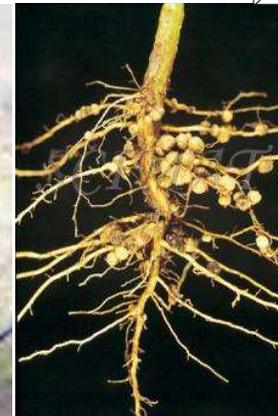
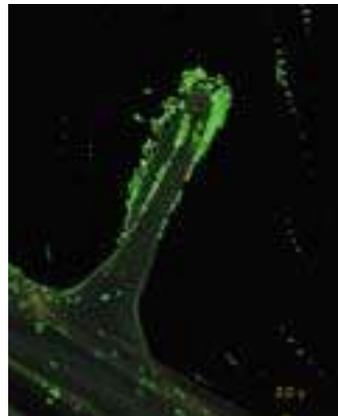
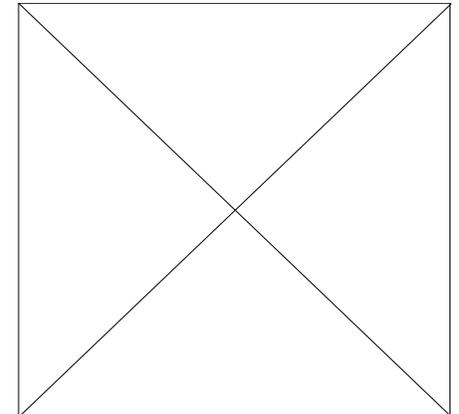




Physiologie de la Nutrition Végétale 2018

L'eau et la nutrition minérale chez les plantes

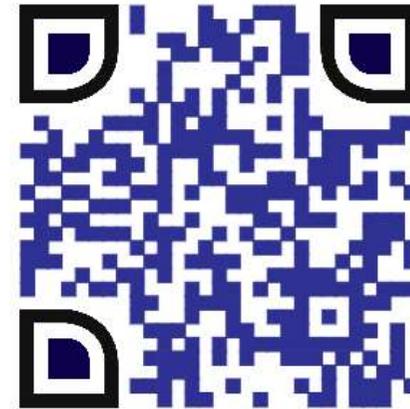


Eric BONCOMPAGNI

Site enseignement :
<http://sites.unice.fr/EB>

•EB - Cours PNV L2SV 2018[©]
Lundi Amphi M de 10h15-12h15

• <http://sites.unice.fr/EB/>



LSV2: Physiologie de la Nutrition Végétale 2018

(Resp. K. Mandon)

4 Cours PNV E. Boncompagni & 3 Cours PNV K. Mandon

Cours 1-2 PNV - EB

Cours 3-4 PNV - EB

TP1 de PNV

TD 1

Test pratique : QCM de PNV

Afin de poursuivre votre formation dans le domaine végétal en physiologie, biochimie et biologie moléculaire, nous vous conseillons de prendre les UE de BDV au second semestre de LSV3 parcours BMGv. **Plaquette de**

BDV Fiche parcours L3

Examens

2013

2014

2015

CORRECTION CT 2016

CORRECTION PNV EB MAI 2017



Dernières nouvelles



✉ Ecrivez-moi !

•EB - Cours PNV L2SV 2018©

•PDF et préparation aux QCM sur :

•<http://sites.unice.fr/EB/>

•Et sur l'ENT

TP1 en Salle SN.2.4 à partir du lundi 13h,
le 12/02/2018 (BLOUSE obligatoire)

TD1 à partir du mardi à 13h, le 05/02/2018

Petit QUIZZ sur les transports hydriques chez les plantes 2018

Sélectionnez la taille de police: **T** T T

Quelle définition de l'osmose est exacte ?



- N'autoriser qu'un choix Autoriser plusieurs choix Mélanger les réponses Autoriser les nouvelles tentatives
 Limite au nombre de tentatives

L'osmose est un phénomène de diffusion de la matière traversant une membrane semi-perméable



L'osmose est un phénomène de diffusion facilitée nécessitant de l'énergie chimique (ATP !)



L'osmose est un phénomène de diffusion libre ne nécessitant de l'énergie chimique (ATP !)



L'osmose est un mécanisme de transport actif lié à des protéines membranaires



Aperçu

Conditions | Confidentialité et

Petit QUIZZ sur les transports hydriques chez les plantes 2018

Sélectionnez la taille de police: **T** **T** **T**

Quelle est la définition de la pression de turgescence ?



- N'autoriser qu'un choix Autoriser plusieurs choix Mélanger les réponses Autoriser les nouvelles tentatives
 Limite au nombre de tentatives

C'est l'état d'une cellule vivante gonflé d'eau.



