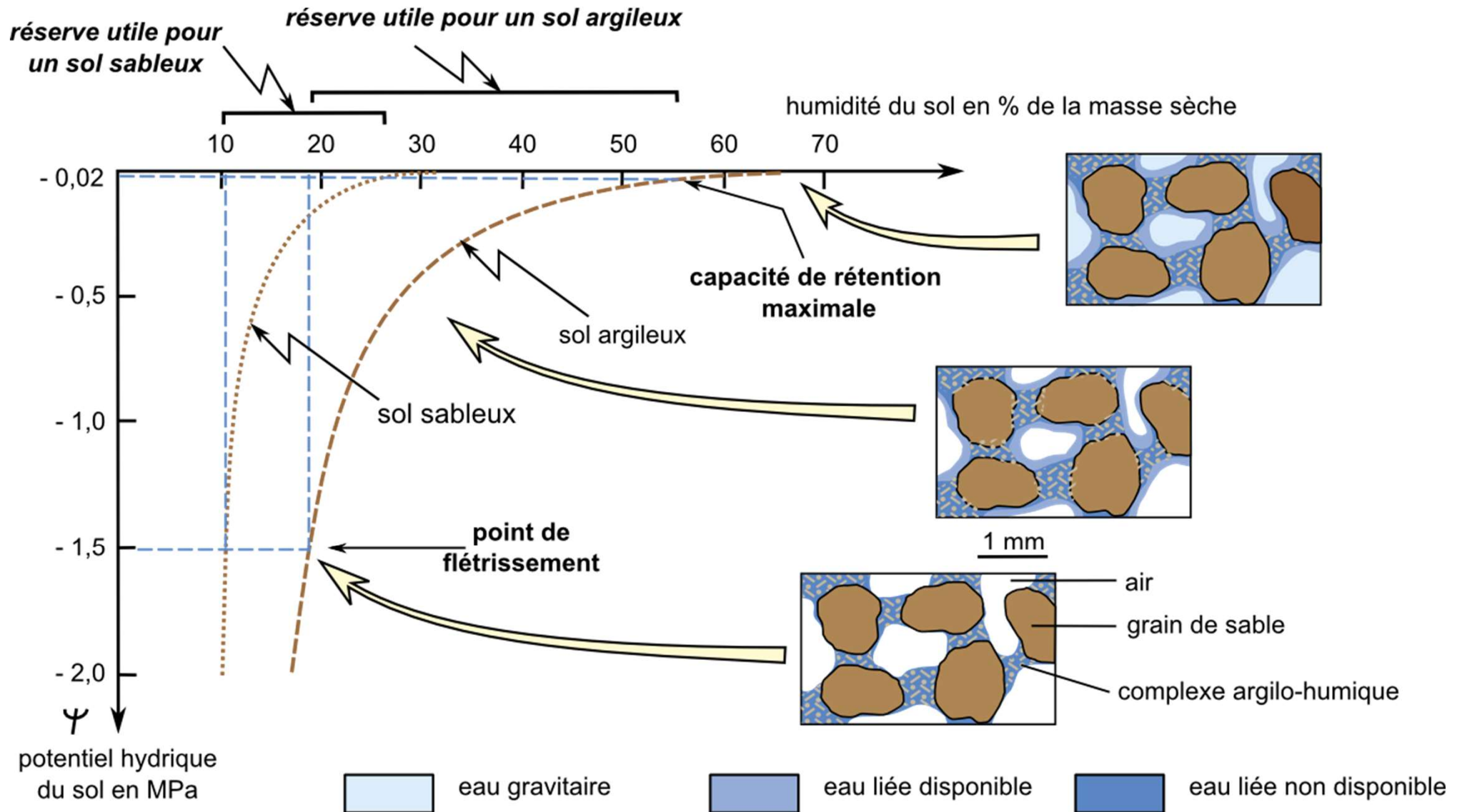
SV – B Interactions entre les organismes et leur environnement

SV – B – 2

La nutrition des Angiospermes en lien avec le milieu



Document 1. Évolution du potentiel hydrique Ψ du sol en fonction de l'humidité et représentation des diverses fractions d'eau .



Diversité des éléments chimiques puisés dans le sol :

H, O (← eau)

Macroéléments (> 1 % de la matière sèche du végétal) :

N, K, Ca, Mg, P et S

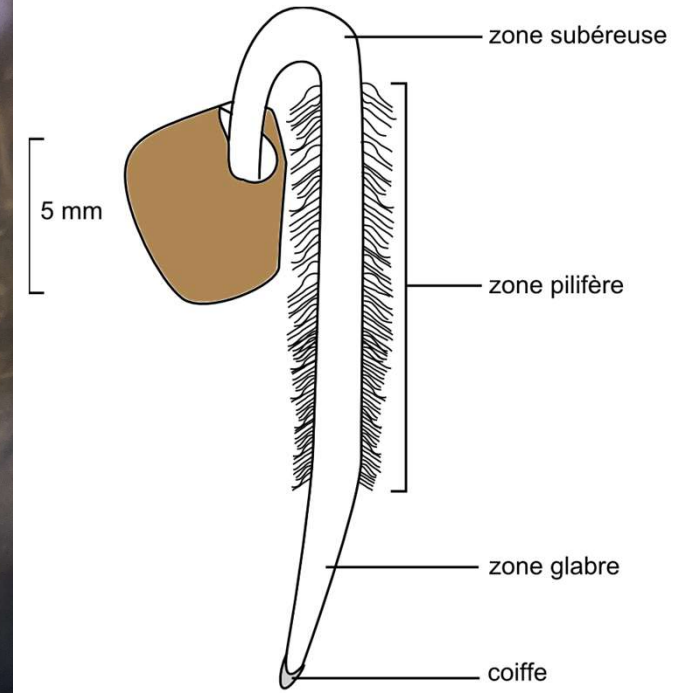
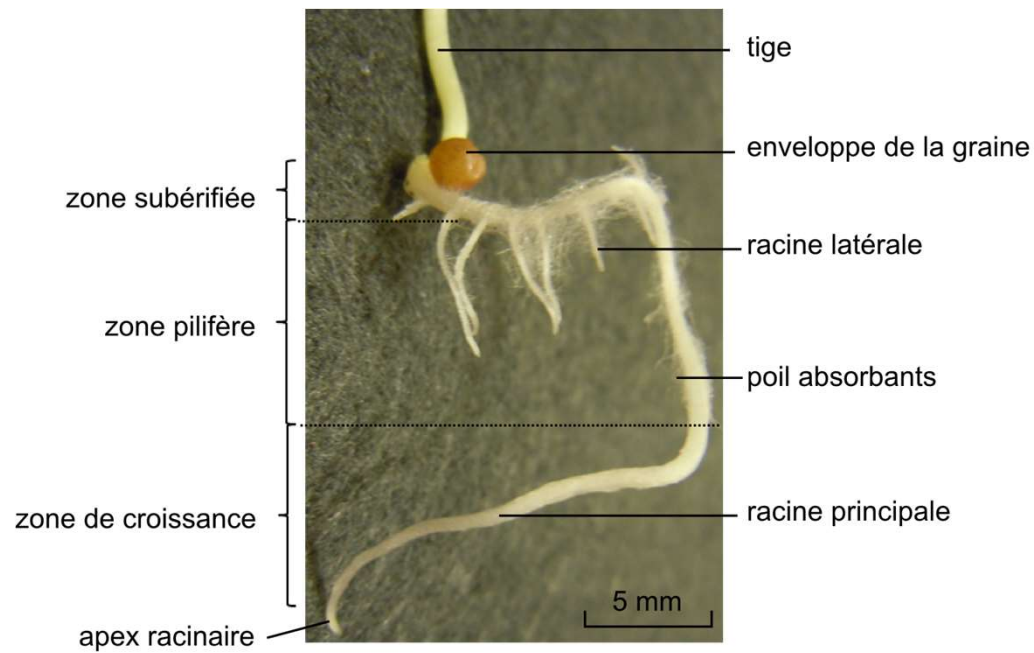
Dans : protéines, nucléotides et acides nucléiques, pectines, chlorophylle, nucléotides, protéines des chaînes rédox...

Microéléments (< 1 % de la matière sèche du végétal) :

Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo et Cl...

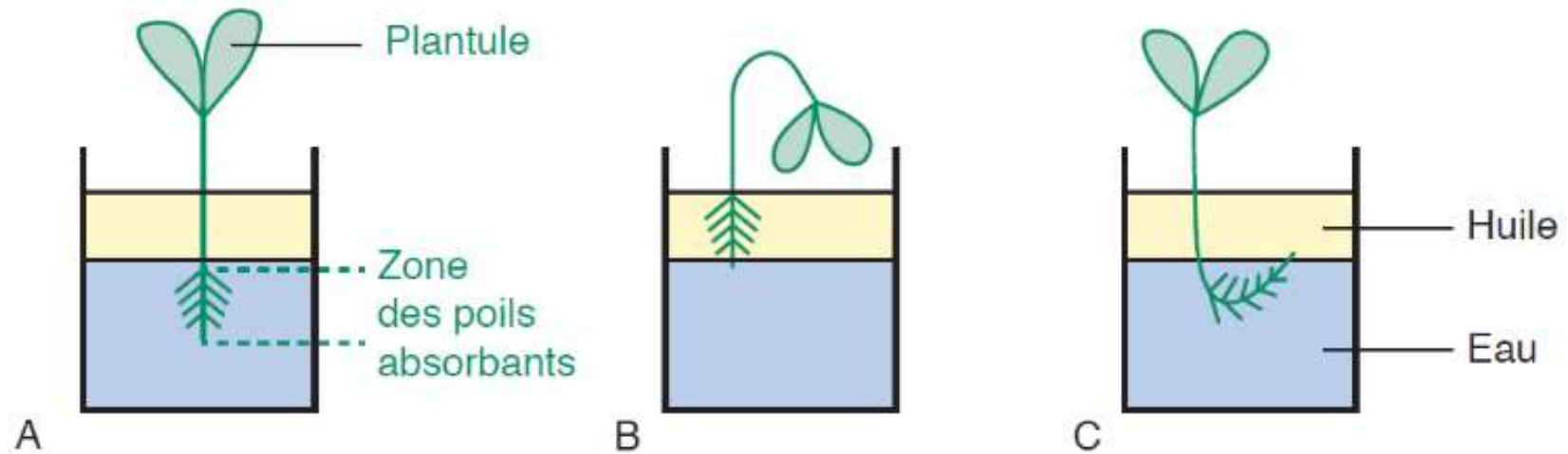
Dans : protéines des chaînes rédox, coenzymes...

Document 2. Localisation de la zone d'absorption minérale chez les jeunes plants : Organisation d'une jeune racine.



Document 3. Expérience historique de Rosène.

De jeunes plantules de Brassicacées sont placées dans différentes configurations, de manière à ce qu'une ou plusieurs régions racinaires ne se trouvent pas en contact avec l'eau. Pour cela, on utilise l'huile que l'on suppose non toxique pour le rhizoderme.



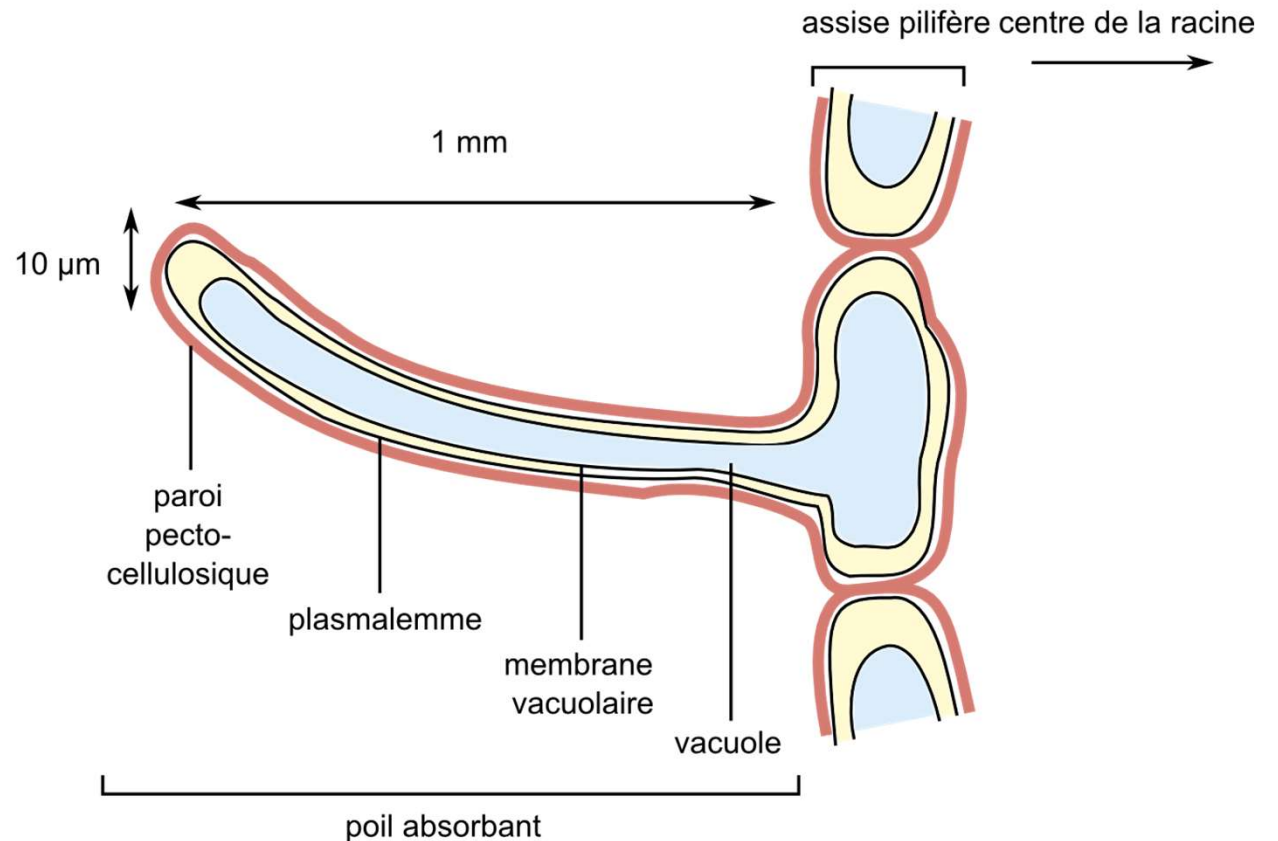
Cas A : l'apex et la zone pilifère sont dans l'eau, seule la zone subéreuse est au contact de l'huile ;
cas B : seule la zone pilifère est au contact de l'huile ; cas C : seule la zone pilifère est au contact de l'eau.

Poil absorbant vu au microscope fort grossissement

<https://svtlyceedevenne>



Document 2.
Localisation de la zone d'absorption minérale chez les jeunes plants : coupe longitudinale schématique d'un poil absorbant.



Mycorhizes (vue externe)

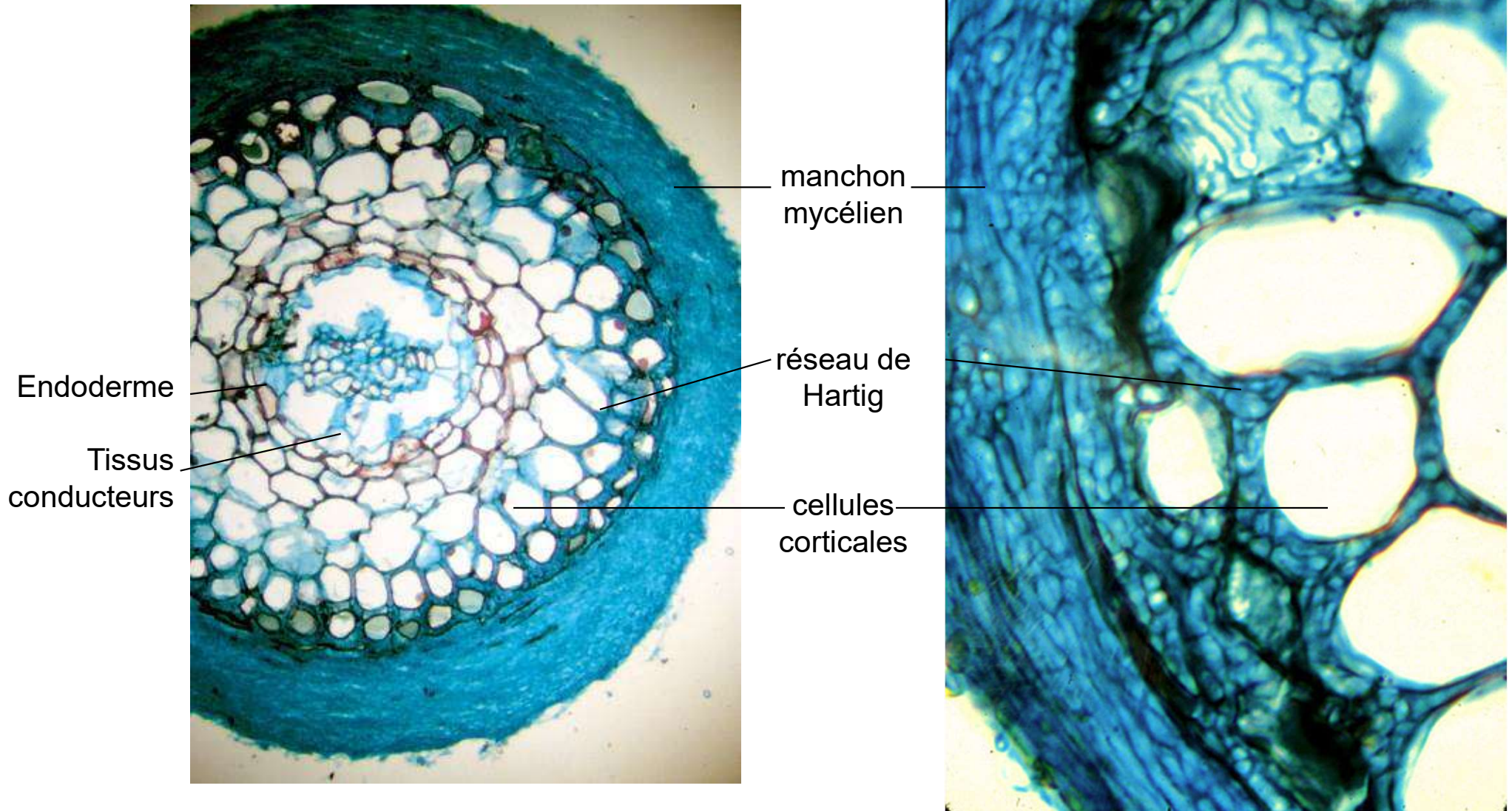


Hyphes
extra-racinares

Racine latérale courte
recouverte d'un manchon

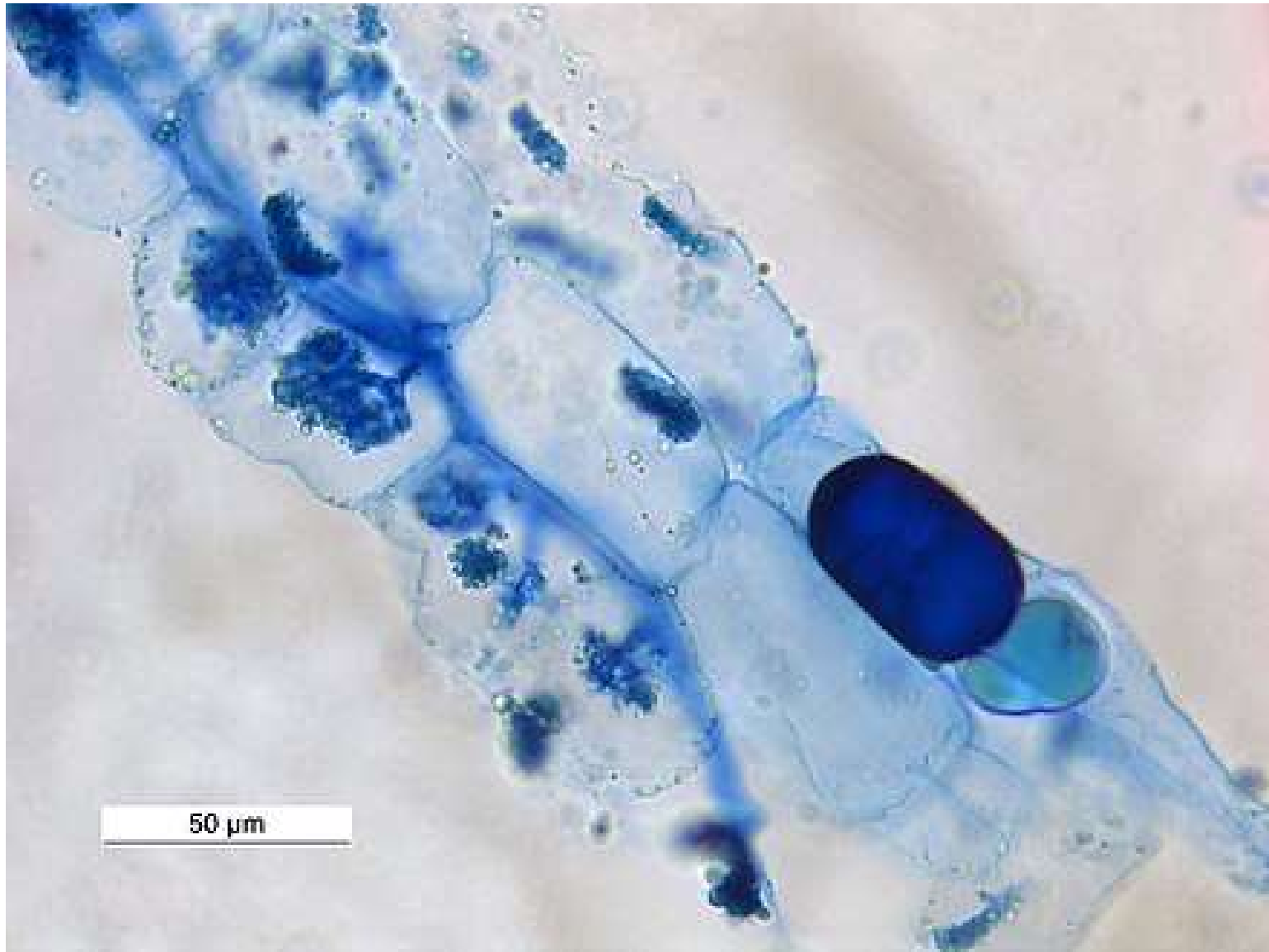
Coupe transversale d'une racine mycorhizée

<http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/mycorrhizae2.asp.html>

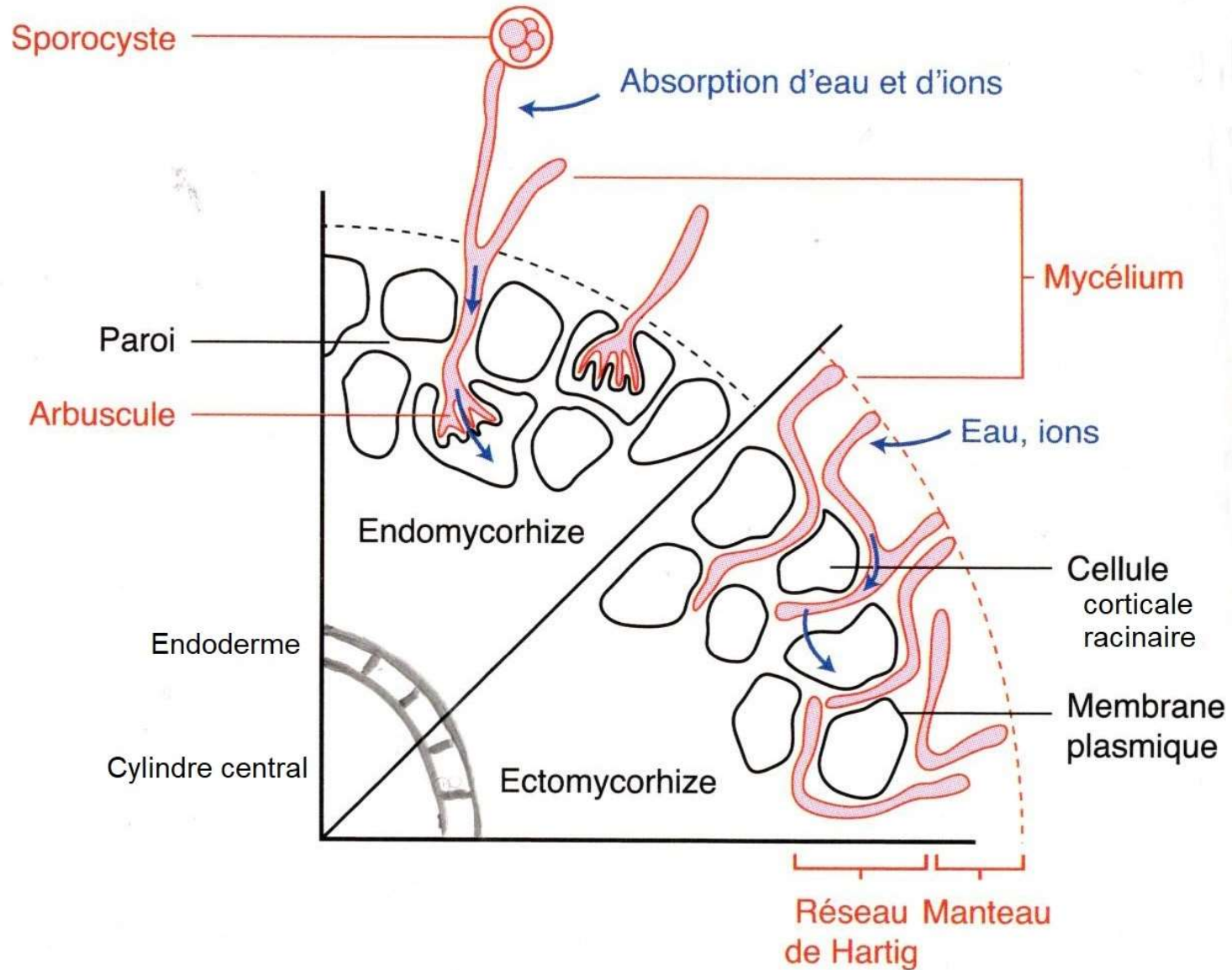


Ectomycorhize

Endomycorhize



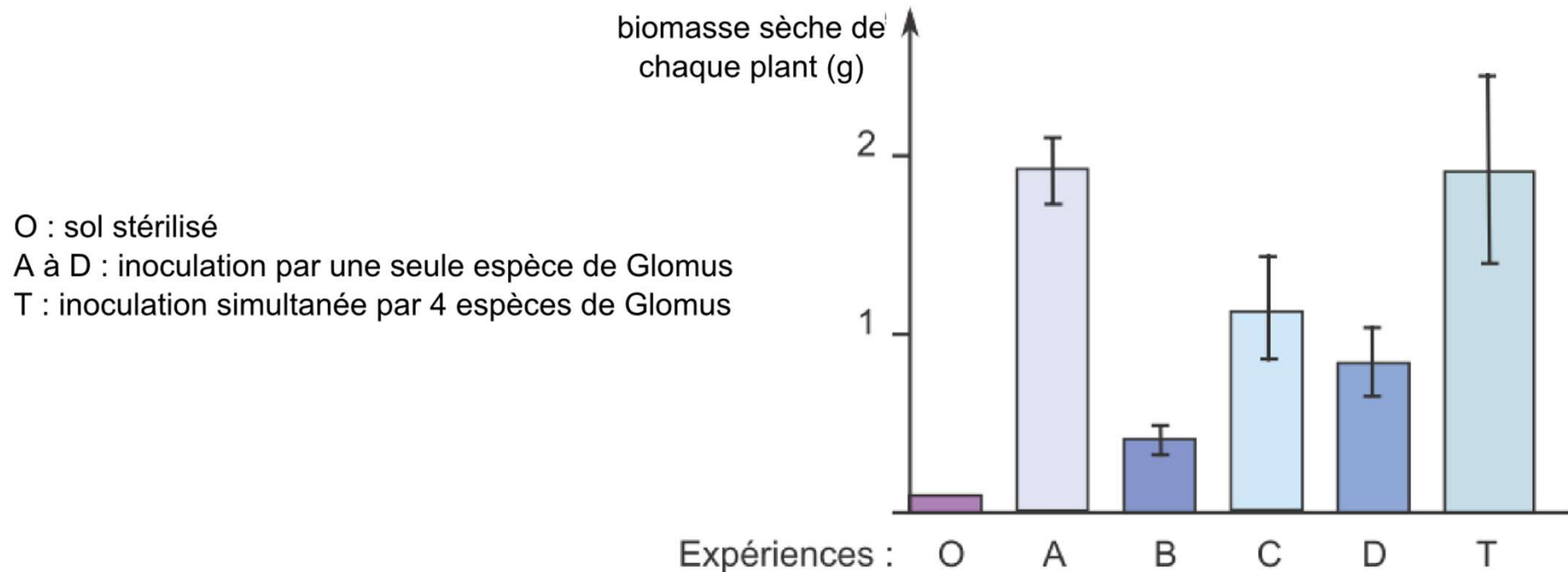
Document 4. Endo- et ectomycorhize.



Document 5. Rôle des mycorhizes dans l'absorption minérale.

a – Expérience mettant en évidence le rôle trophique des mycorhizes chez le trèfle.

a)



Du trèfle est semé dans différentes conditions.

Glomus est un genre de champignons.

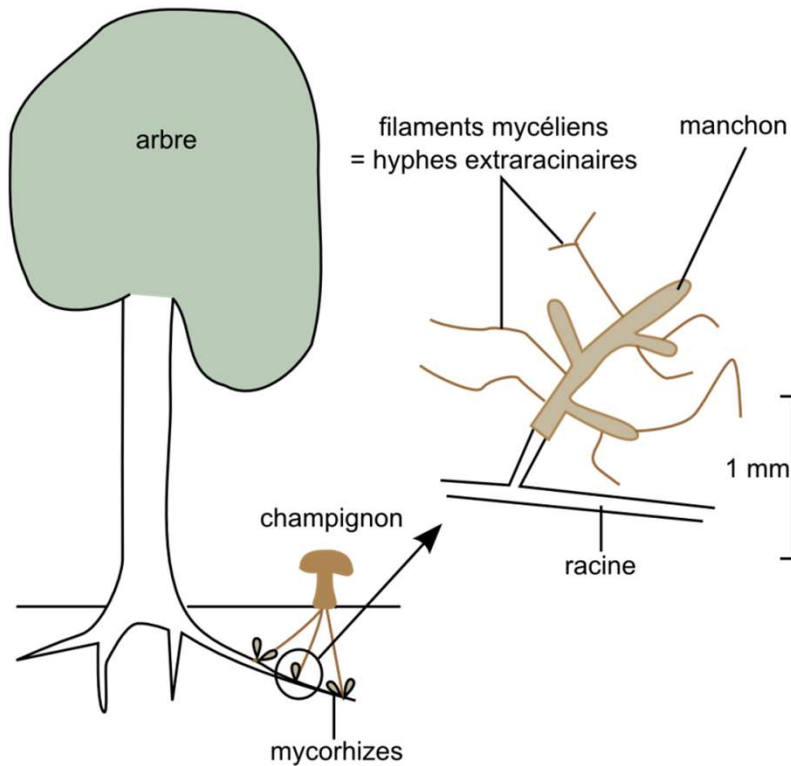
On mesure, au bout d'un temps donné, la croissance de la plante.

Document 5. Rôle des mycorhizes dans l'absorption minérale.

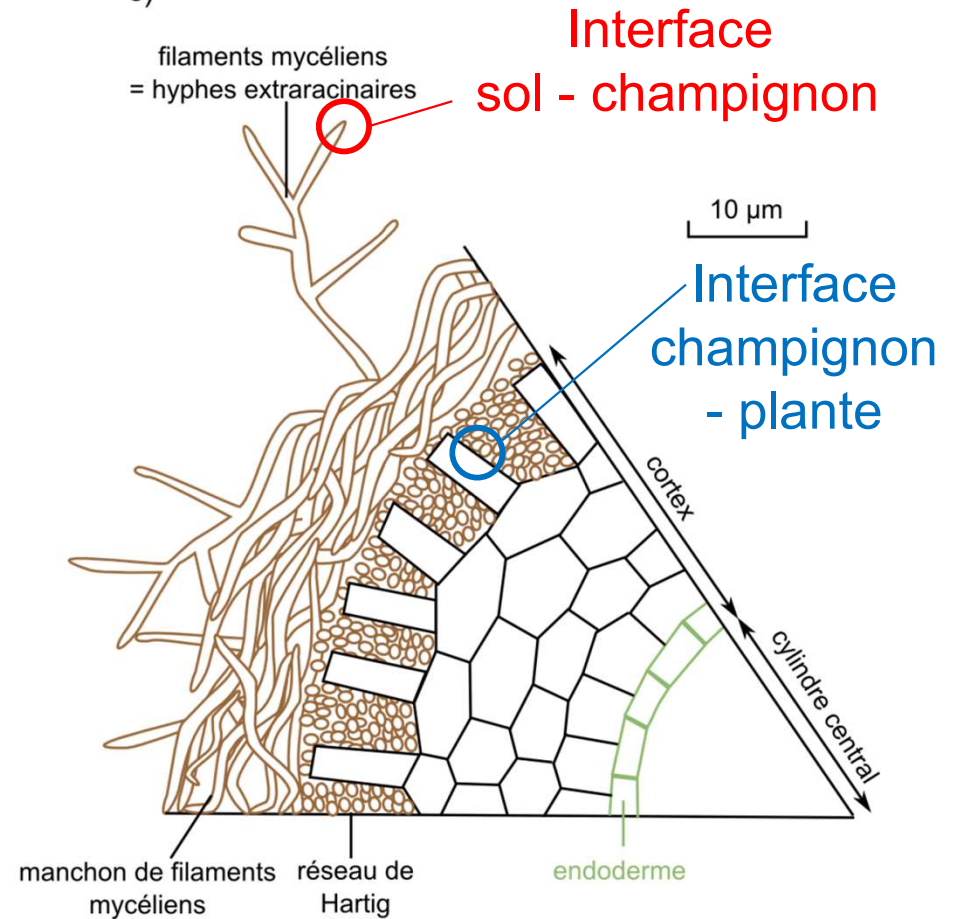
b. Vue externe des mycorhizes d'un arbre.

c. Schéma d'une coupe transversale d'une racine mycorhizée.

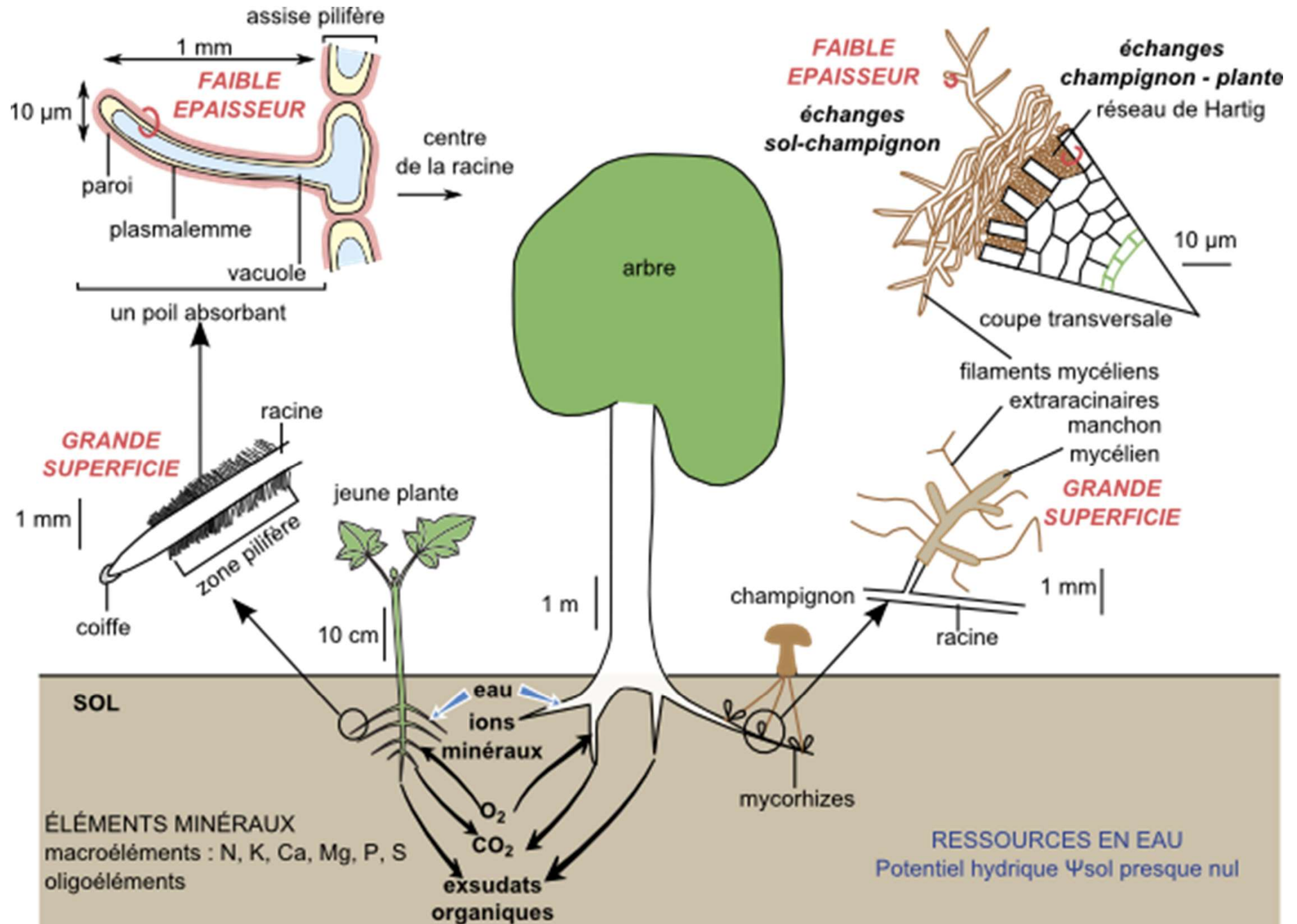
b)



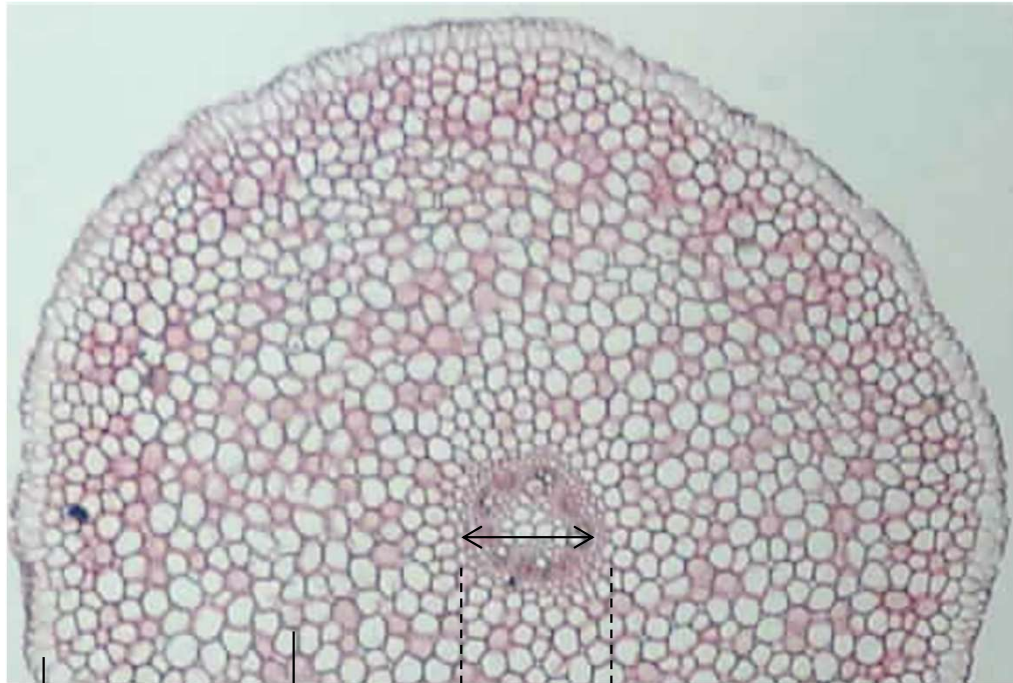
c)



Les surfaces d'échanges des Angiospermes avec le sol

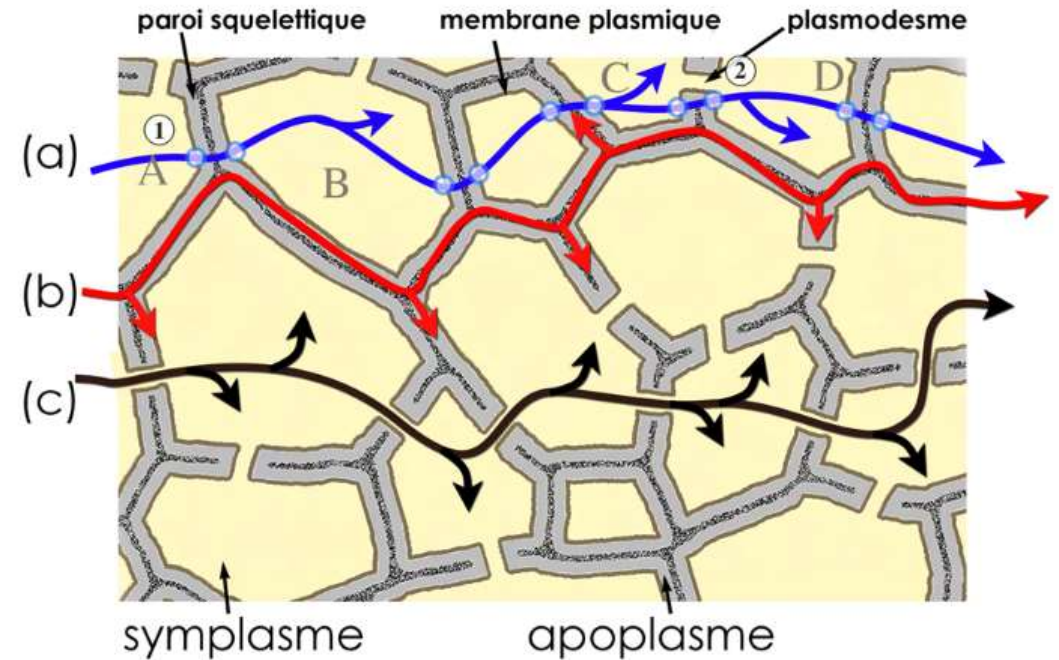


La double voie de circulation du sol au xylème de la racine



Rhizoderme
Écorce
Cylindre central

CT de racine de Renoncule



(b) La voie apoplasmique

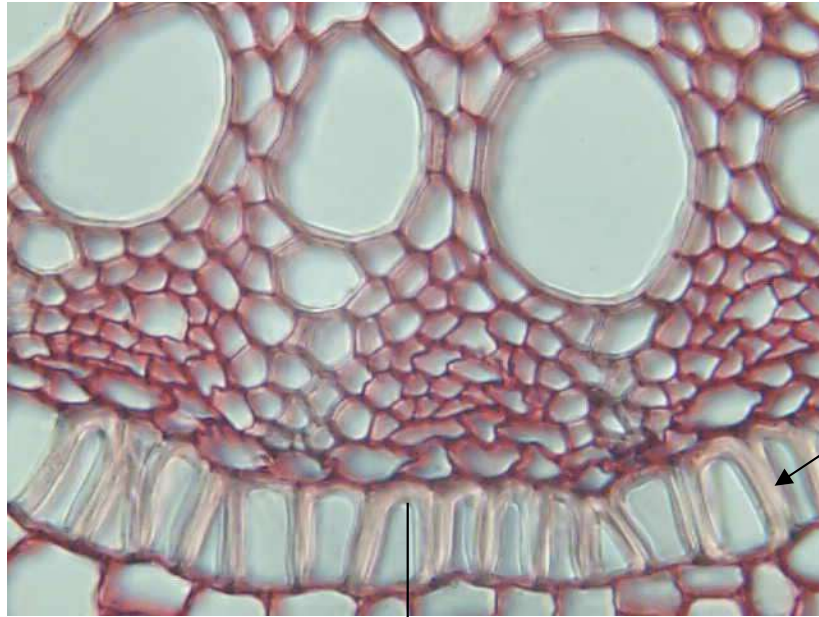
(c) La voie symplasmique

[(a) en traversant les cellules et les parois, passage obligé lorsque les cellules sont clairement disjointes, voie superflue dès lors qu'il existe des plasmodesmes]

(B. Anselme)

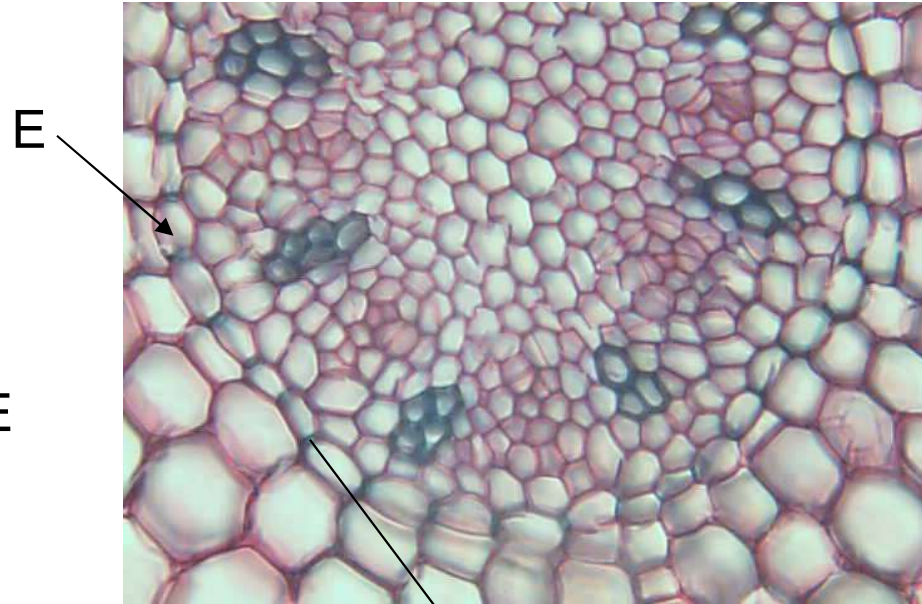
Interruption de la voie apoplasique à l'endoderme (E)

Iris

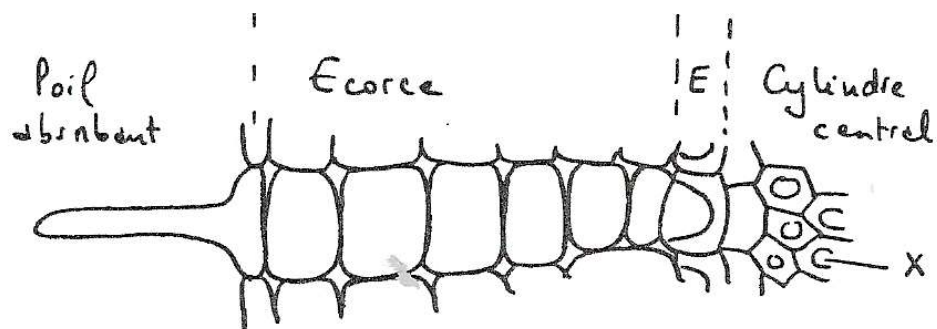


Épaississements subérifiés en U

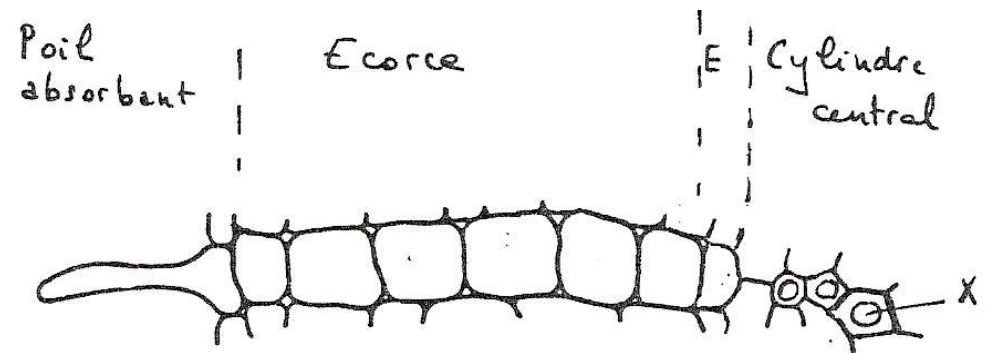
Ficaire



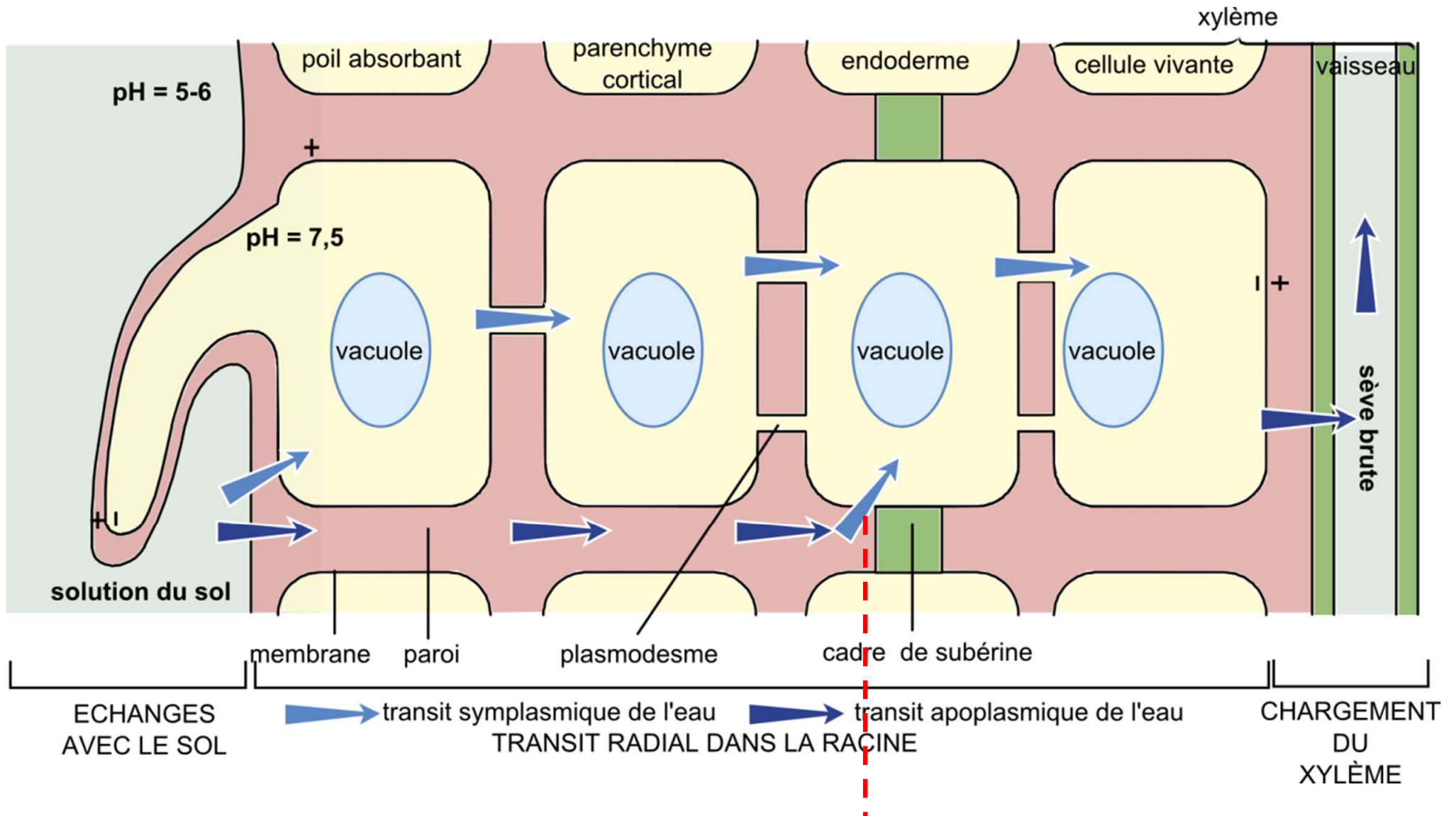
Cadre latéral



E = endoderme X = xylème



Document 6. La circulation de l'eau et des ions minéraux dans la racine.



Voie apoplasmique interrompue à l'endoderme

Le **potentiel hydrique des cellules** a deux composantes :

-le **potentiel hydrostatique Ψ_h** , noté également **P** (**pression de turgescence**),

- le **potentiel osmotique Ψ_o** , noté **$-\Pi$** (opposé de la pression osmotique).

$$\Psi = \Psi_h + \Psi_o$$

$$- 0,5 \text{ Mpa} < \Psi_{\text{racine}} < - 0,1 \text{ Mpa}$$

$$- 0,05 \text{ MPa} < \Psi_{\text{sol}} < - 0,02 \text{ MPa}$$

$$\Psi_{\text{racine}} < \Psi_{\text{sol}}$$

Document 7. Concentrations ioniques dans des racines de Pois en milieu hydroponique.