C'est l'étape de déshydratation cellulaire conduisant à la plasmolyse



C'est une pression exercée par la membrane plasmique sur la paroi primaire de la cellule



C'est une force de pression s'exerçant sur les membranes nucléaires des cellules



Aperçu

Conditions | Confidentialité et

Petit QUIZZ sur les transports hydriques chez les plantes 2018

Comment la sève élaborée descend-elle vers les racines ?

- N'autoriser qu'un choix Autoriser plusieurs choix Mélanger les réponses Autoriser les nouvelles tentatives
 Limite au nombre de tentatives

Grace à l'action de la pression de turgescence et des forces osmotiques

Grace à la force de gravité

Grace à la concentration en sucre soluble présent dans les racines

Grace à la poussée d'Archimède

[Ajouter une autre réponse](#)

[Aperçu](#)

[Conditions](#) | [Confidentialité et](#)

Petit QUIZZ sur les transports hydriques chez les plantes 2018

Sélectionnez la taille de police: T T T

Comment la sève brute monte-elle vers les axes caulinaires ?



- N'autoriser qu'un choix Autoriser plusieurs choix Mélanger les réponses Autoriser les nouvelles tentatives
 Limite au nombre de tentatives

Grace à l'action de la pression de turgescence, de succion foliaire et des forces osmotiques