		Concentrations (mM)						
Compartiment	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
Milieu	6	1	1	0,25	1	2	1	1
Tissus (c. mesurées)	6,5	75	8	3	2	28	7	21
Tissus (c. calculées*)	4	74	74	2700	10800	0,03	0,014	0,014

* À l'équilibre et pour un potentiel membranaire de – 110 mV

Document 7. Concentrations ioniques dans des racines de Pois en milieu hydroponique.

		Concentrations (mM)						
Compartiment	pH	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
Milieu	6	1	1	0,25	1	2	1	1
Tissus (c. mesurées)	6,5	75	8	3	2	28	7	21
Tissus (c. calculées*)	4	74	74	2700	10800	0,03	0,014	0,014

* À l'équilibre et pour un potentiel membranaire de – 110 mV

K⁺ : à l'équilibre

cations activement expulsés des cellules

anions activement absorbés par les cellules

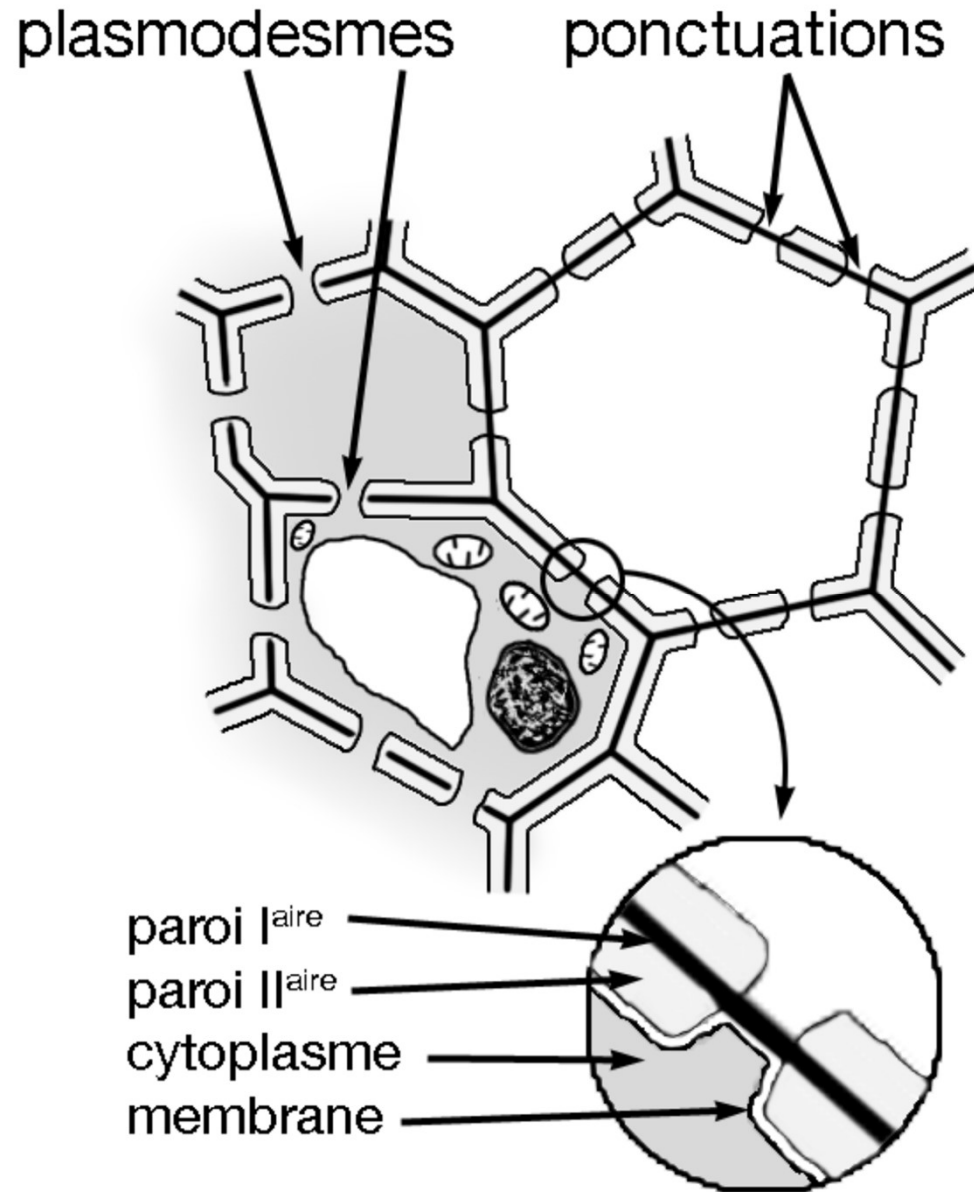
Etude expérimentale du transport de H⁺

Des racines d'orge excisées sont placées dans différentes conditions.
Le pH du milieu est mesuré.

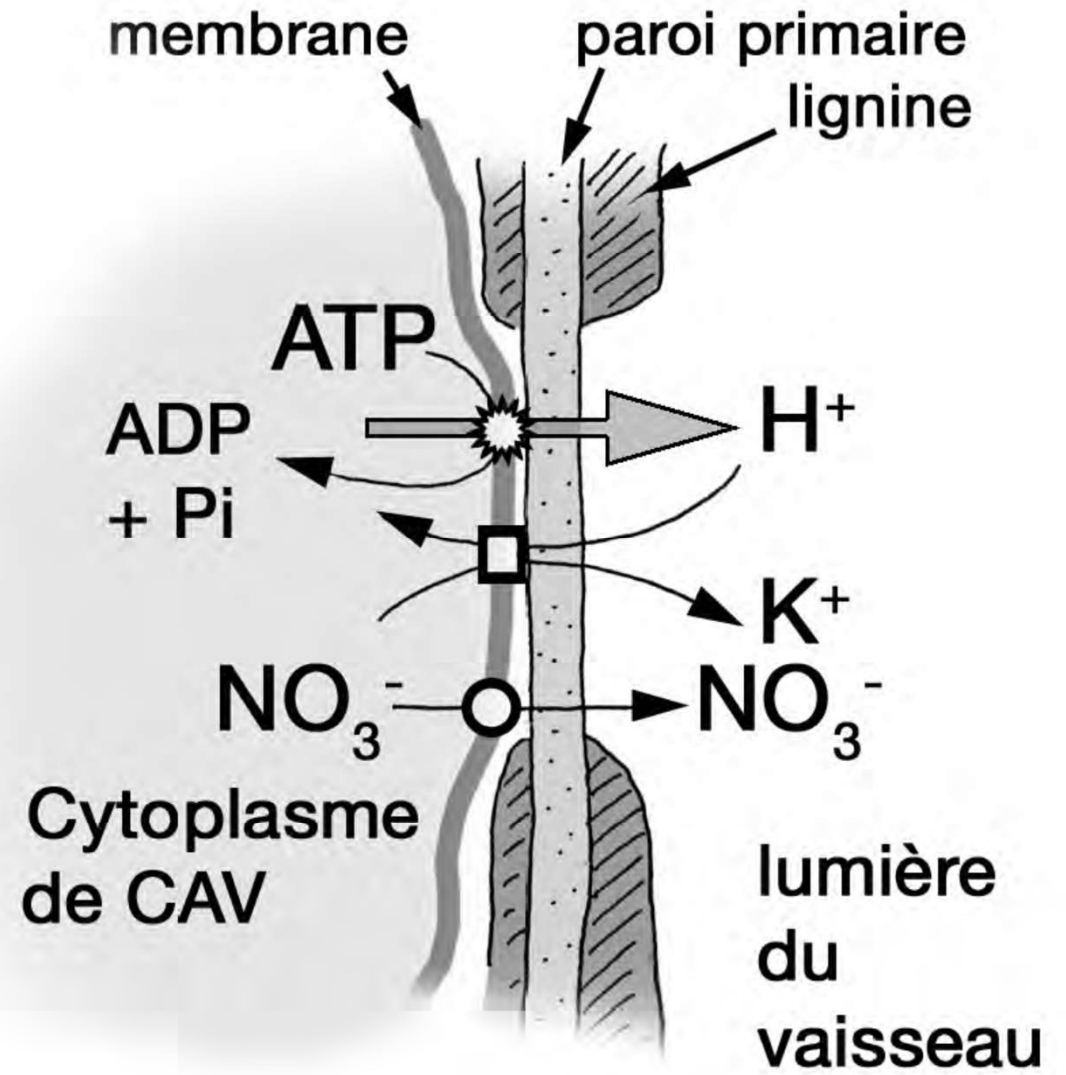
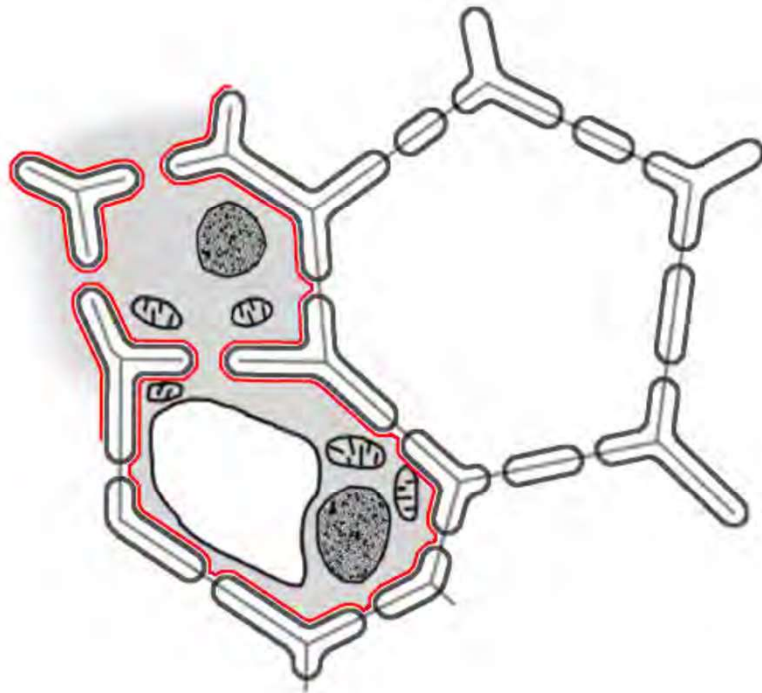
Ces racines sont incapables d'absorber Ca²⁺ et SO₄²⁻ mais elles absorbent K⁺.

Condition expérimentale	Observations
Solution aérée de CaSO ₄	Le pH de la solution reste neutre
Solution aérée de K ₂ SO ₄	Le pH de la solution diminue
Solution de K ₂ SO ₄ O ₂ remplacé par N ₂	Le pH de la solution reste neutre
Solution aérée de K ₂ SO ₄ + vanadate (inhibiteur des H ⁺ -ATPases membranaires)	Le pH de la solution reste neutre

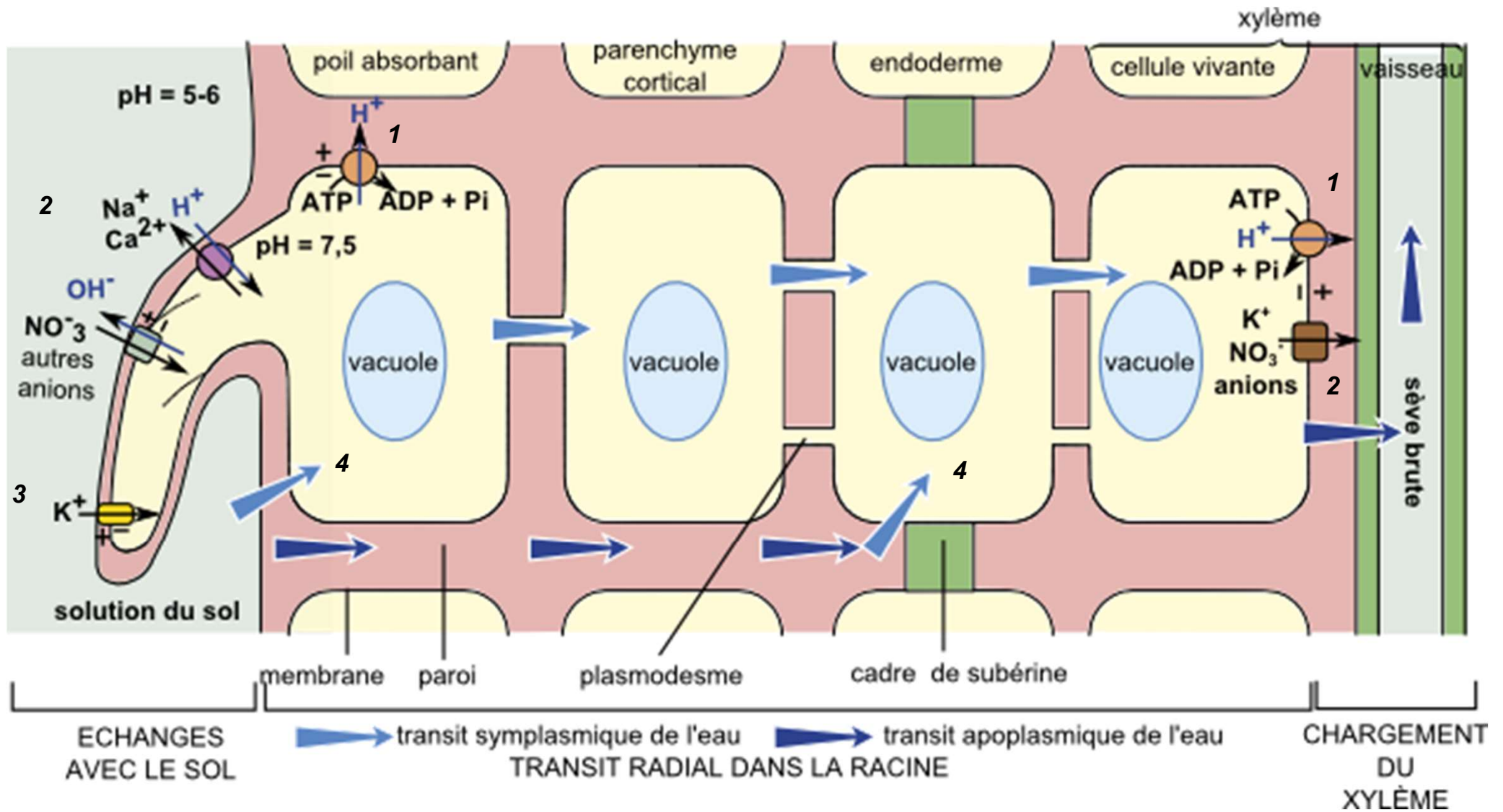
La transition symplasme – xylème : au niveau de ponctuations



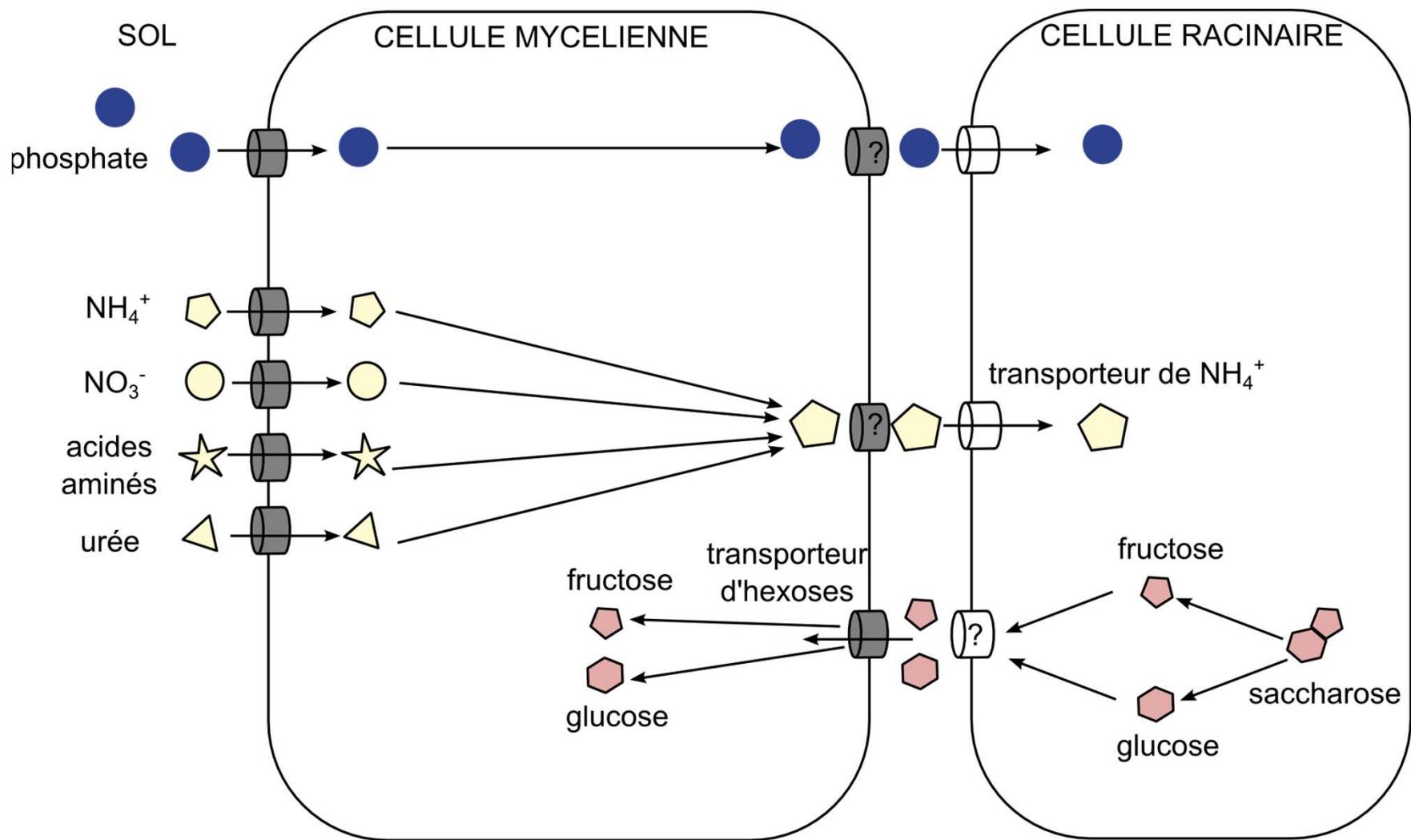
La charge du xylème



Document 6. La circulation de l'eau et des ions minéraux dans la racine.

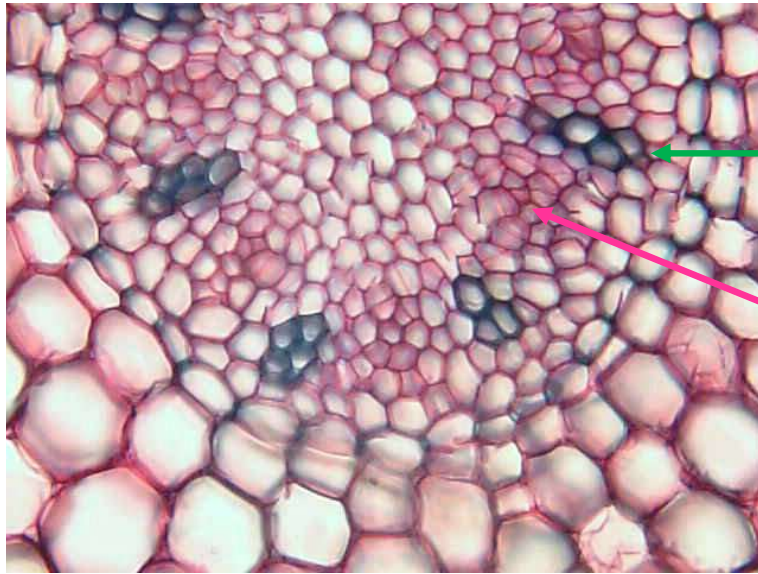


Document 8. Les principaux échanges au sein d'une mycorhize.



- transporteur du champignon
- transporteur des cellules racinaires
- transporteur non encore identifié

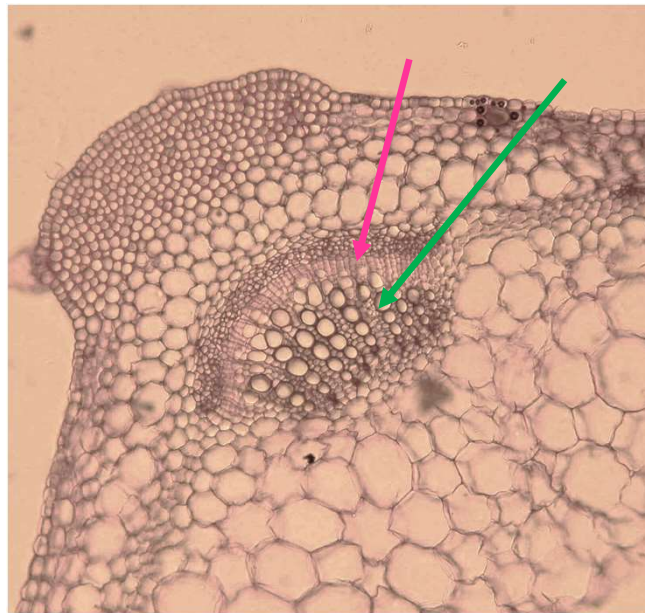
Le xylème dans les différents organes de la plante



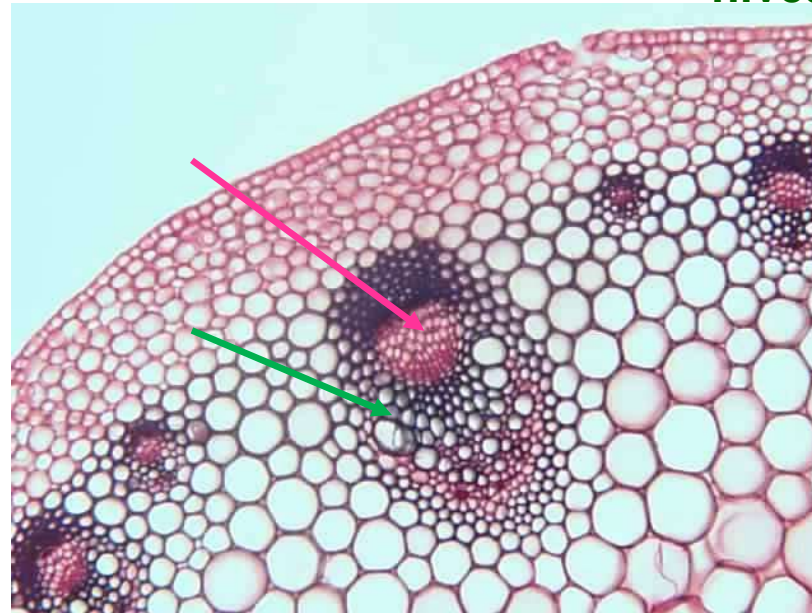
CT racine de Ficaire, cylindre central



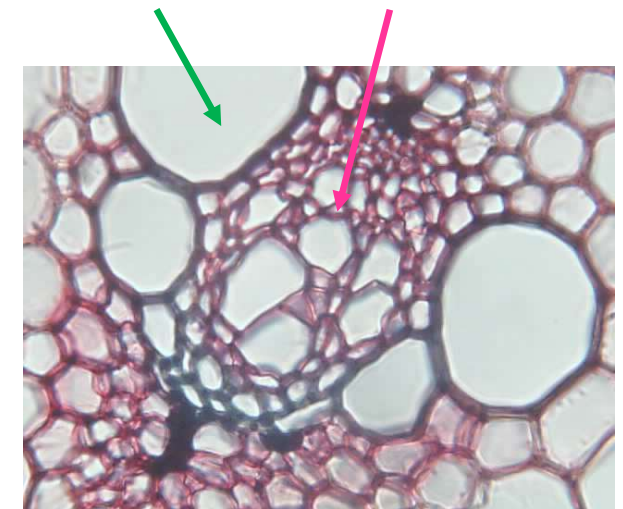
CT d'une feuille de houx au niveau de la nervure principale



CT tige de Lamier

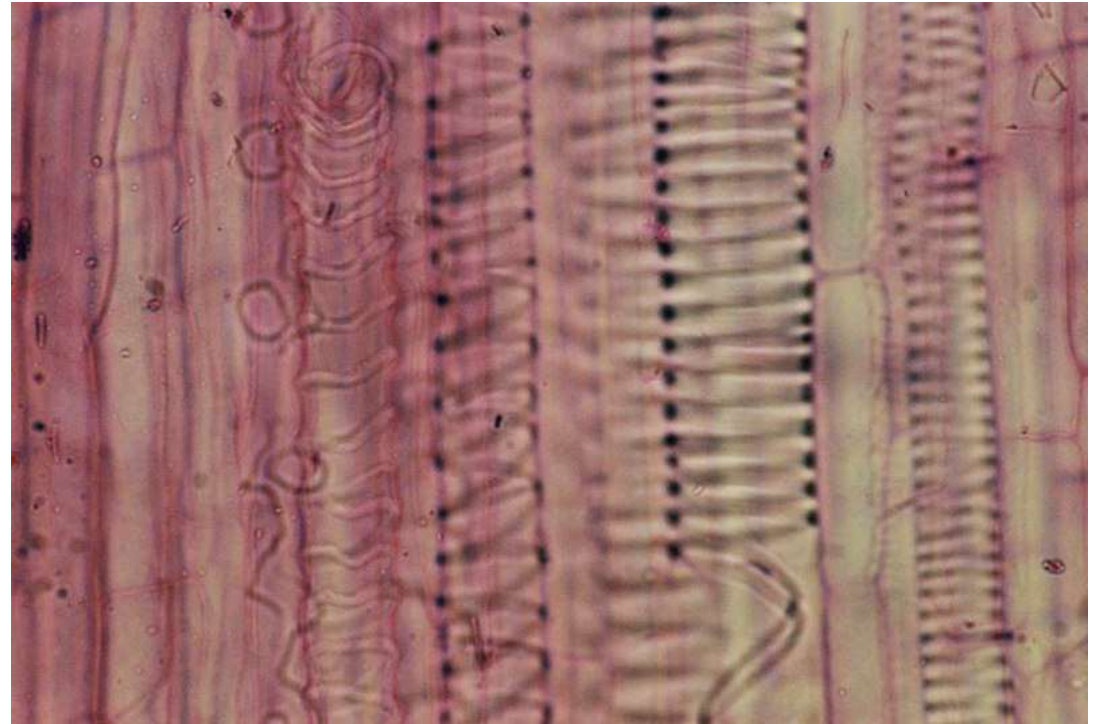
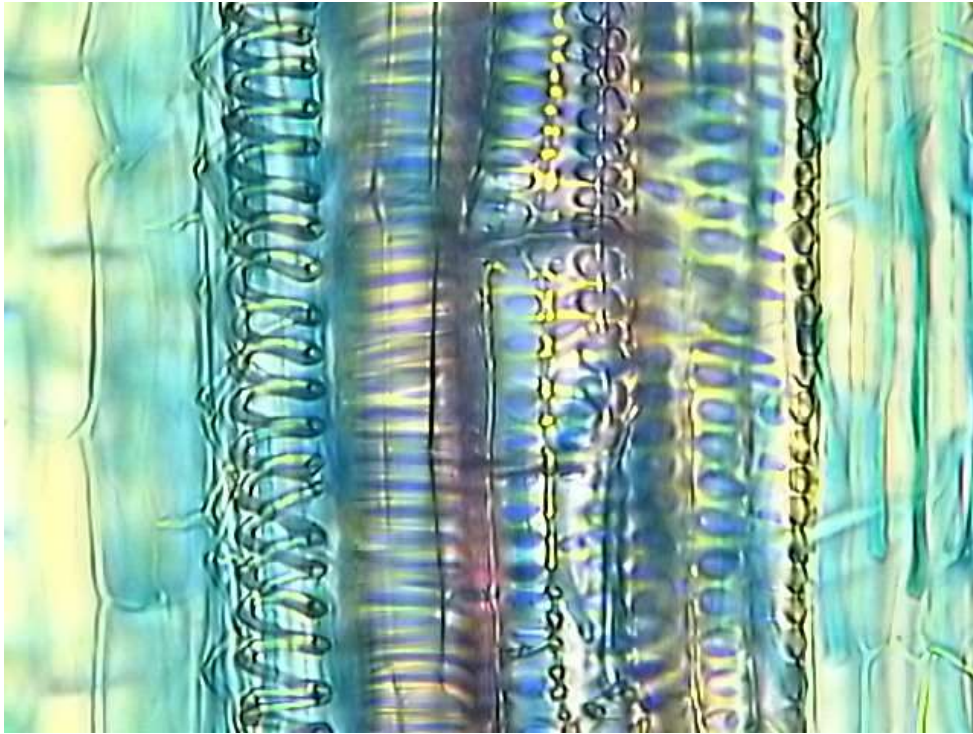


CT tige de renoncule



CT tige d'Asperge : détail

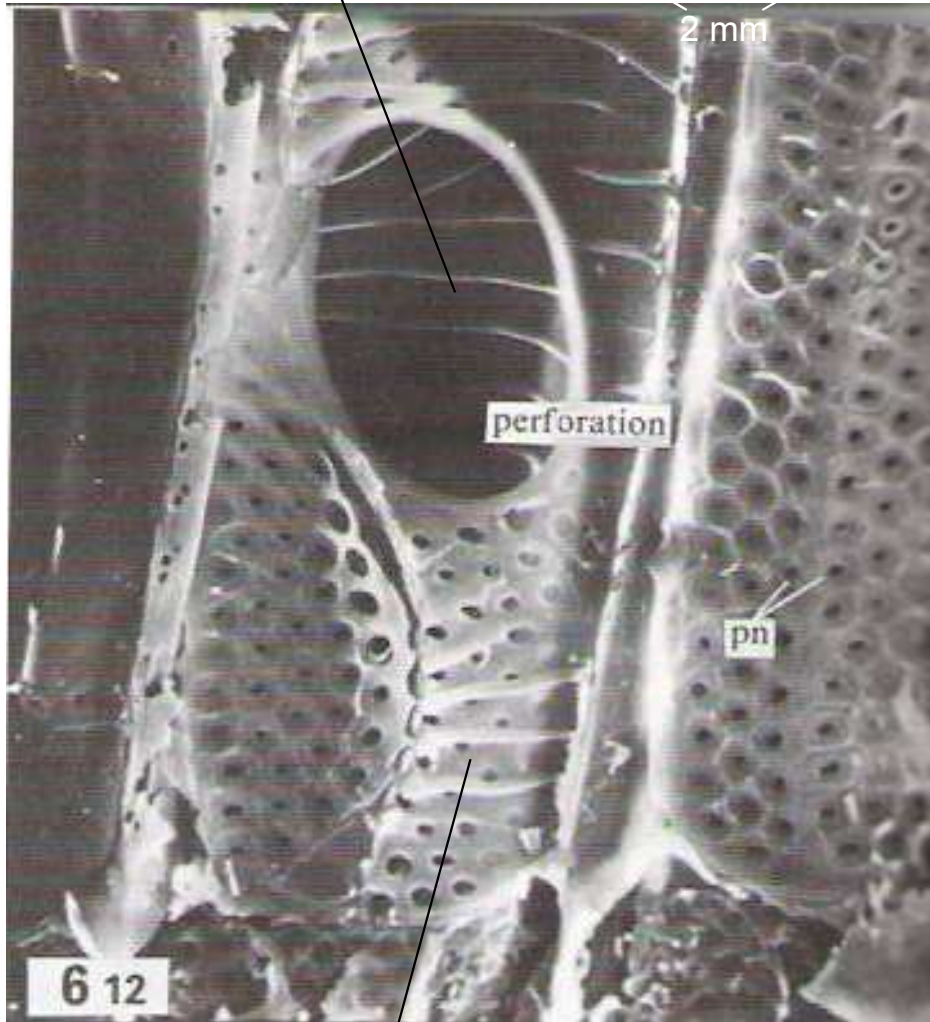
Les tissus conducteurs : le xylème



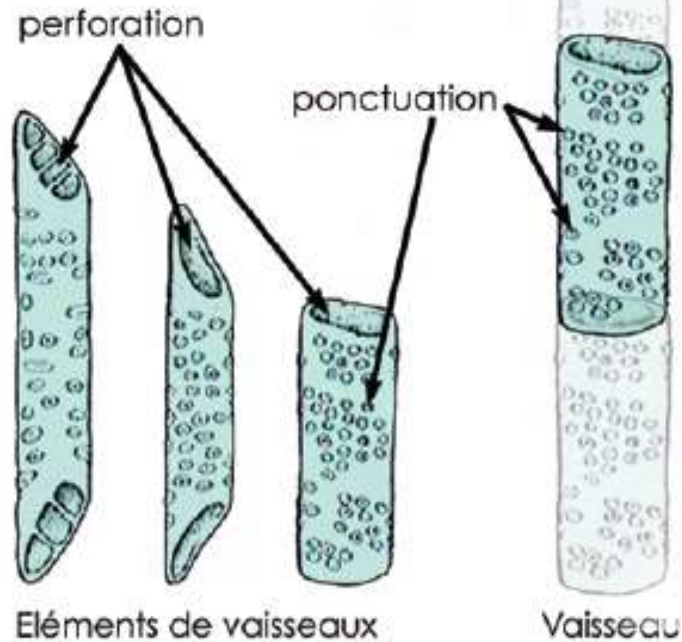
**Coupe longitudinale au niveau du xylème :
éléments conducteurs annelés, spiralés,
rayés, réticulés, ponctués.**

Vaisseaux vrais du tilleul (MEB)

Paroi terminale : perforation



Paroi latérale : ponctuation



Perforations

Il n'est pas question ici de membrane plasmique. Nous avons affaire aux **cellules mortes du xylème**. Les perforations sont de gigantesques béances entre deux éléments conducteurs.

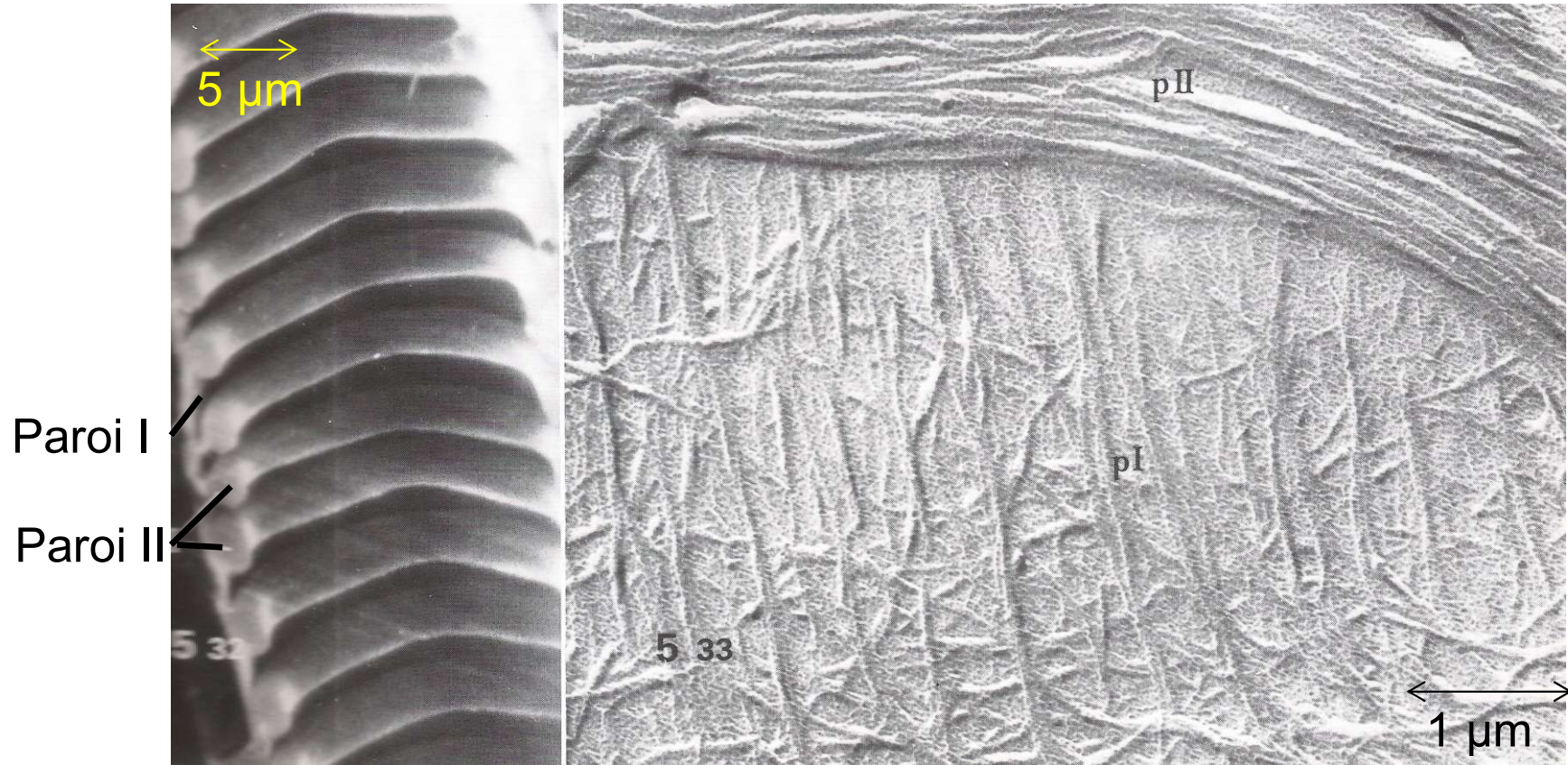
Ponctuations

Les ponctuations ne sont **pas des trous**. Ce sont des zones amincies de la paroi qui n'est plus réduite qu'à sa paroi primaire, cellulosique (et donc perméable à l'eau).

(B. Anselme)

Vue de détail de la paroi d'une trachéide annelée

Roland & Roland. Atlas de biologie végétale. Dunod 1989 page 53



Les différents types de vaisseaux du xylème

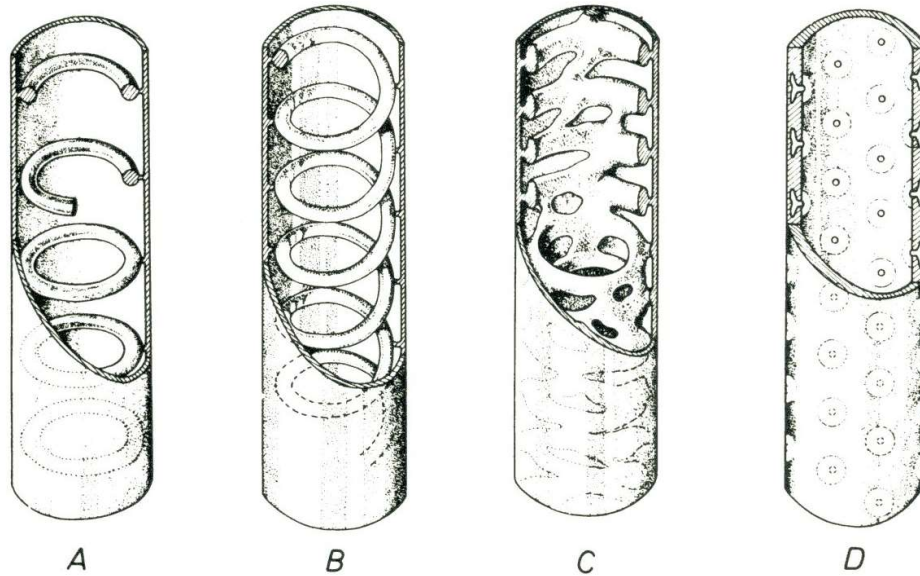
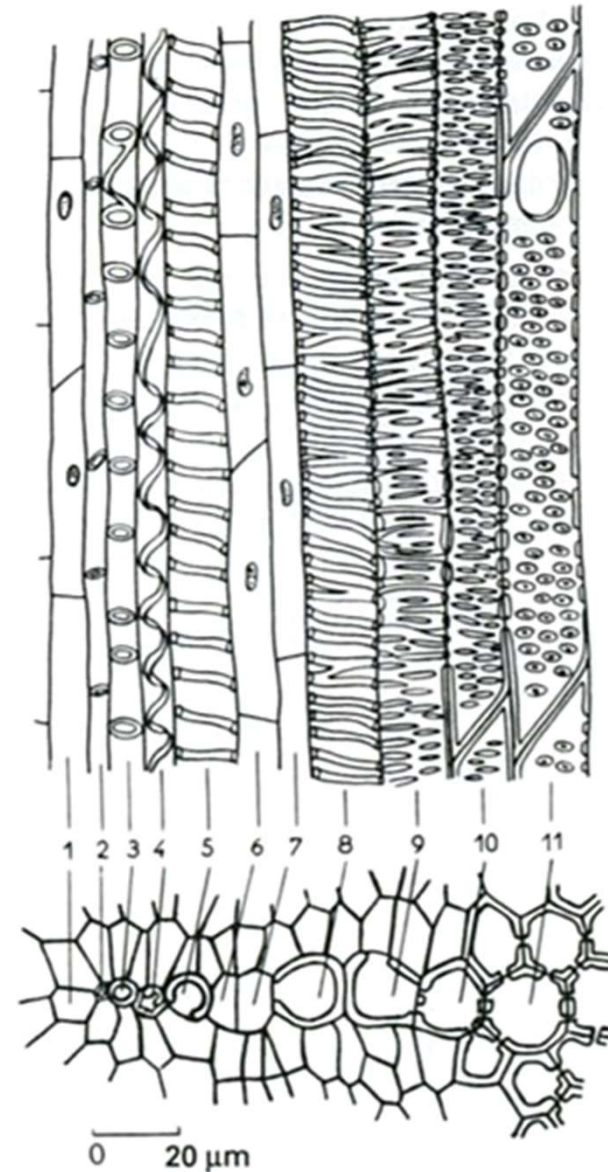


FIG. 4,25. — *Types de vaisseaux* : A : annelé ; B : spiralé ; C : réticulé ; D : ponctué. Tous ces vaisseaux ont été représentés ouverts longitudinalement à leur partie supérieure (in NULTSCH, 1969).

FIG. 5,5. — *Protoxylème et métaxylème en sections longitudinale et transversale*. Les éléments annelés (2 et 3) et spiralés (4 et 5), à l'ornementation encore compatible avec une forte élongation cellulaire, constituent le protoxylème. Les éléments rayés (8), réticulés (9) et ponctué (10 et 11) forment le métaxylème (1, 6, 7, cellules parenchymateuses) (in GUINOCHET, 1965, d'après EAMES et MCDANIELS).



Document 9. Variations au cours du temps du diamètre de la tige et du flux de sève brute.

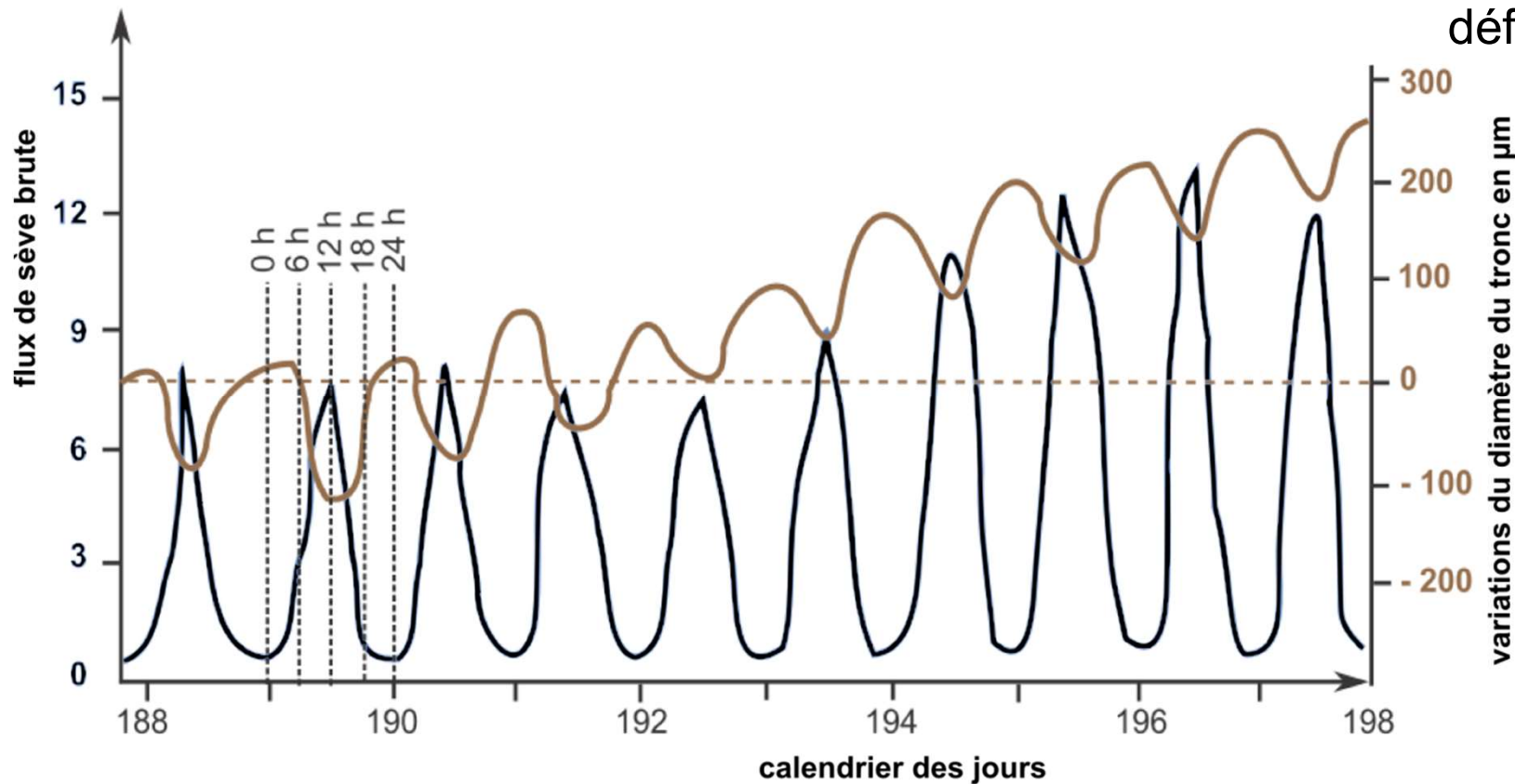


Capteur de vitesse



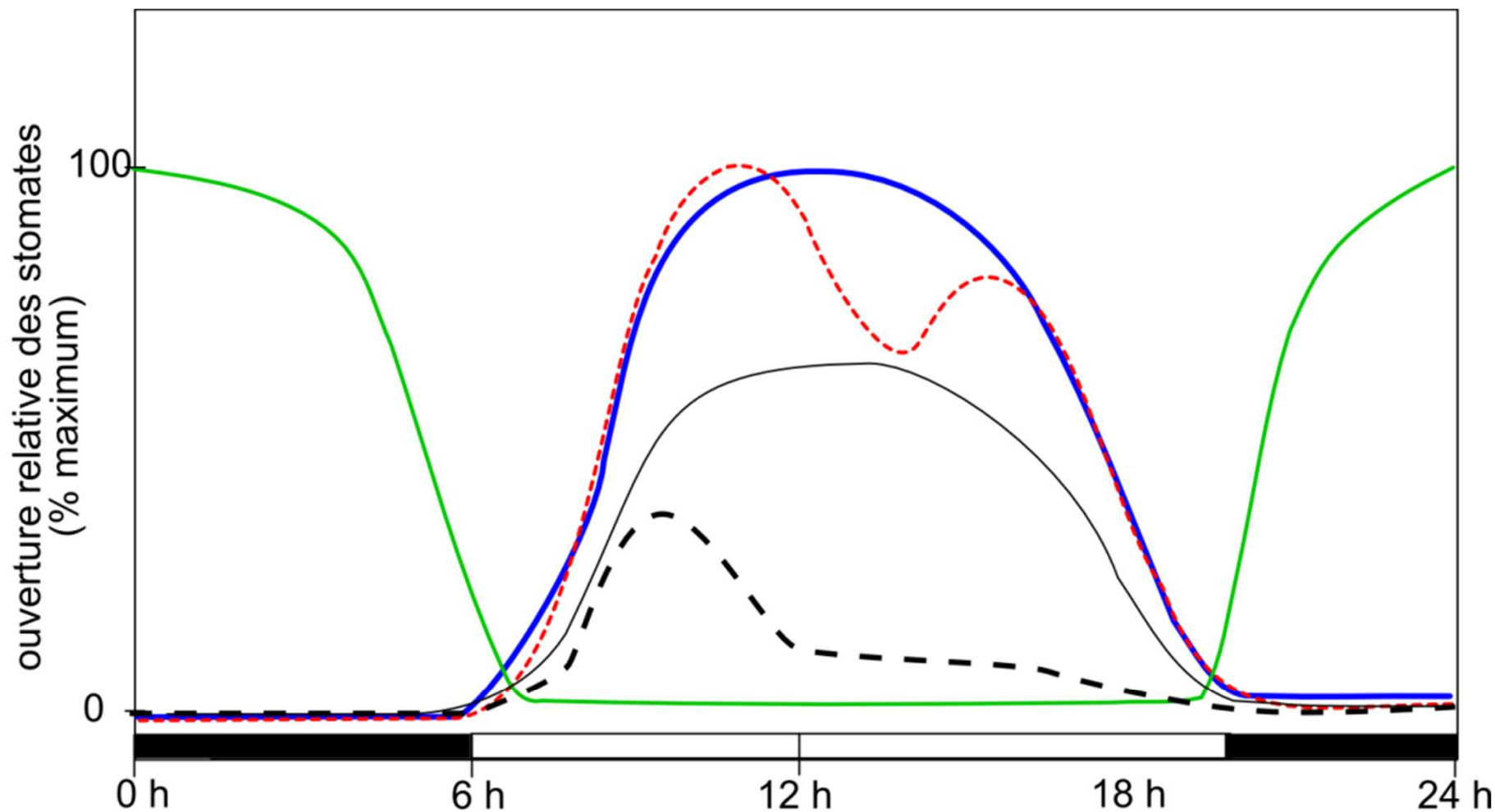
J.G. HUGUET - INRA

Capteur de déformations



Variations de l'ouverture des stomates au cours de la journée

(document 11c)



— plantes à métabolisme CAM

- - - plantes à "dépression de midi"

— comportement typique

— journée nuageuse

- - - stress hydrique

Document 11. Localisation de la transpiration.

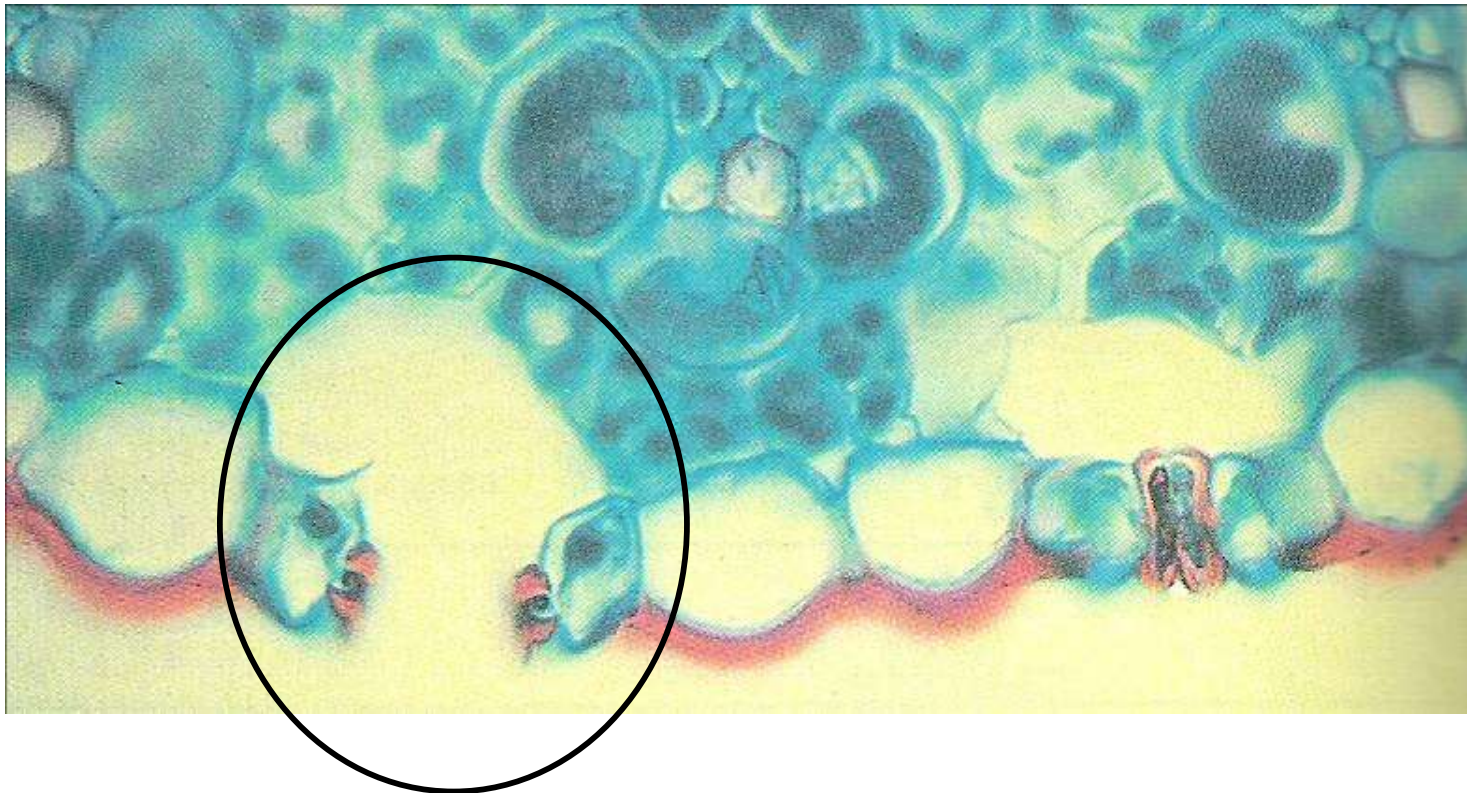
a – Mesures de la transpiration des deux faces d'une même feuille.

* champ du microscope = 0,2 mm²

** pour une surface transpirante de 40 cm²

		Nombre de stomates (par champ*)	Transpiration (mg / 24h)**
Dahlia	Face supérieure	22	500
	Face inférieure	30	600
Tilleul	Face supérieure	0	200
	Face inférieure	60	490
Lierre	Face supérieure	0	0
	Face inférieure	80	180

Document 11b. Structure d'un épiderme foliaire.



Coupe transversale du bord d'un limbe
(MO x 250)

Document 10. Aspiration de la sève brute par les feuilles (mécanisme de tension – cohésion).

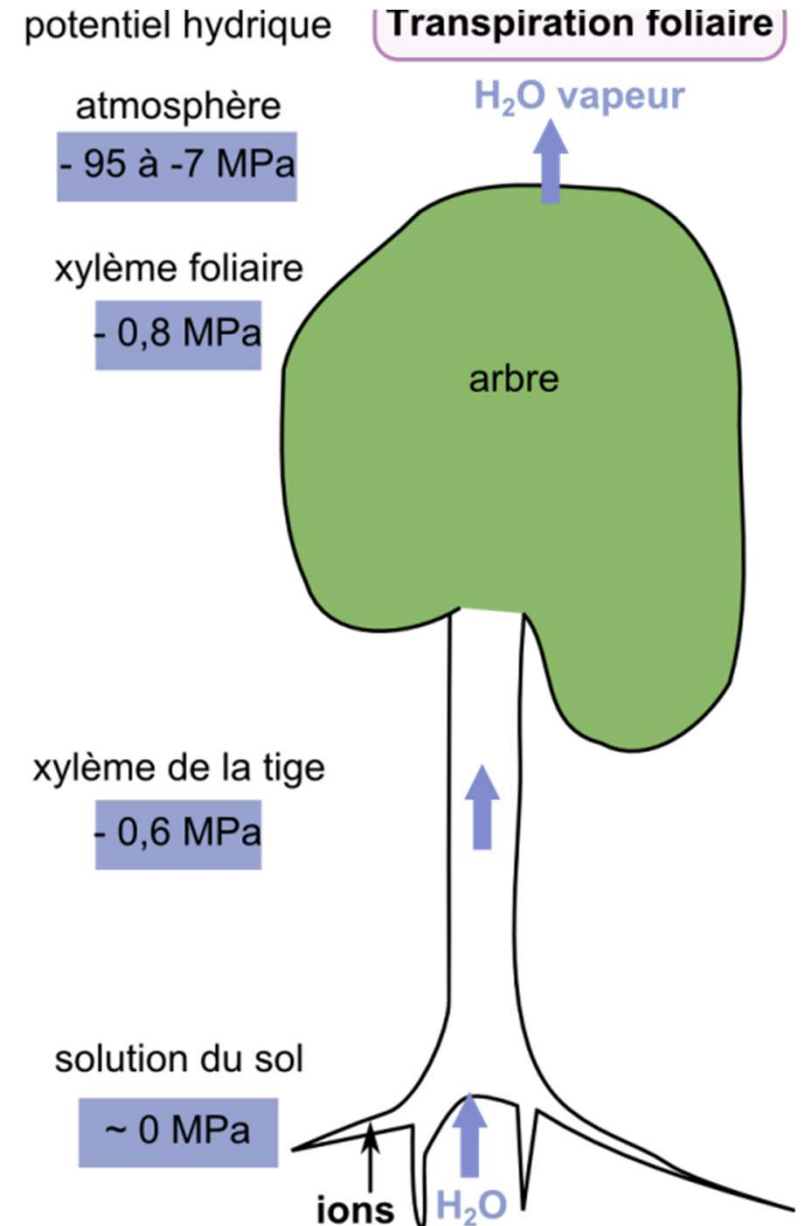
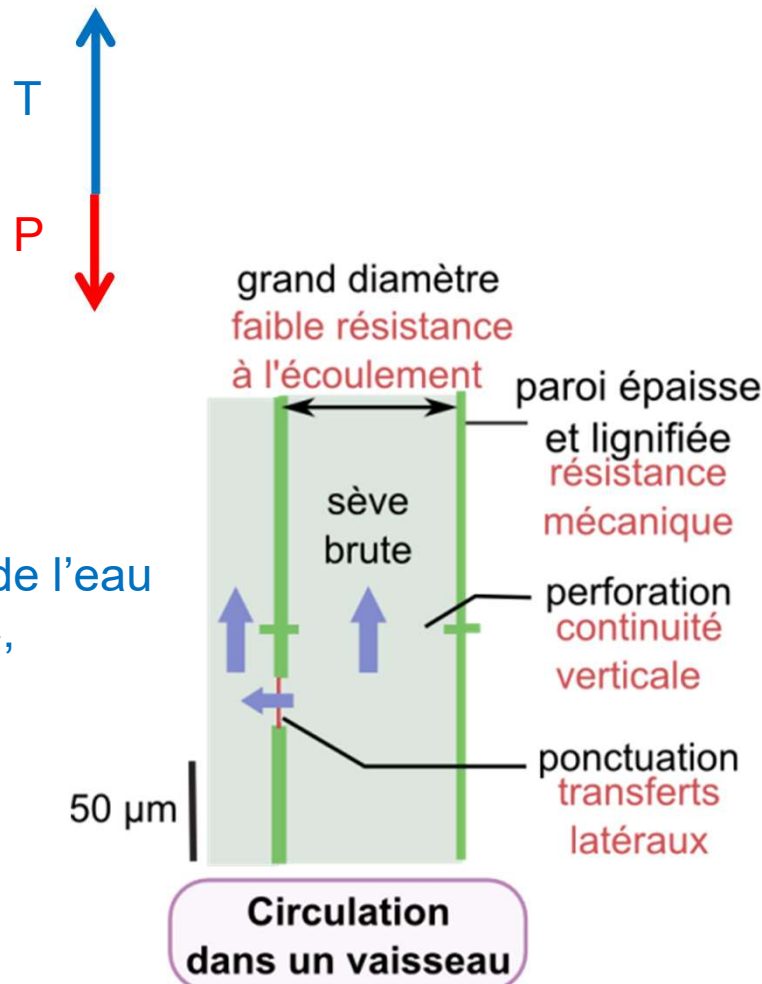
a. Gradient de potentiel hydrique entre l'air atmosphérique et la solution du sol.

T : ?

P : poids de la colonne de sève

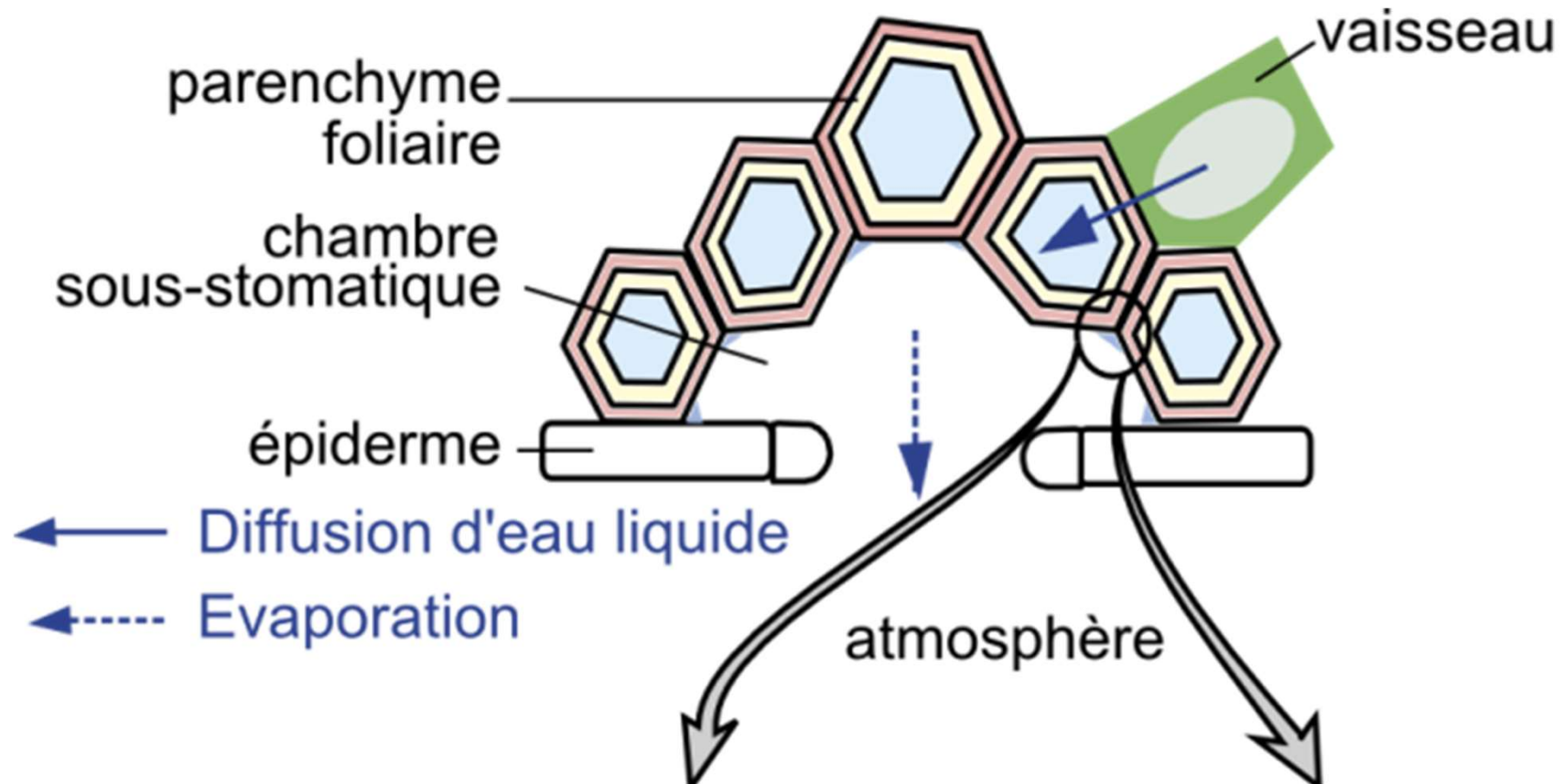
$$T = - 2 \gamma / r$$

γ : tension superficielle de l'eau
(pour l'eau pure à 20 °C,
 $\gamma = 7,3 \cdot 10^{-8}$ MPa.m)



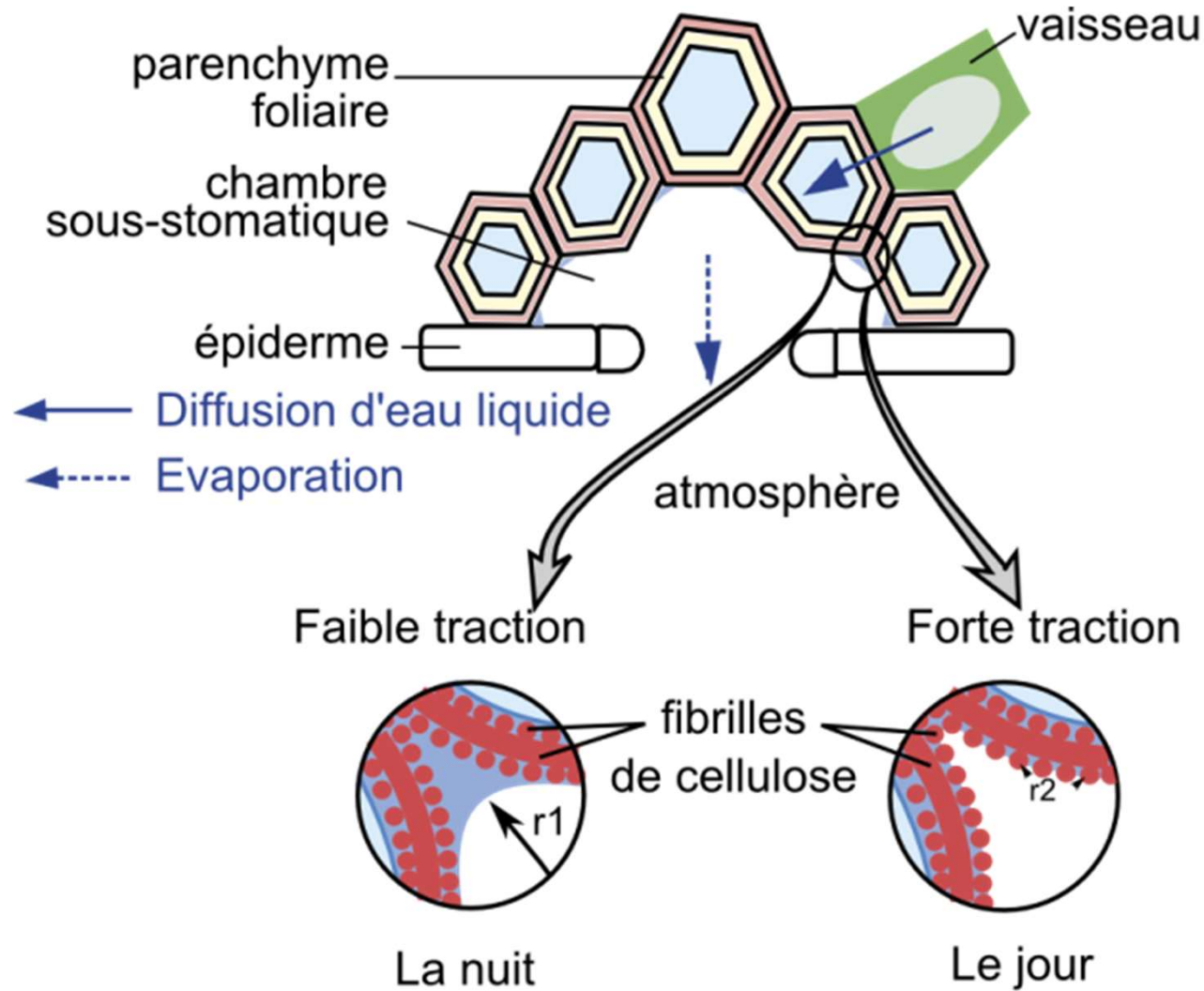
Document 10. Aspiration de la sève brute par les feuilles (mécanisme de tension – cohésion).

b. Détail des flux hydriques dans la chambre sous-stomatique.



Document 10. Aspiration de la sève brute par les feuilles (mécanisme de tension – cohésion).

c. Influence de l'état d'hydratation de la feuille sur le rayon des ménisques.



Pas de transpiration foliaire

→ Ménisques de grand rayon ($r_1 = 1 \mu\text{m}$)

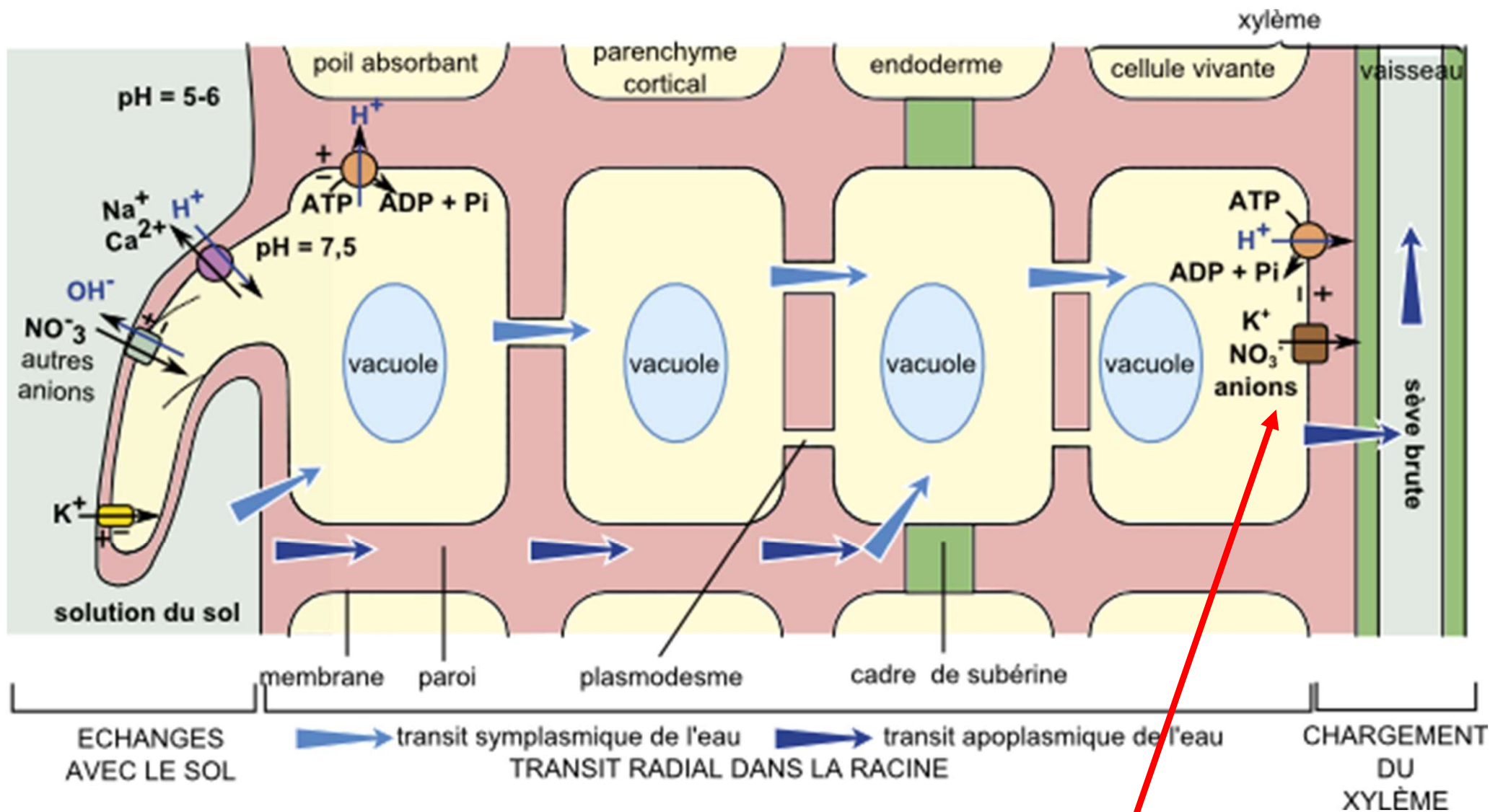
→ Faible traction

Importante transpiration foliaire

→ Ménisques de petit rayon ($r_2 = 0,01 \mu\text{m}$)

→ Forte traction

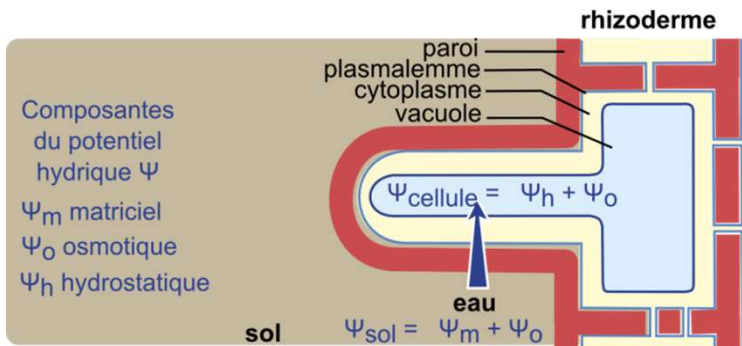
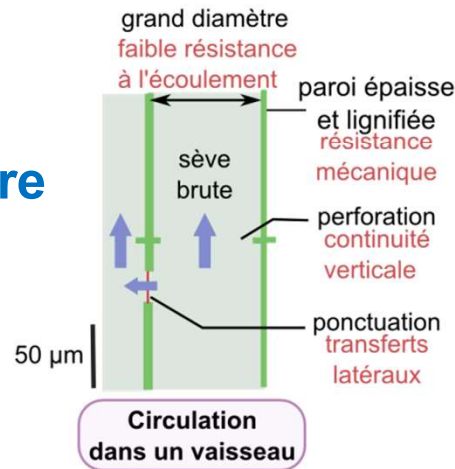
Document 6. La circulation de l'eau et des ions minéraux dans la racine.



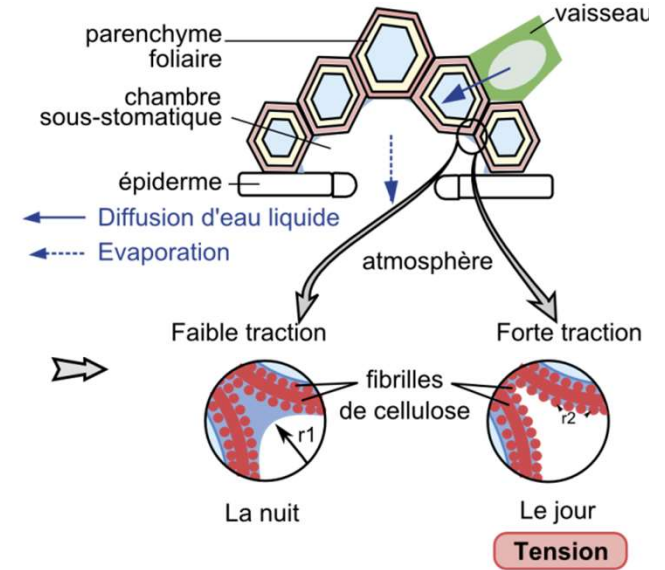
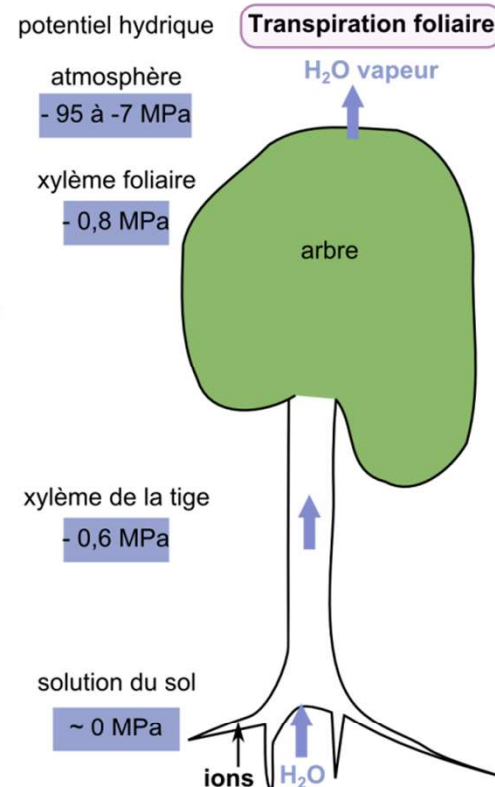
Sécration active d'ions
POUSSEE RACINAIRE

Les mécanismes de l'ascension de la sève brute

La nuit :
mise sous
pression par la
poussée racinaire

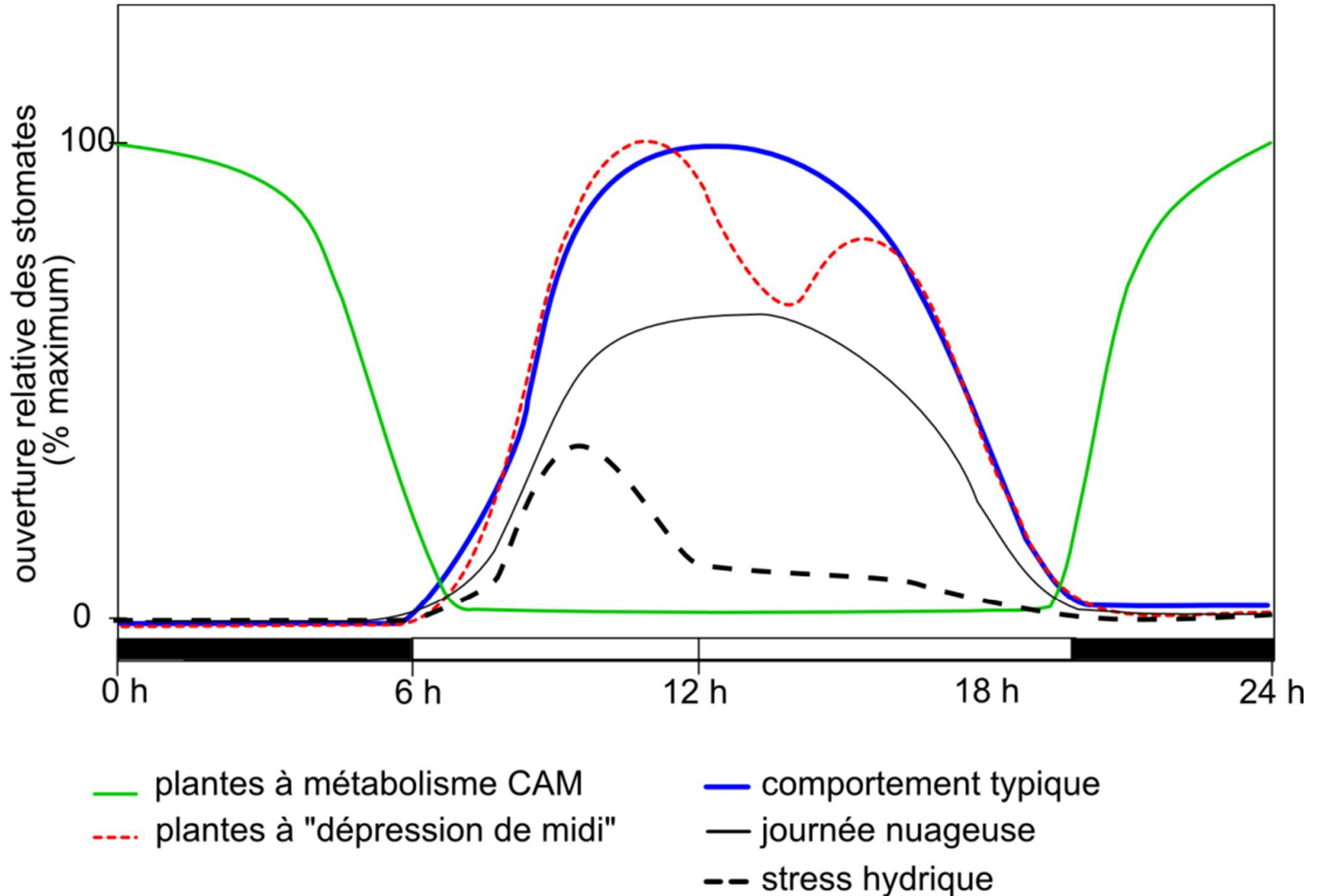


Absorption racinaire \Rightarrow Poussée racinaire



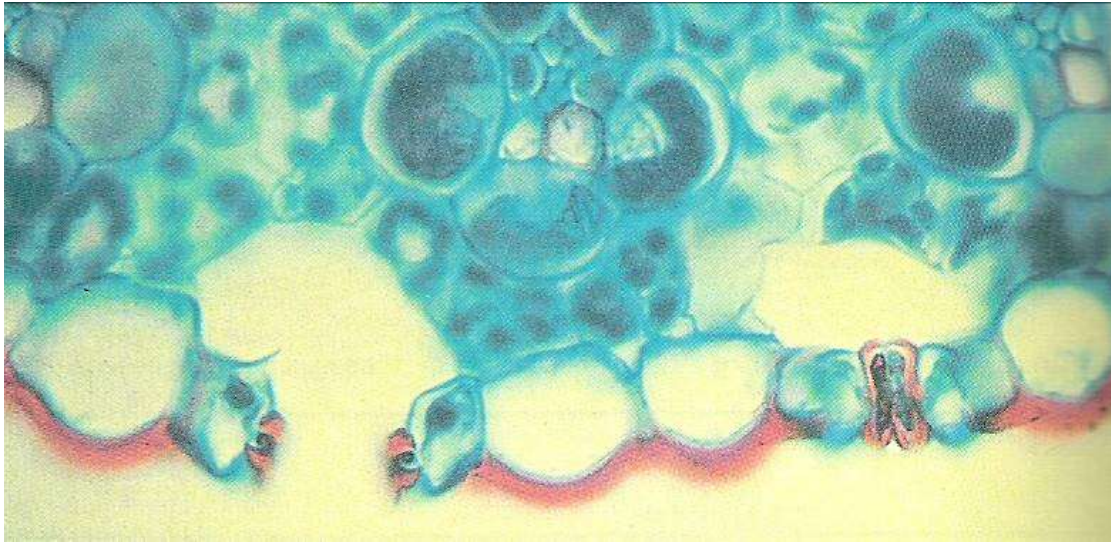
Le jour :
aspiration
consécutif à la
transpiration
foliaire

Document 11c. Influence des facteurs du milieu sur l'ouverture des stomates.

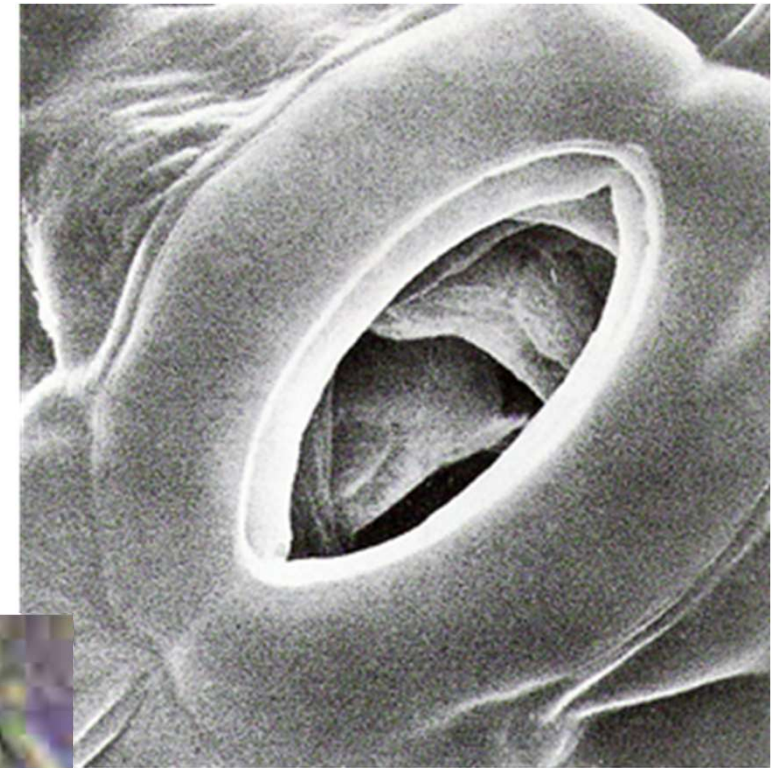


Document 11b. Structure d'un épiderme foliaire.

Coupe transversale du bord d'un limbe (MO x 250)



Vue de dessus d'un stomate (MEB x 900)



cellules de garde (x2)
(chlorophylliennes)

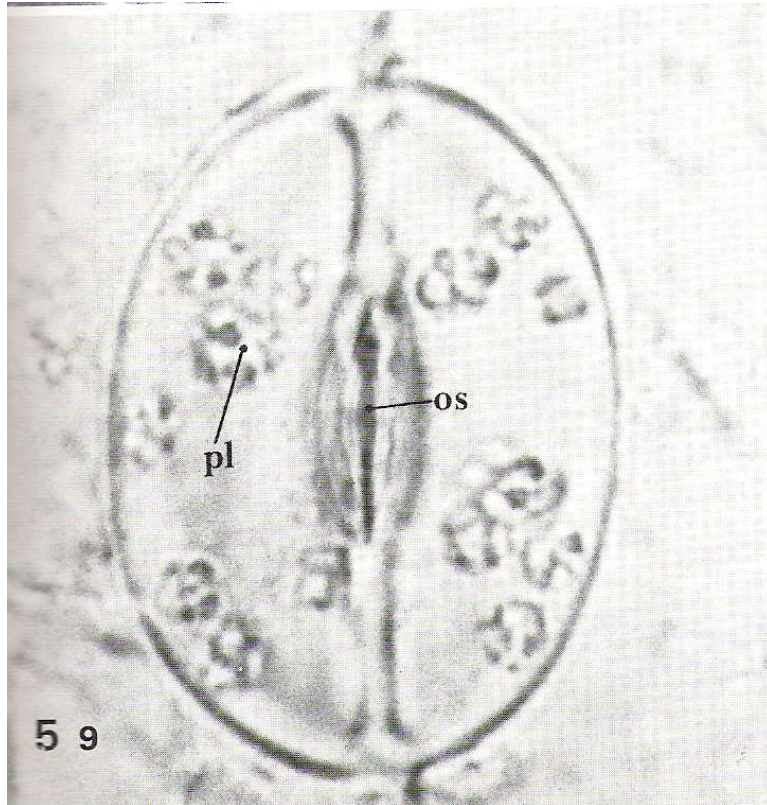
parois épaissies des cellules de
garde bordant l'ostiole (fermé)

Stomate de feuille de Begonia
(dicotylédone) vu de face

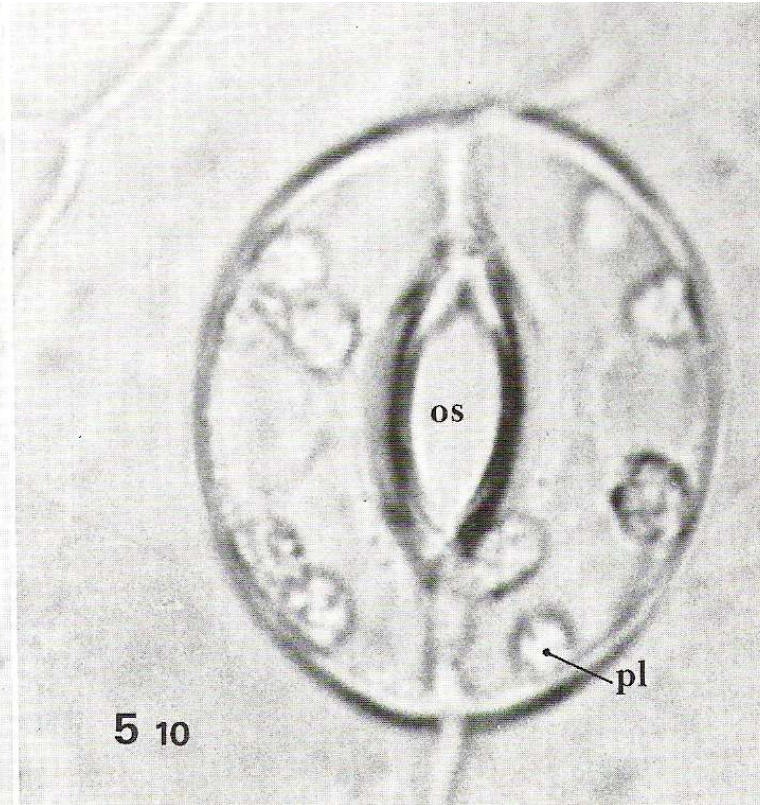


cellules épidermiques
(sans chloroplastes)

Stomate à l'obscurité



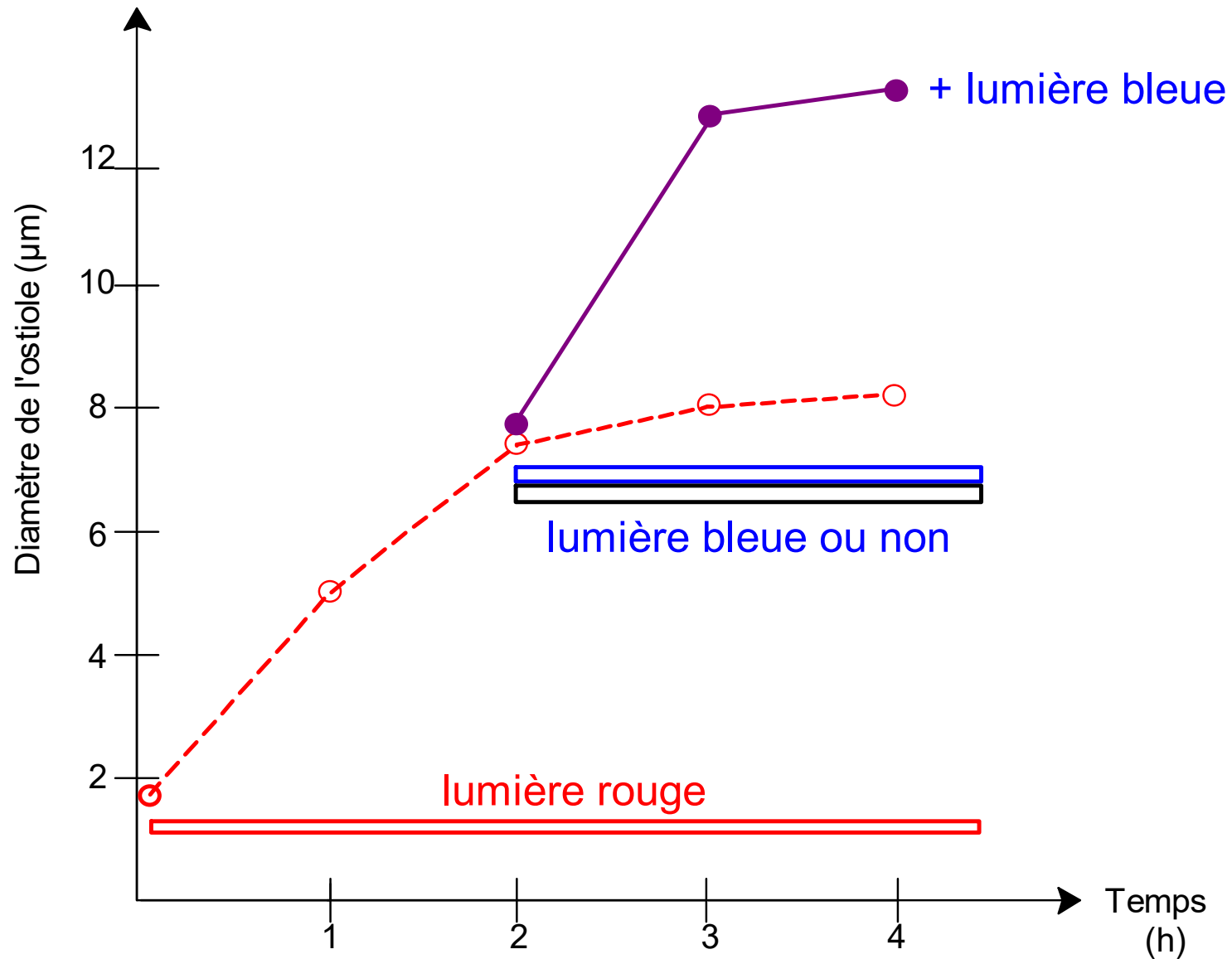
Stomate à la lumière



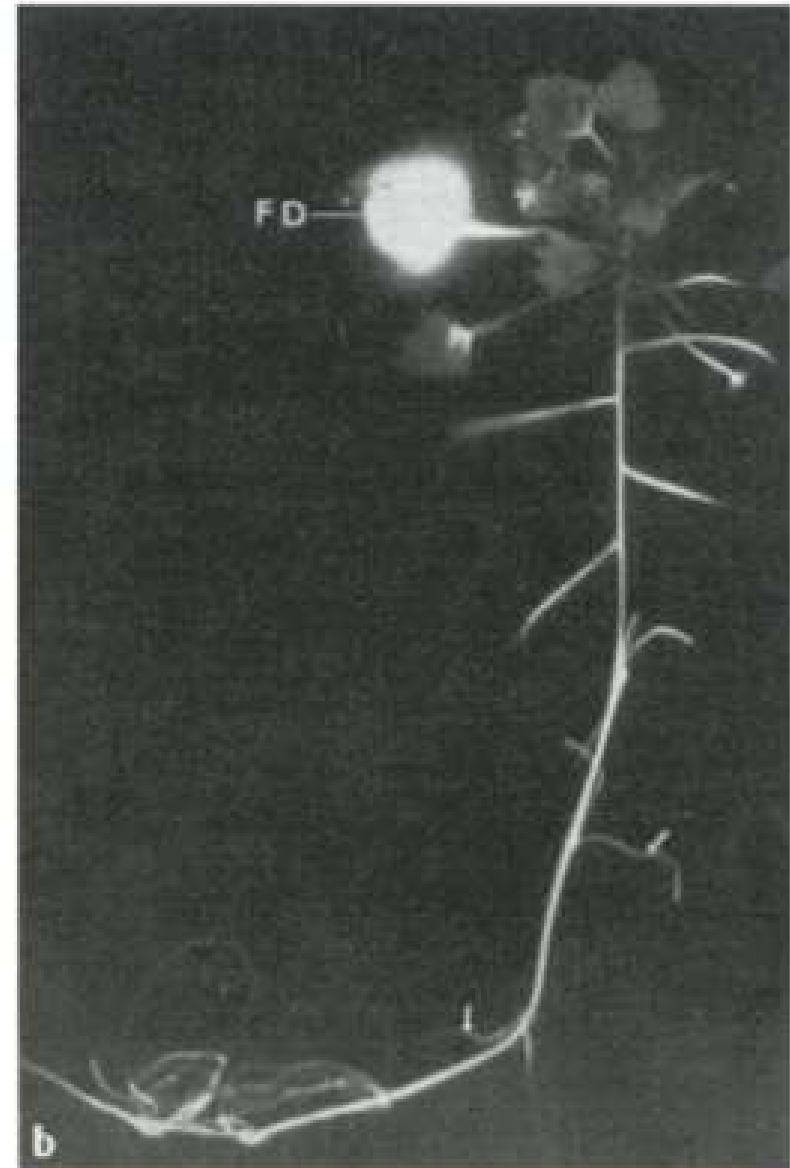
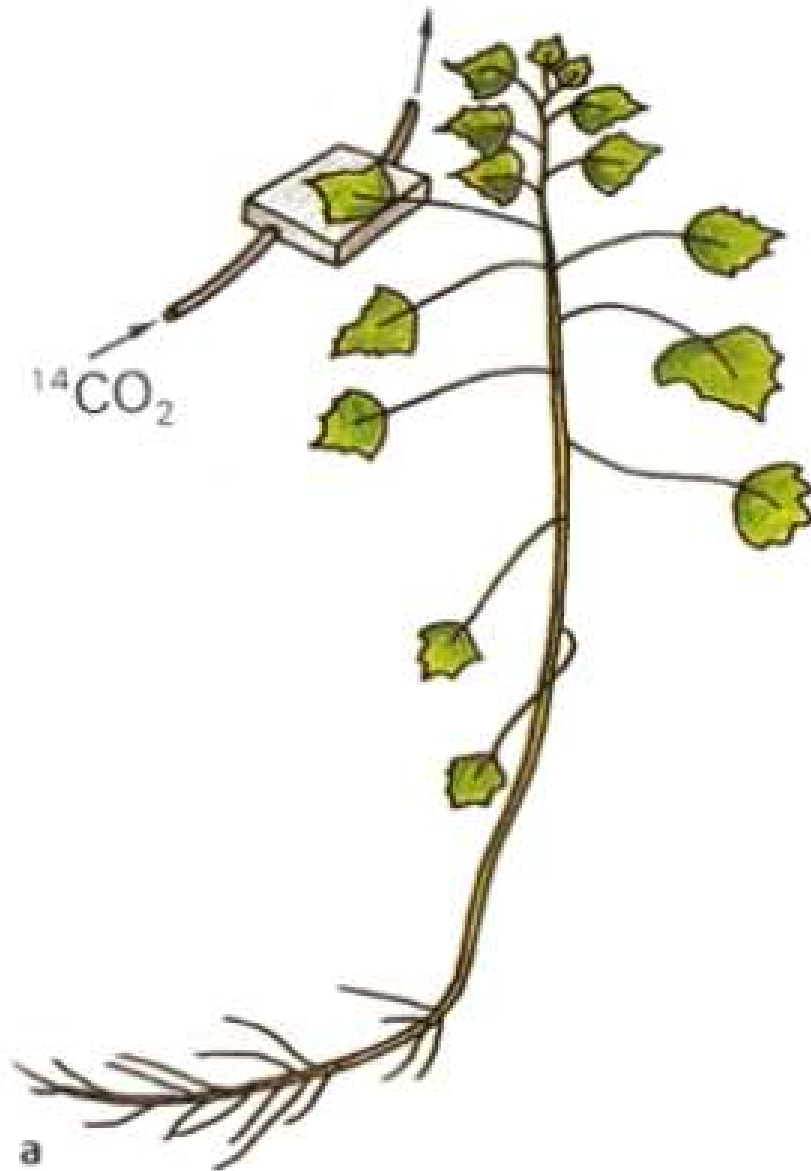
pl : chloroplastes

os : ostiole

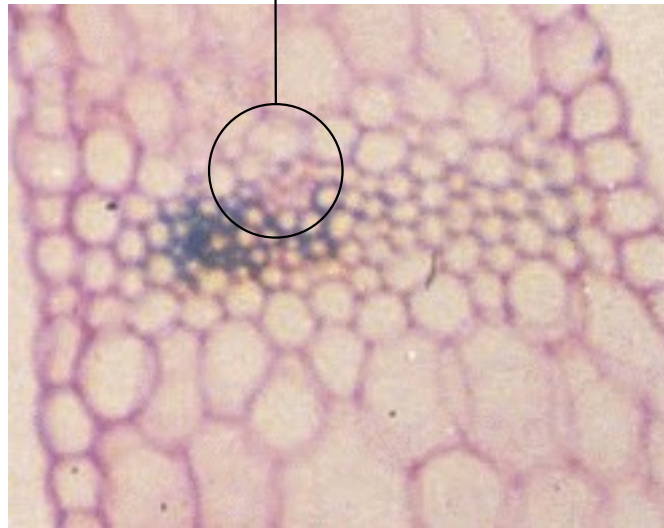
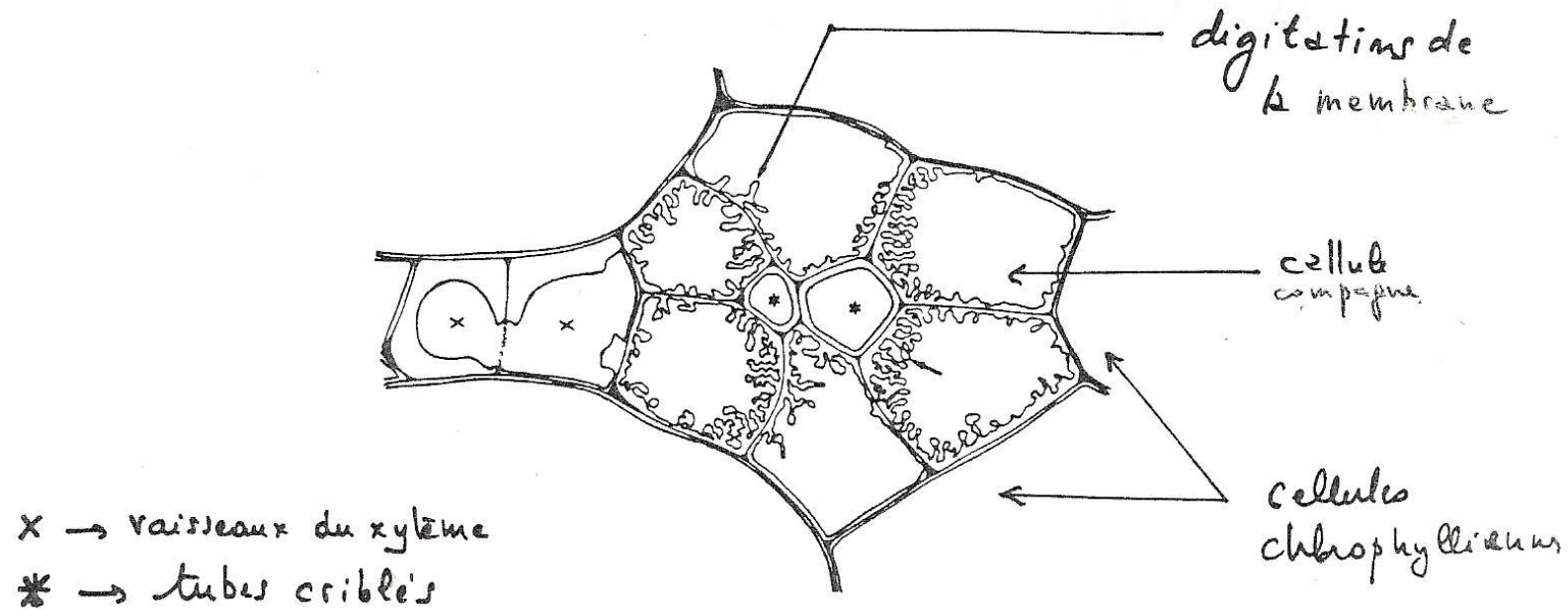
Document 12. Mise en évidence de l'action de la lumière sur l'ouverture des stomates.



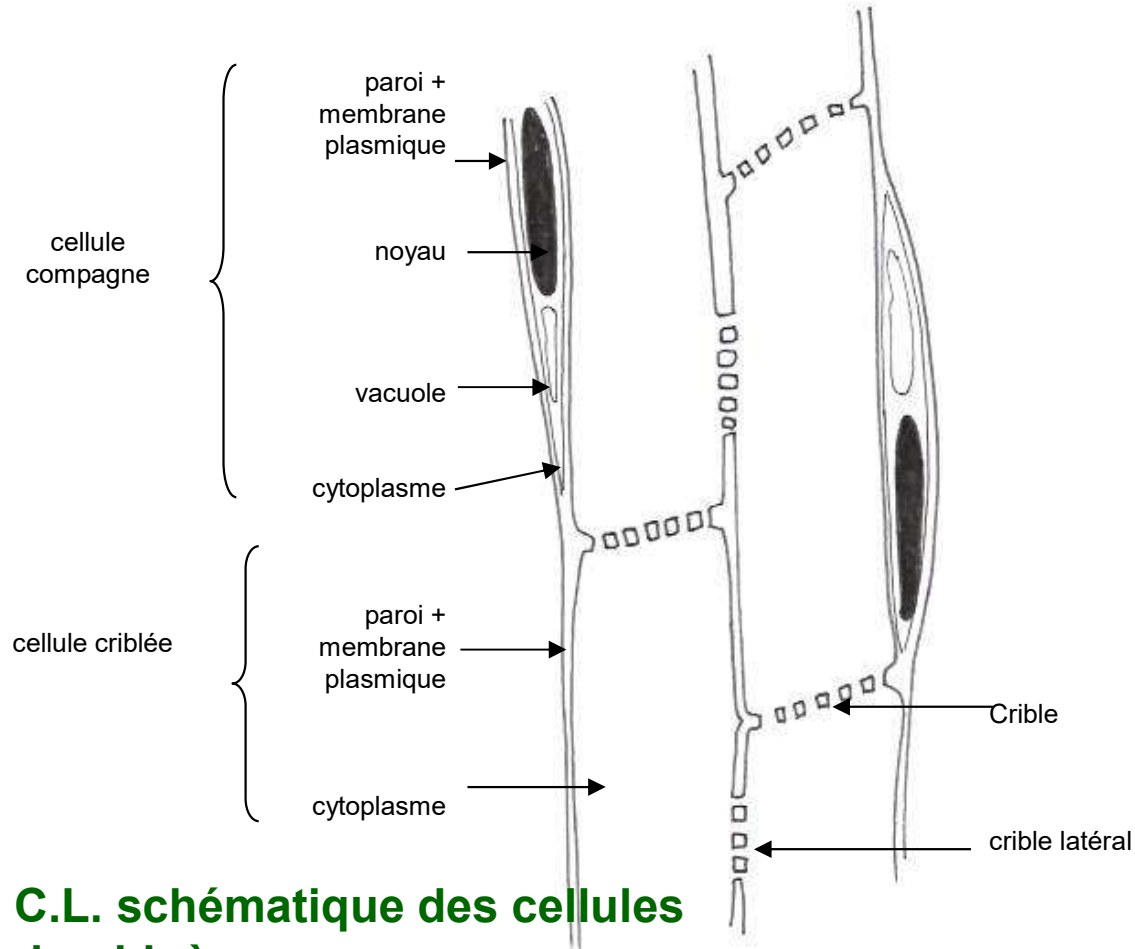
Mise en évidence de la distribution des photosynthétats



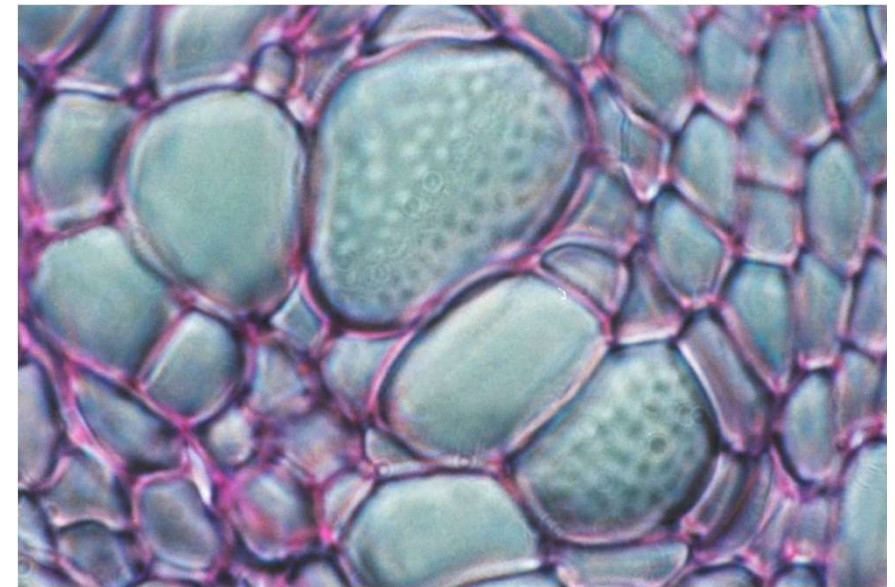
Document 13. Dessin d'interprétation d'une électronographie d'une petite nervure en CT.



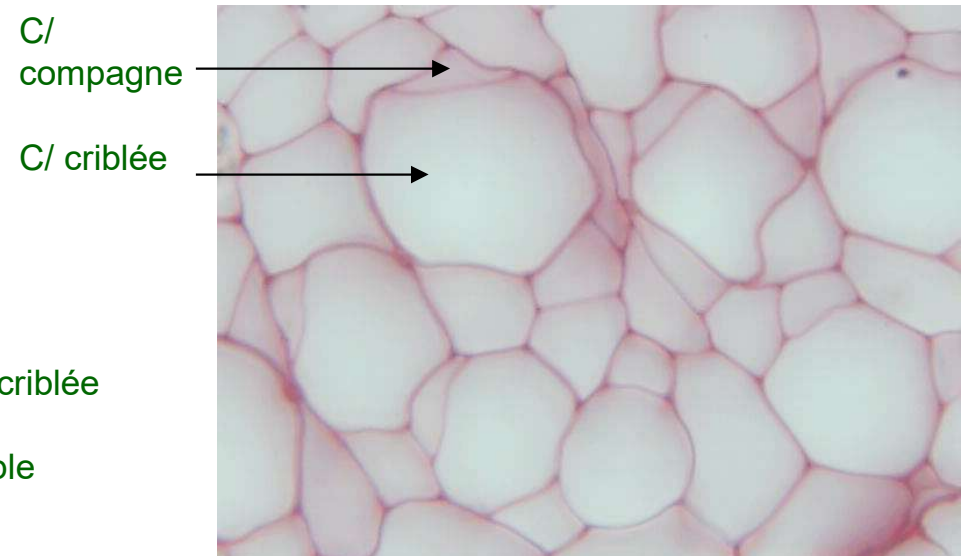
Les tissus conducteurs : le phloème



C.L. schématique des cellules du phloème

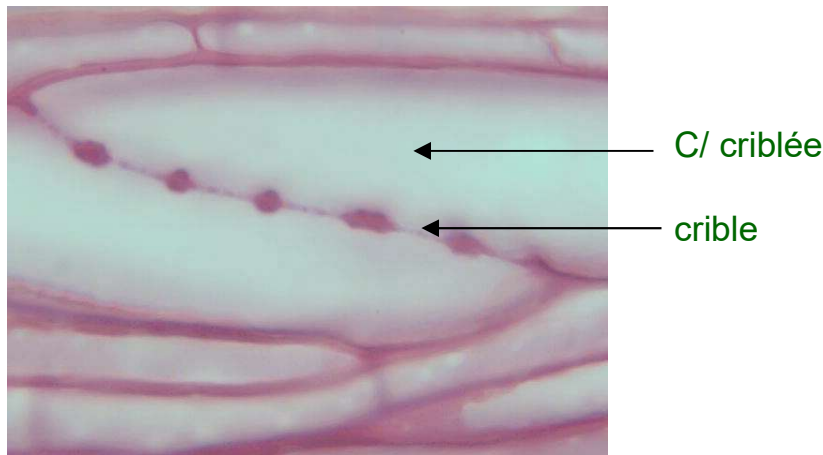


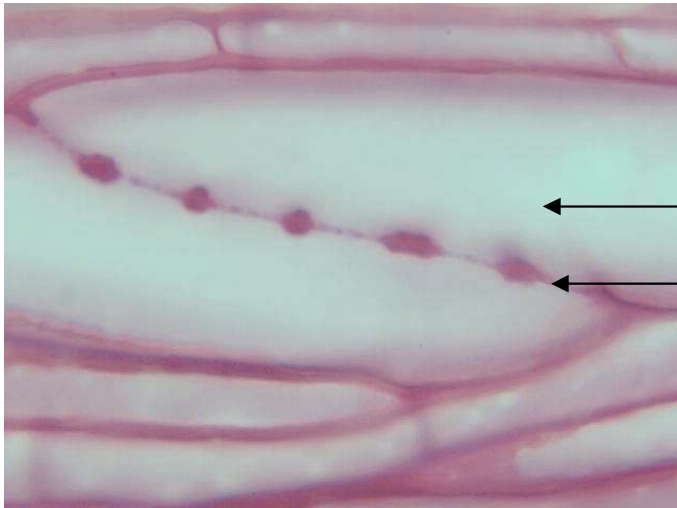
Coupe transversale de tubes criblés de Vigne



Coupe transversale de tubes criblés de Courge

Coupe longitudinale de tubes criblés de Vigne



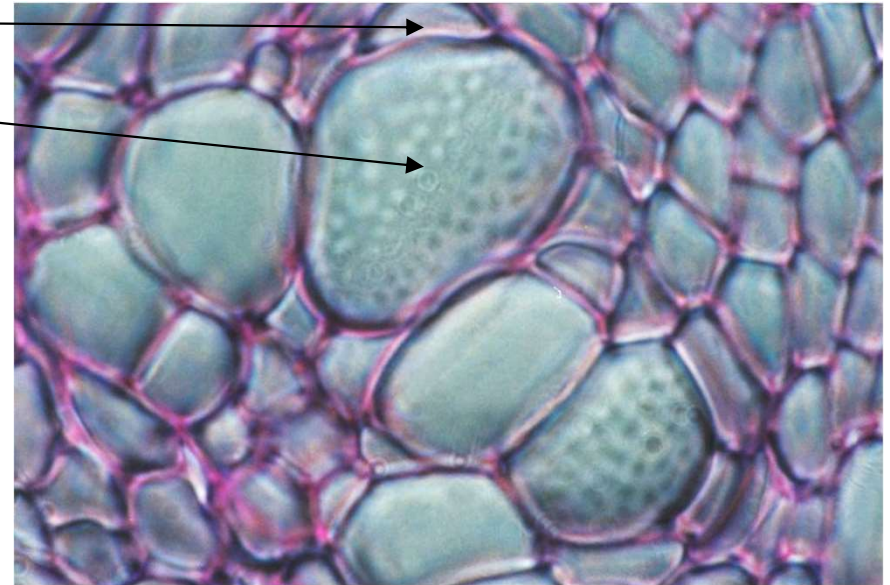


C/ compagne

C/ criblée

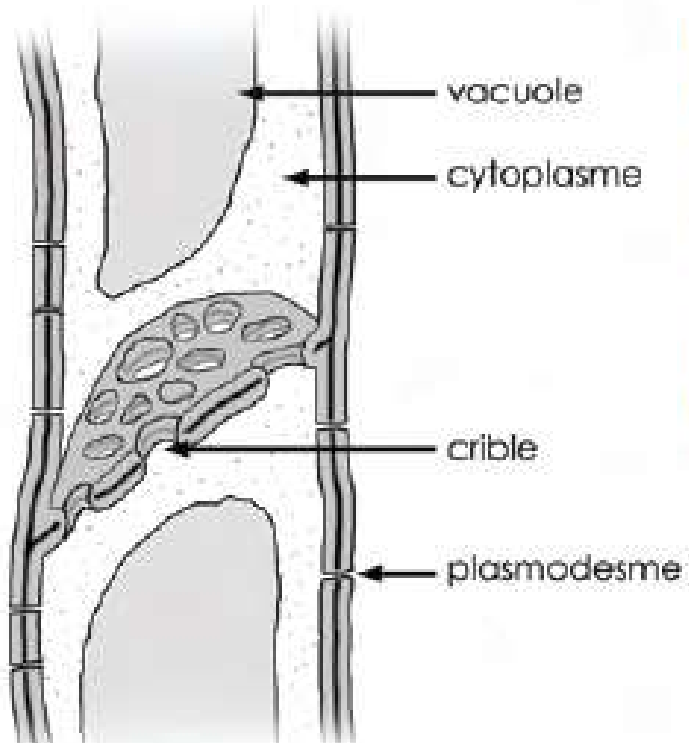
C/ criblée

crible



CL de tubes criblés de Vigne

CT de tubes criblés de Vigne



vacuole

cytoplasme

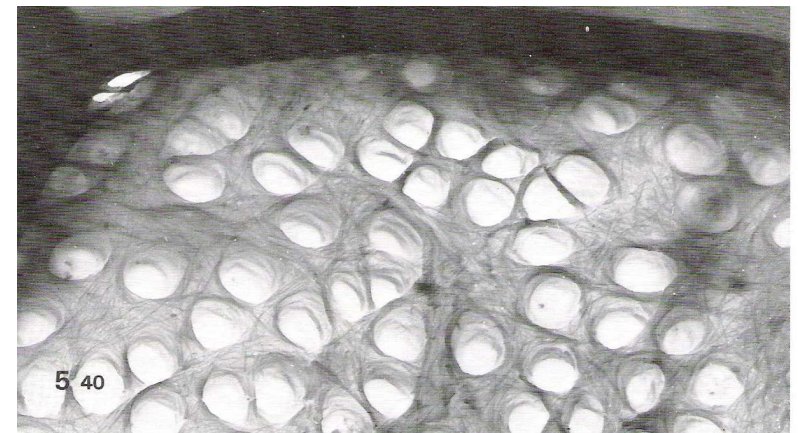
crible

plasmodesme

Cribles

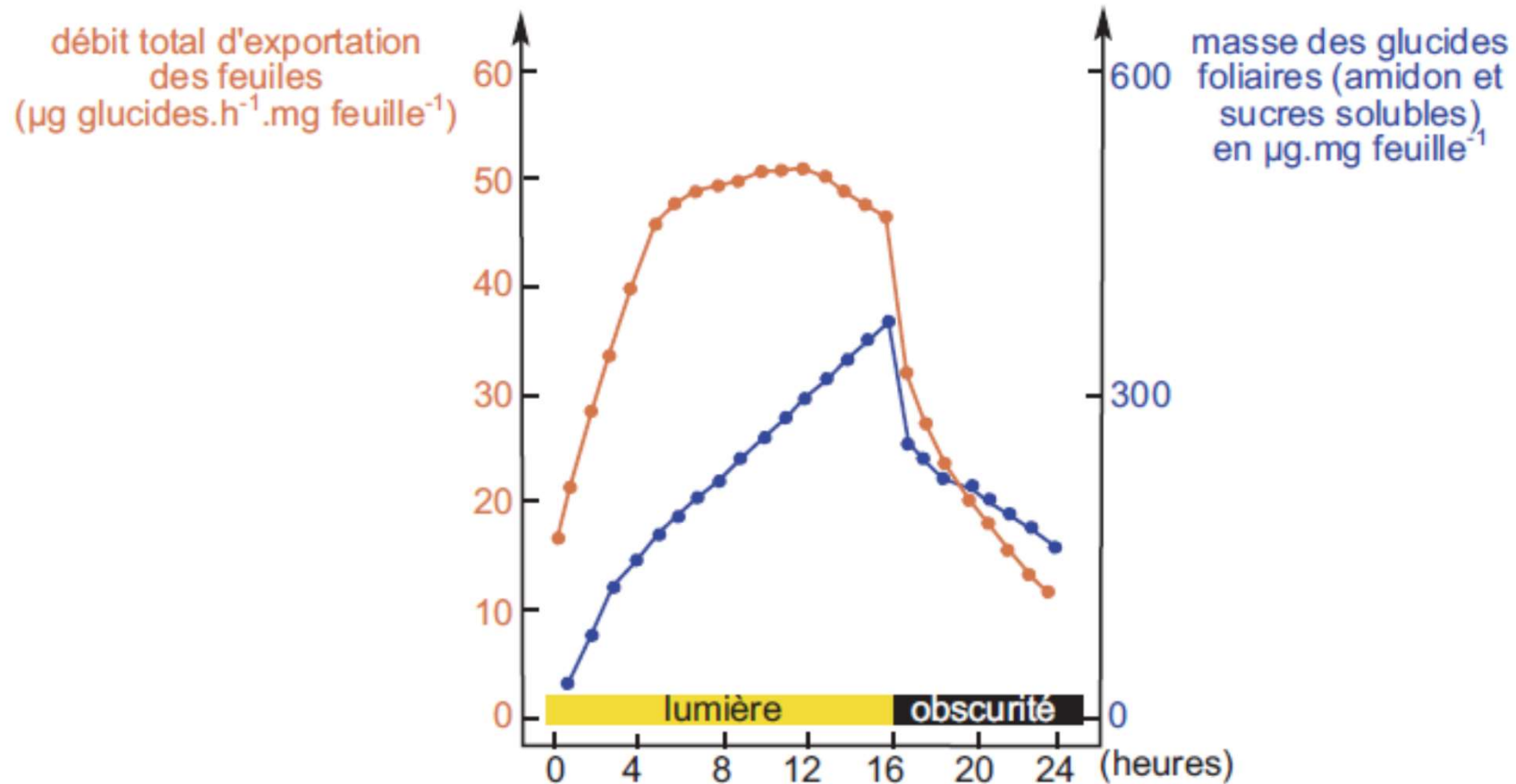
Ils concernent les **tubes du phloème**, et uniquement ces derniers. Ce sont des trous de très fort diamètre (dizaine(s) de micromètres). Ils offrent une faible résistance à la progression de la sève élaborée.

Il y a également continuité des membranes plasmiques.



Pores d'une plaque criblée (MEB)

Document 14. Fluctuations journalières des glucides foliaires et du débit d'exportation des feuilles chez la vesce.



Le tubercule caulinaire de pomme de terre (Solanacée)

Bourgeon terminal

Bourgeon axillaire

Lenticelle du liège

reste du stolon

cicatrice d'une feuille
réduite (écaille)

bourgeon axillaire
(œil)

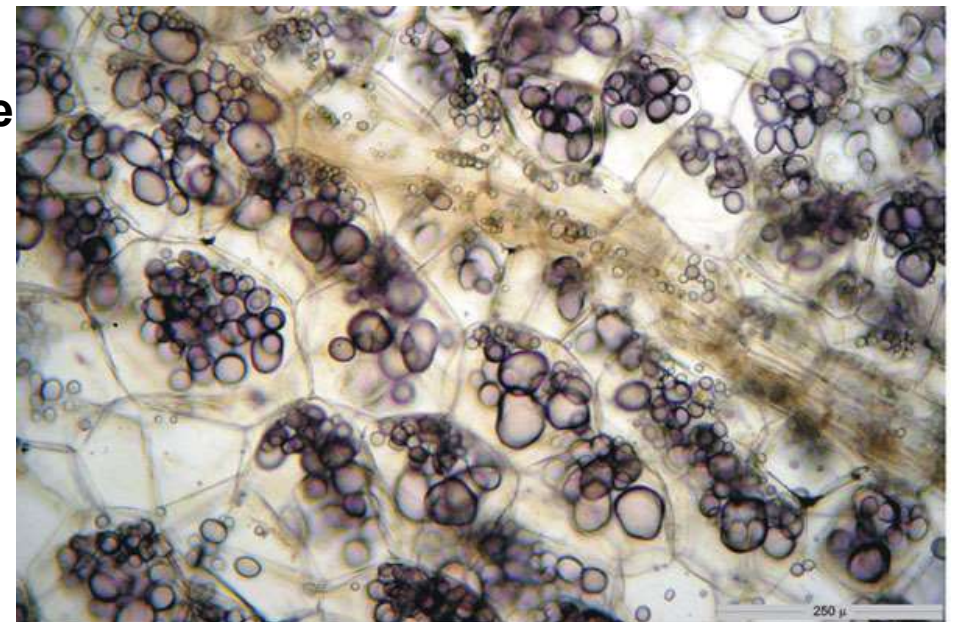
1 cm

a - Vue externe



b - Schéma d'une coupe transversale (à gauche) et amyloplastes vus au microscope (à droite)

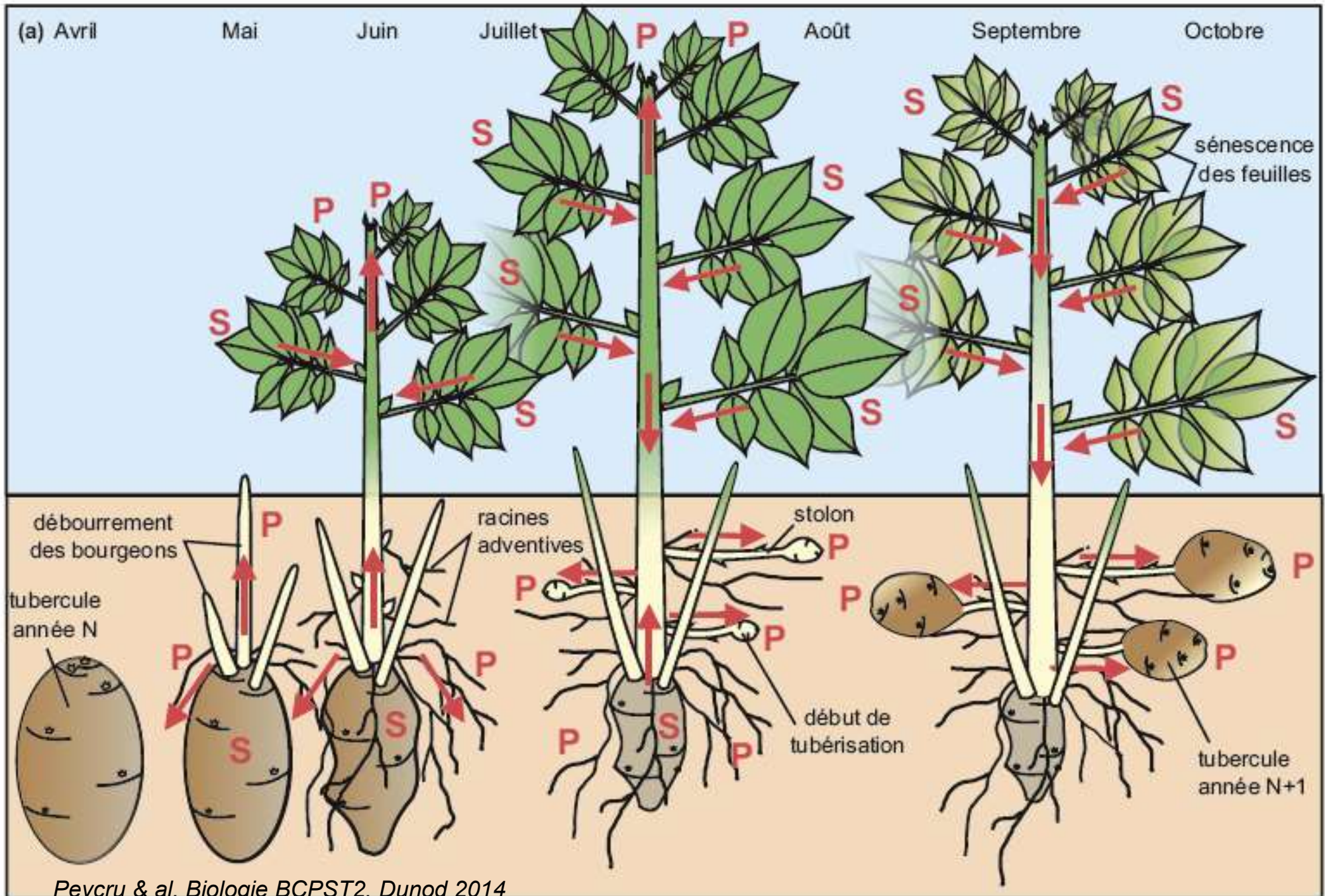
Ep épiderme ; Pc :
parenchyme cortical ;
Pm : parenchyme
médullaire ; Fi : fibres



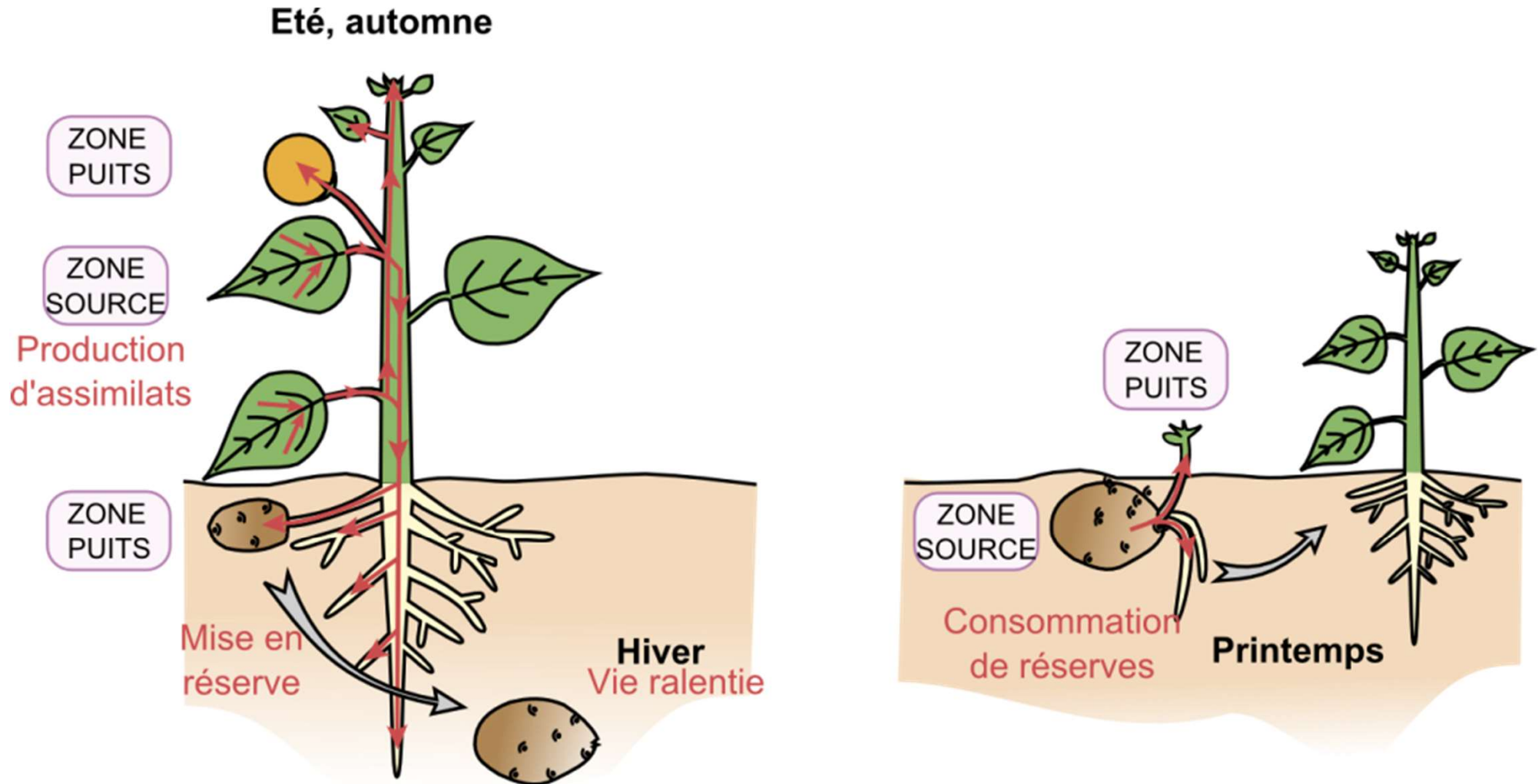
Obj.10x

Évolution de la pomme de terre au cours des saisons (hémisphère Nord).

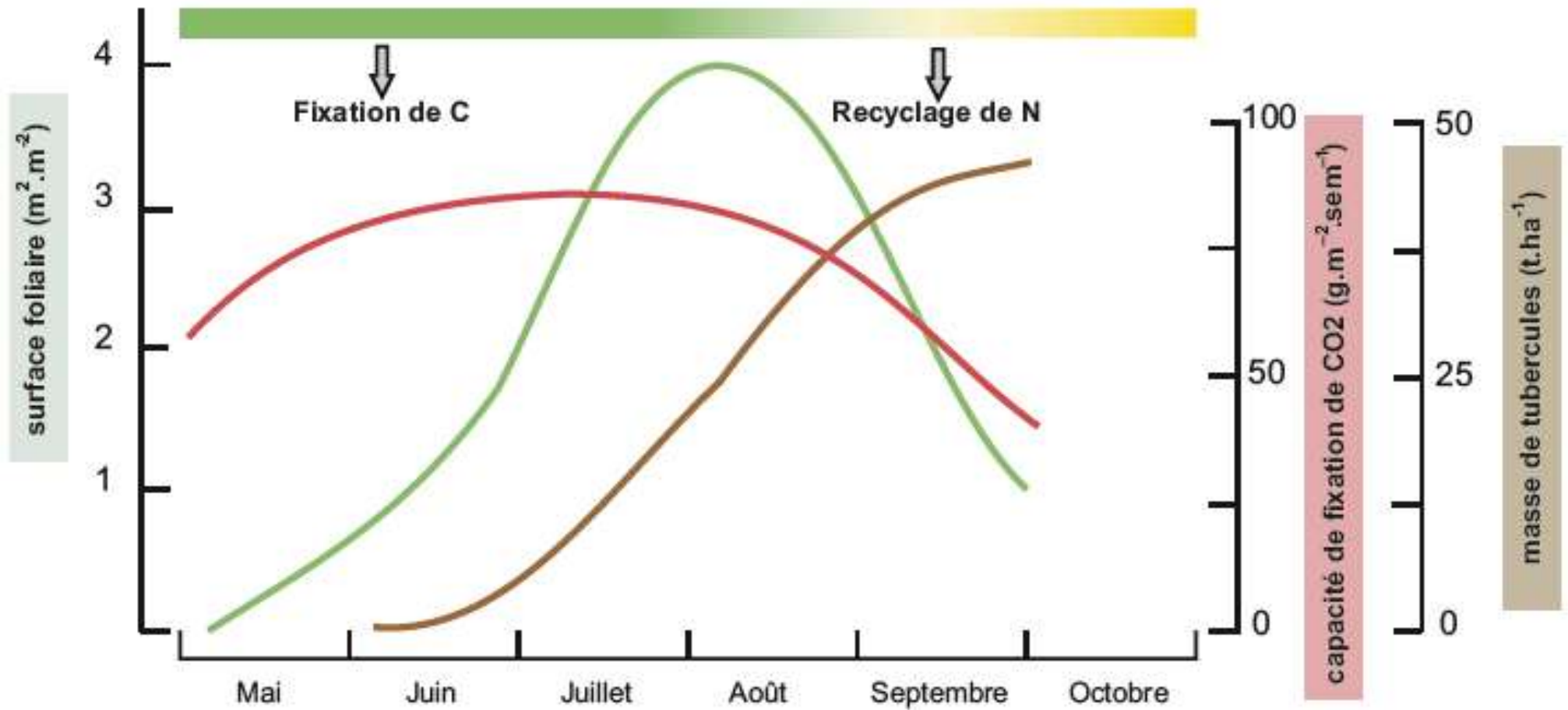
Organes sources S et organes puits P. Les flèches correspondent aux principaux flux d'assimilats.



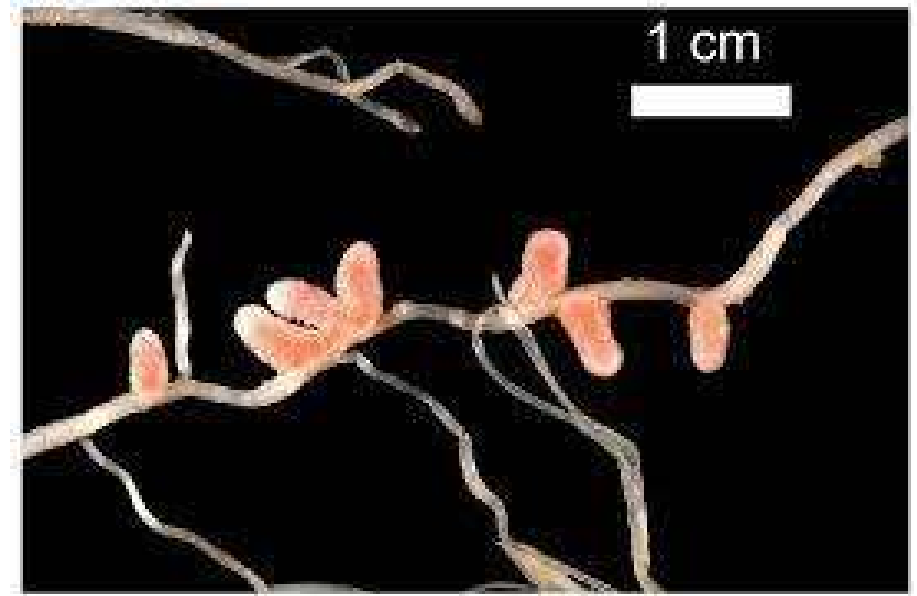
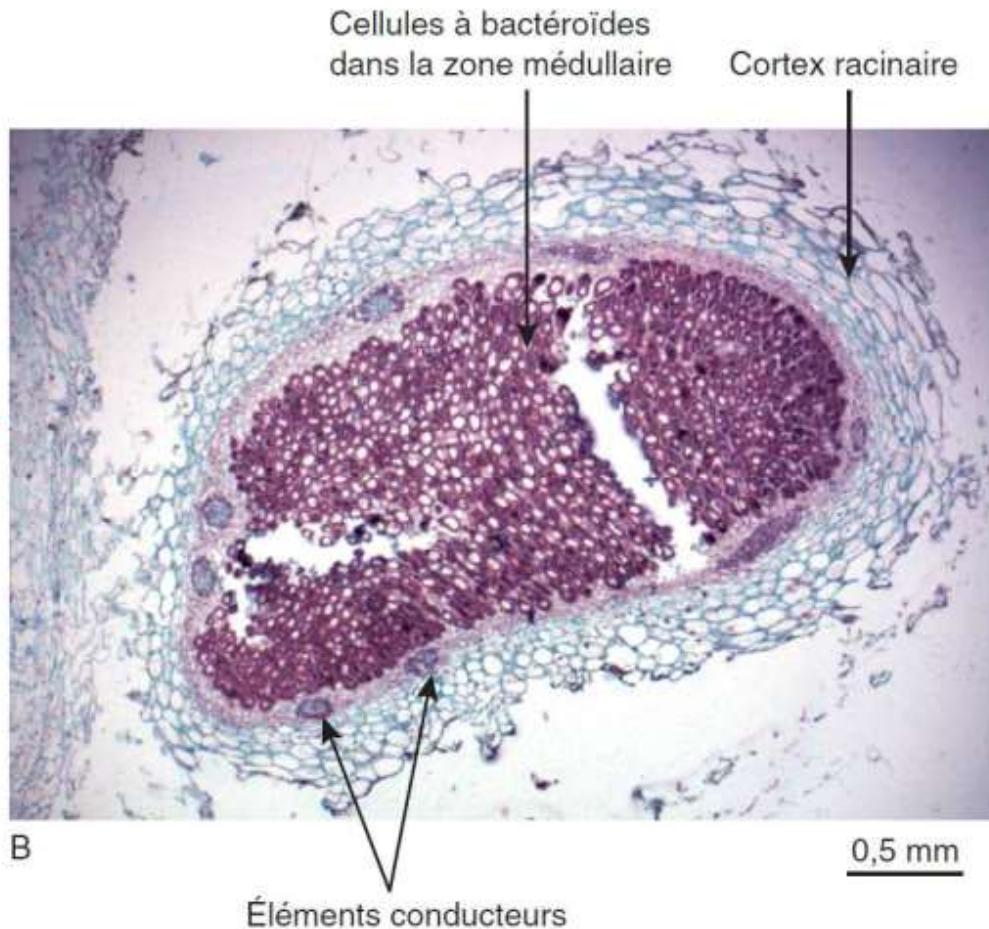
Document 15. Variations saisonnières des corrélations trophiques chez la pomme de terre.



Document 16. Évolution de la surface foliaire, du C fixé et de la masse des tubercules de mai à octobre.

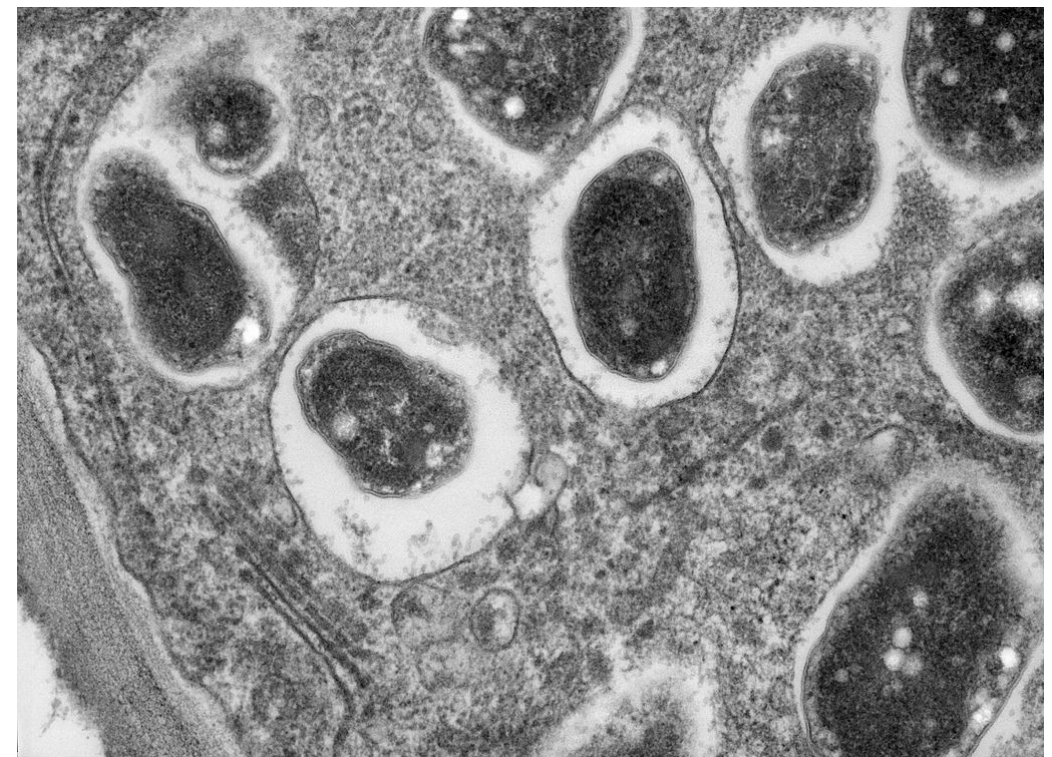


Un exemple de relation interspécifique : la symbiose avec *Rhizobium*



Observation de nodosités sur une racine secondaire de Soja

https://www.wikiwand.com/en/Root_nodule



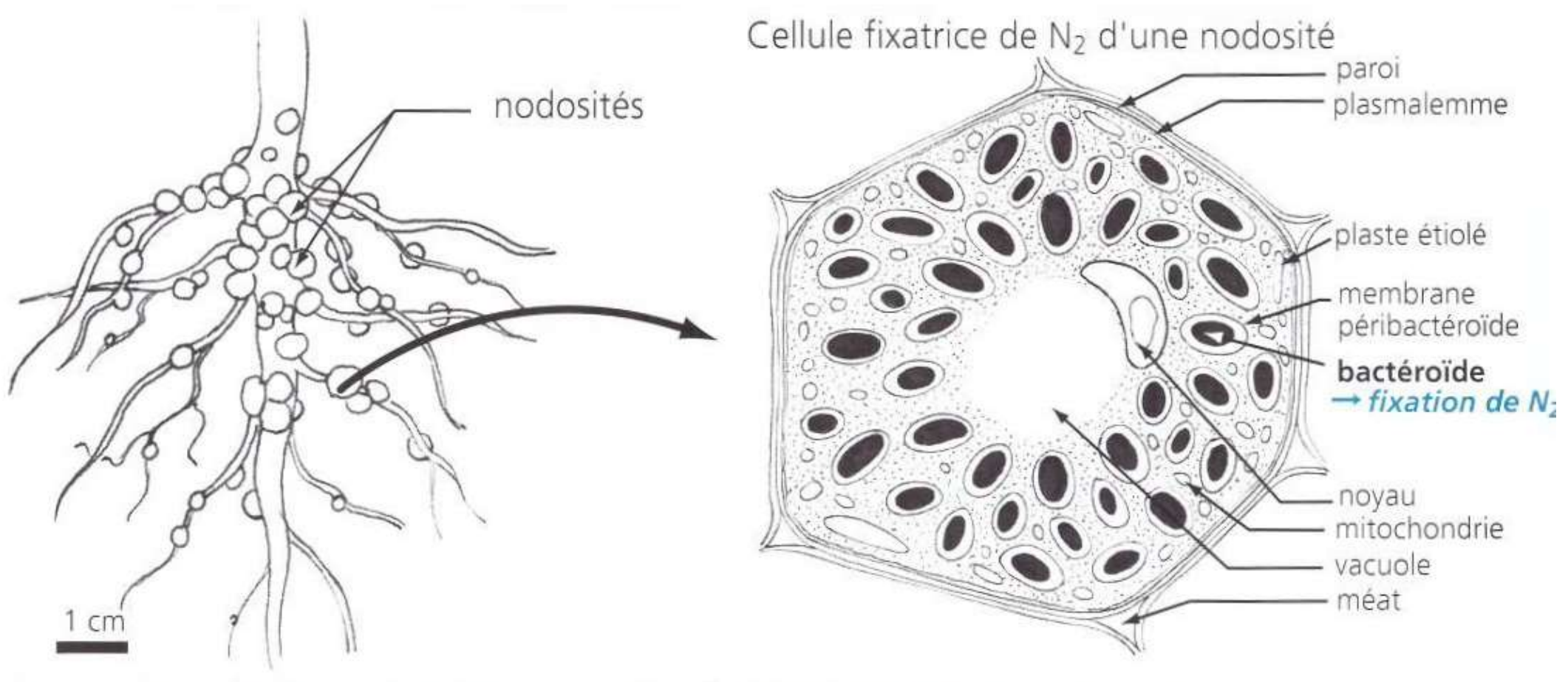
CT d'une nodosité observée en MO

D'après Segarra et al. Biologie BCPST 2^e année, Ellipses, 2015

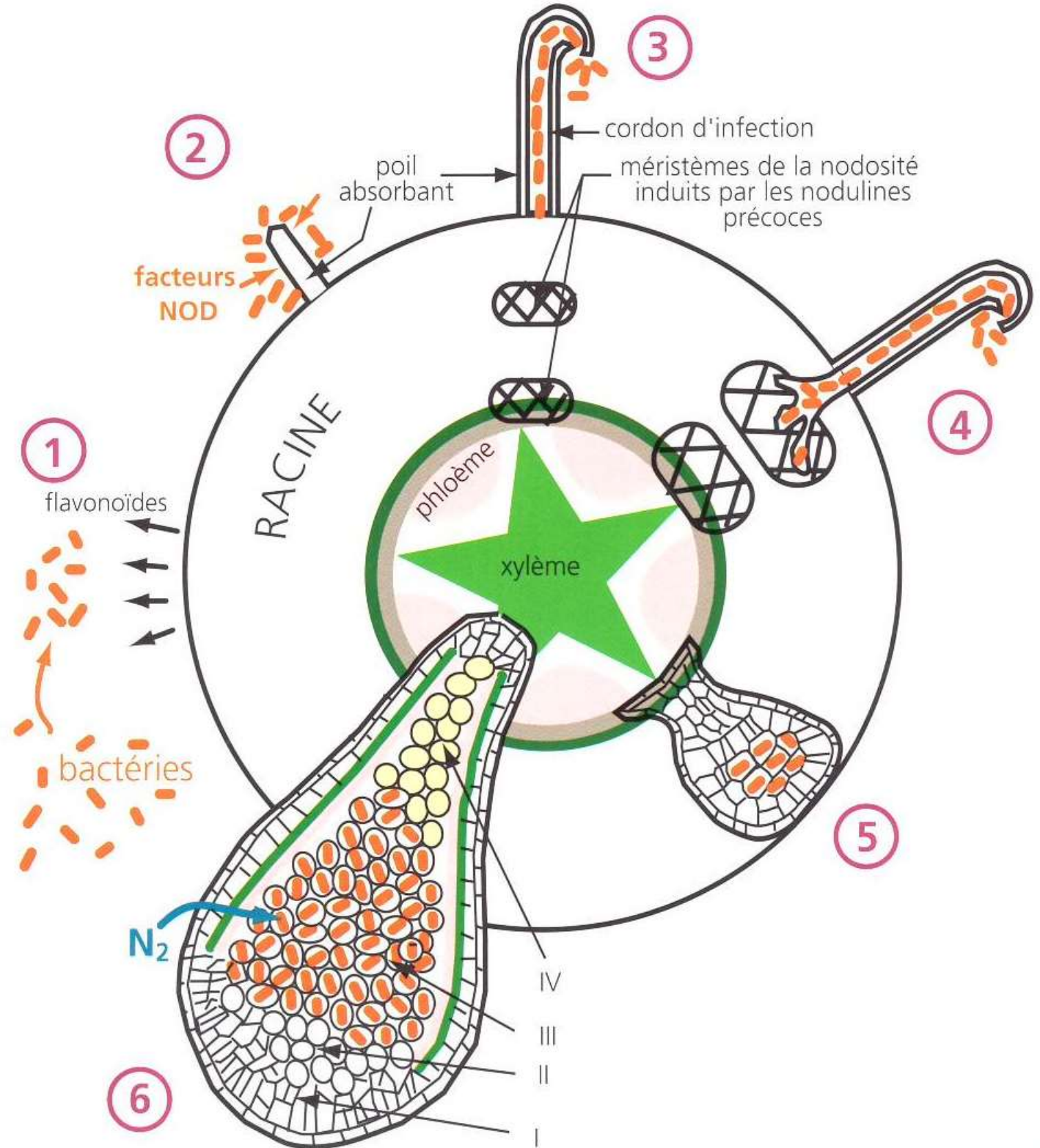
Observation en MET d'une cellule de nodosité d'une racine de Soja

https://fr.wikipedia.org/wiki/Fixation_biologique_du_diazote#/media/Fichier:Root-nodule01.jpg

Nodosités à *Rhizobium* de racines de Fabacées et détail d'une cellule infectée comportant des bactéroïdes fixateurs de N_2 .

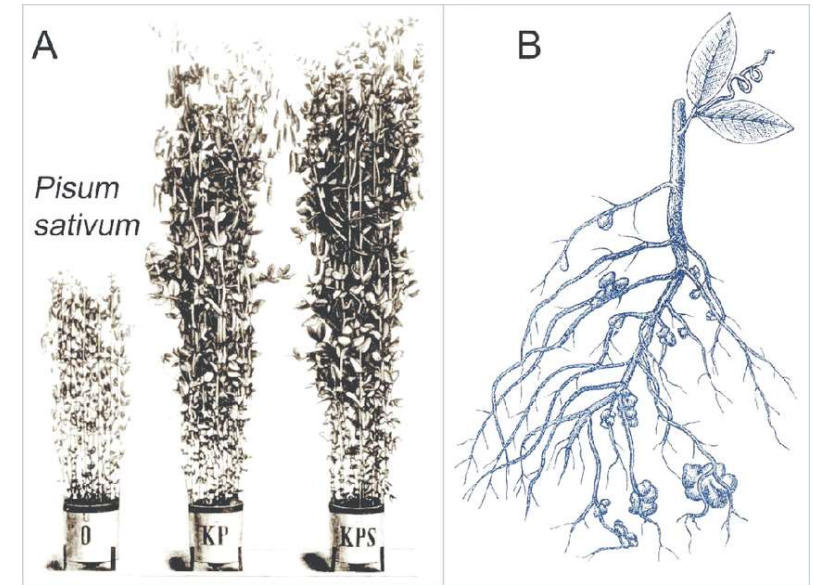


Les principales étapes de l'établissement d'une symbiose entre une Fabacée et *Rhizobium*



Expériences de Boussingault (1838)

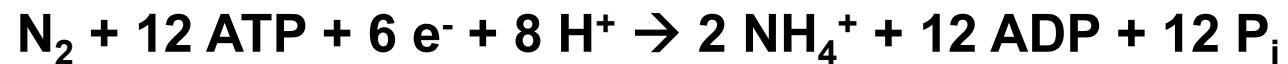
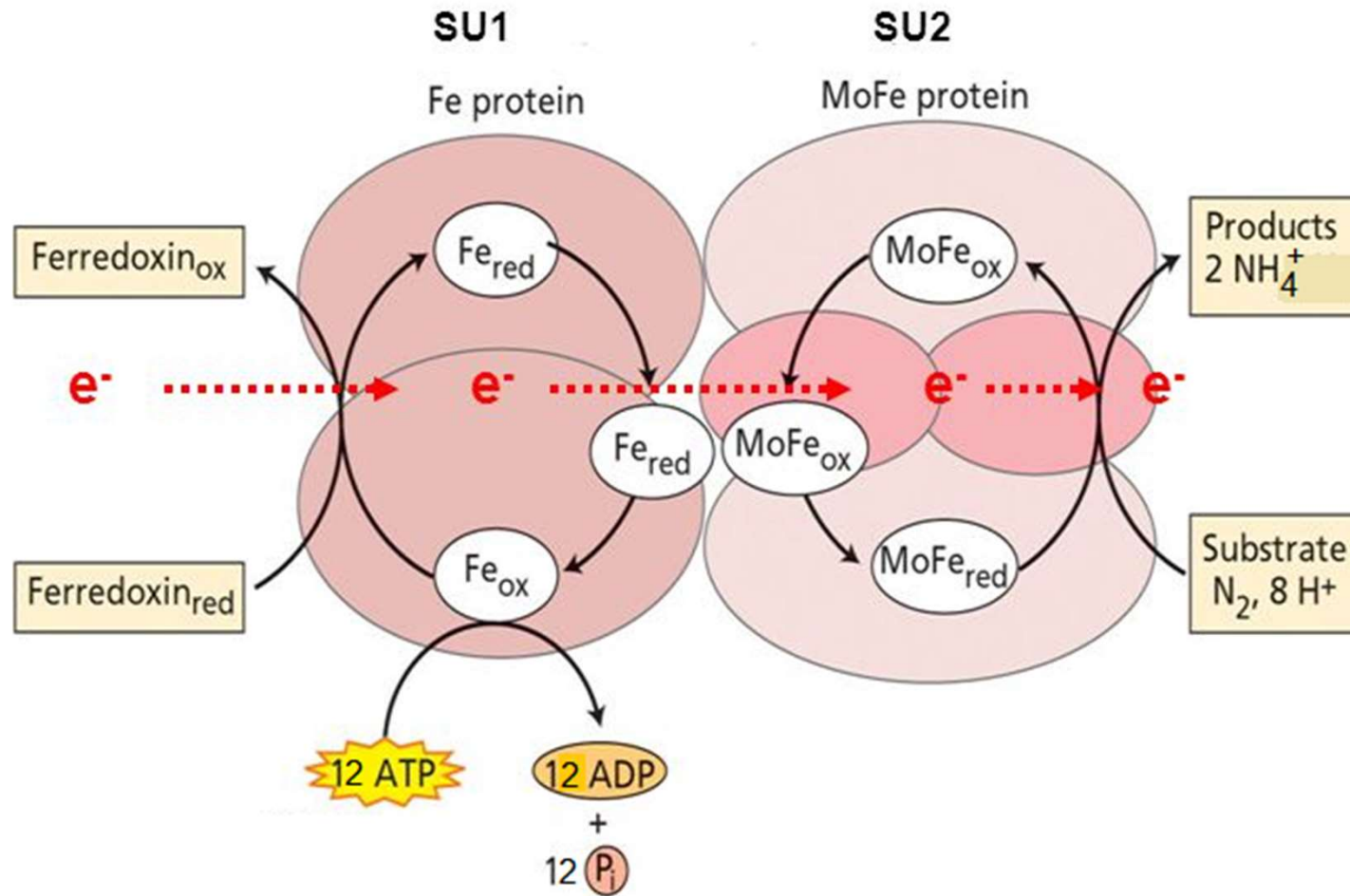
- **Mise en culture de graines sur sol dépourvu de nitrates :**
 - Les plantes non légumineuses ont la même teneur en azote que les graines semées
 - Les plantes légumineuses présentent au bout de trois mois une teneur en azote trois fois plus élevée que les graines semées
 - Les racines des légumineuses présentent des nodosités
- **Mise en culture de graines de légumineuses sur sol stérilisé dépourvu de nitrates :**
 - La teneur en azote des plantes reste constante
 - Absence de nodosités sur les racines



→ Conclusion ?

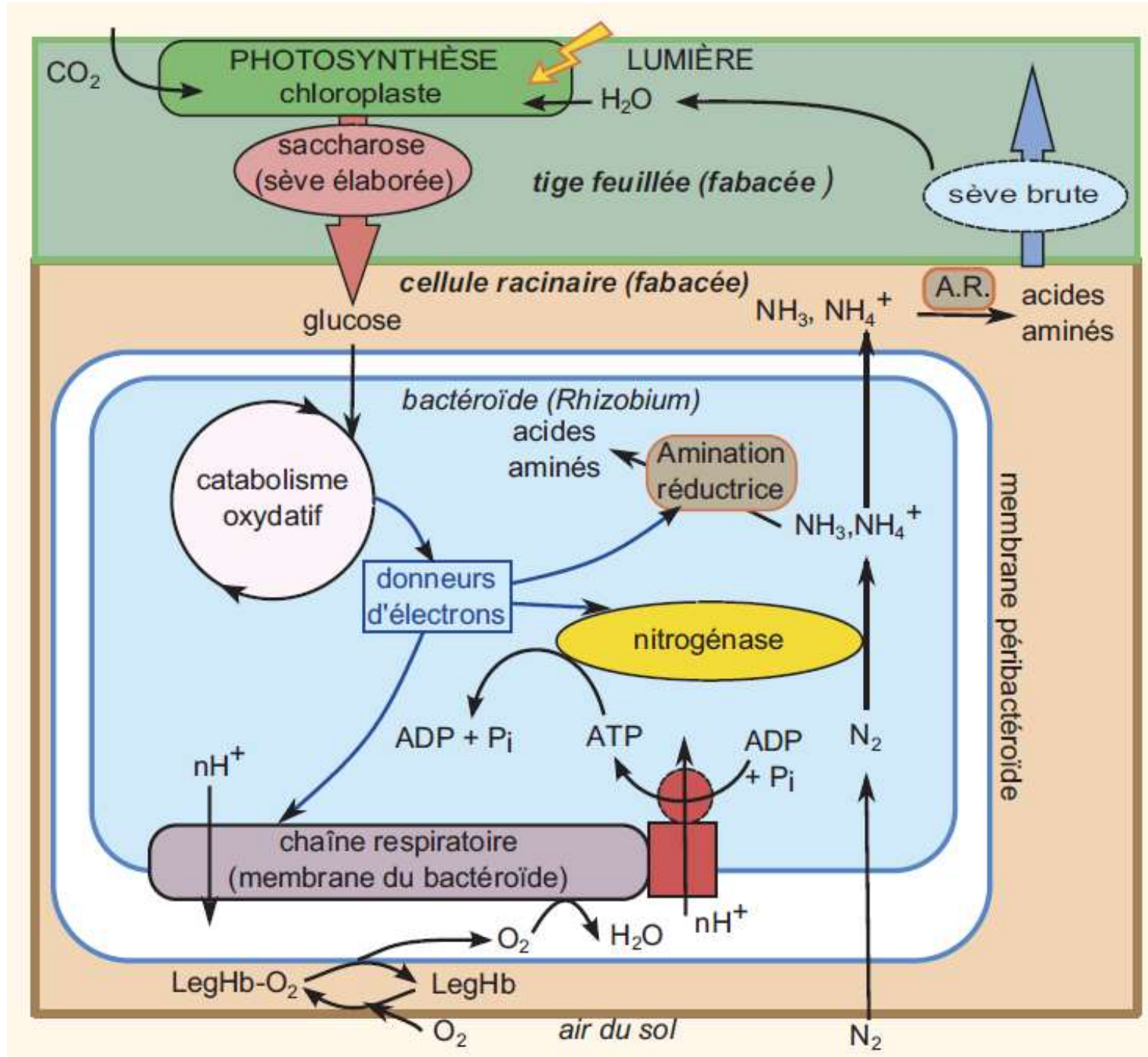
La nitrogénase, complexe enzymatique

Nitrogenase enzyme complex



nitrogénase

Document 17. Coopération entre végétal et bactéroïde pour la fixation de l'azote.



La leghémoglobine