Grace à la force de gravité



Grace à la concentration en sucre soluble présent dans les axes caulinaires



Grace à la poussée d'Arcimède



Aperçu

Conditions | Confidentialité et



LES TRANSPORTS DE L'EAU À TRAVERS LA MEMBRANE PLASMIQUE

<https://www.youtube.com/watch?v=uZjicQ81PKU&feature=em-uploademail>

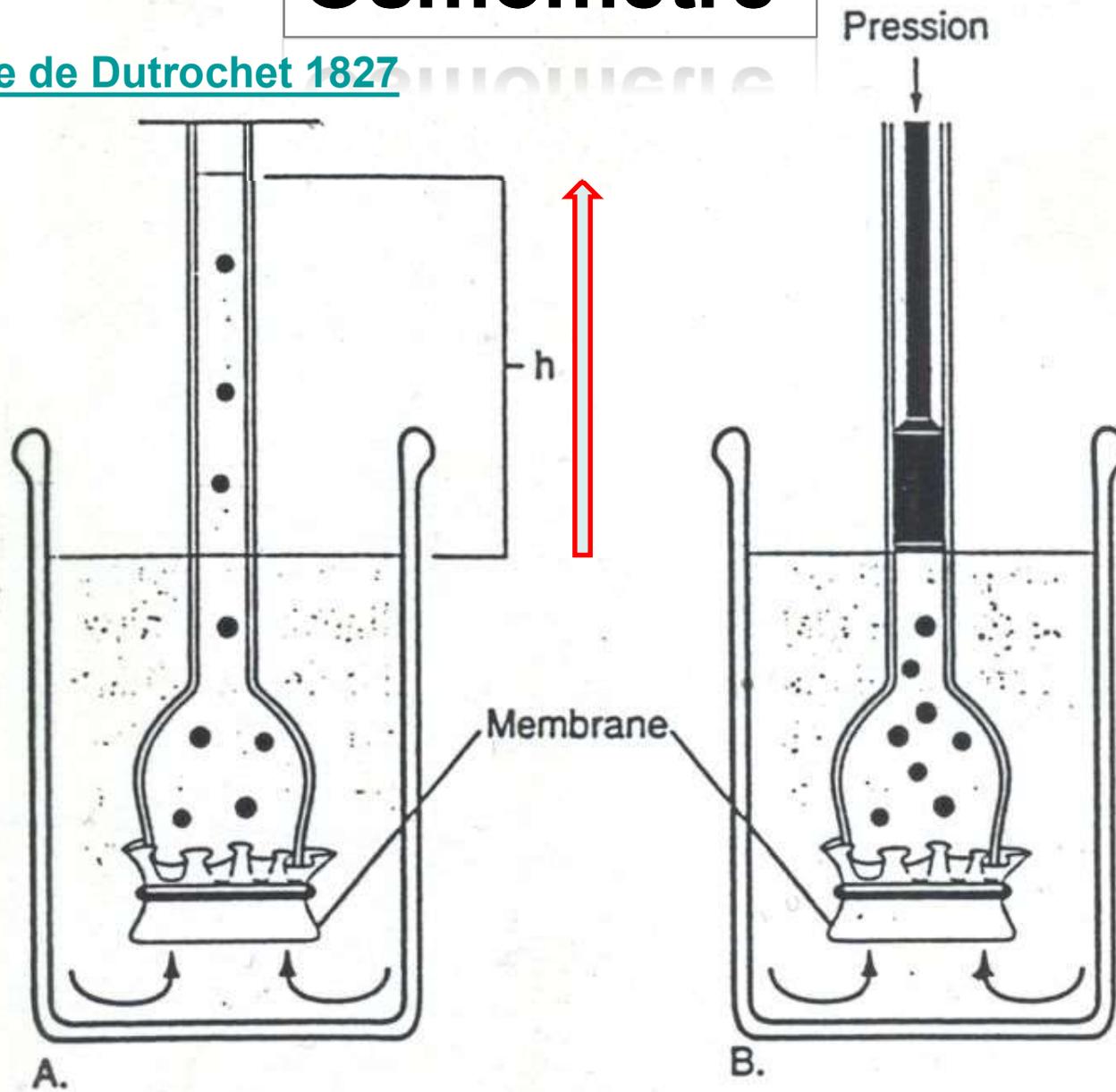


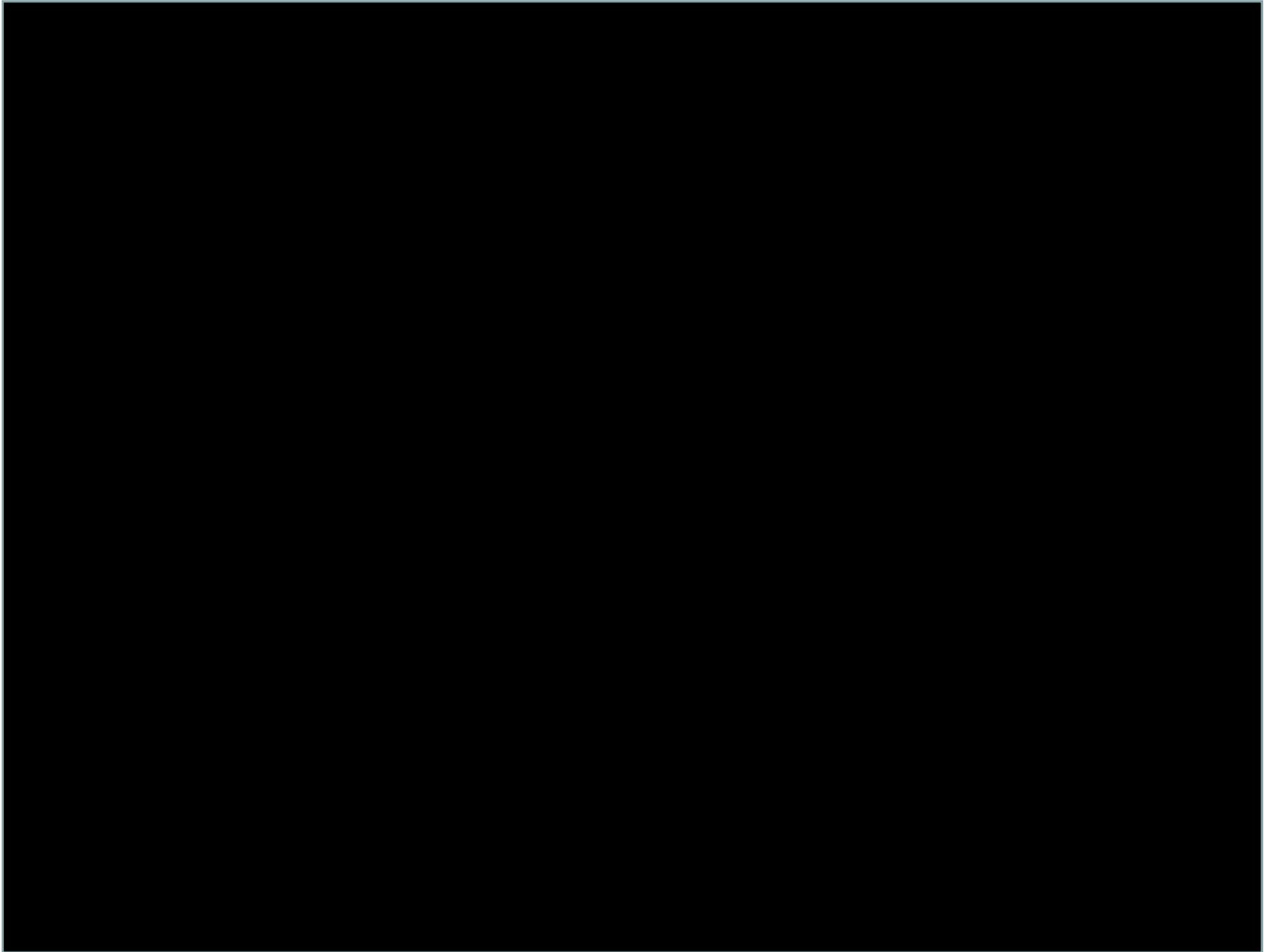
Osmose

Osmose

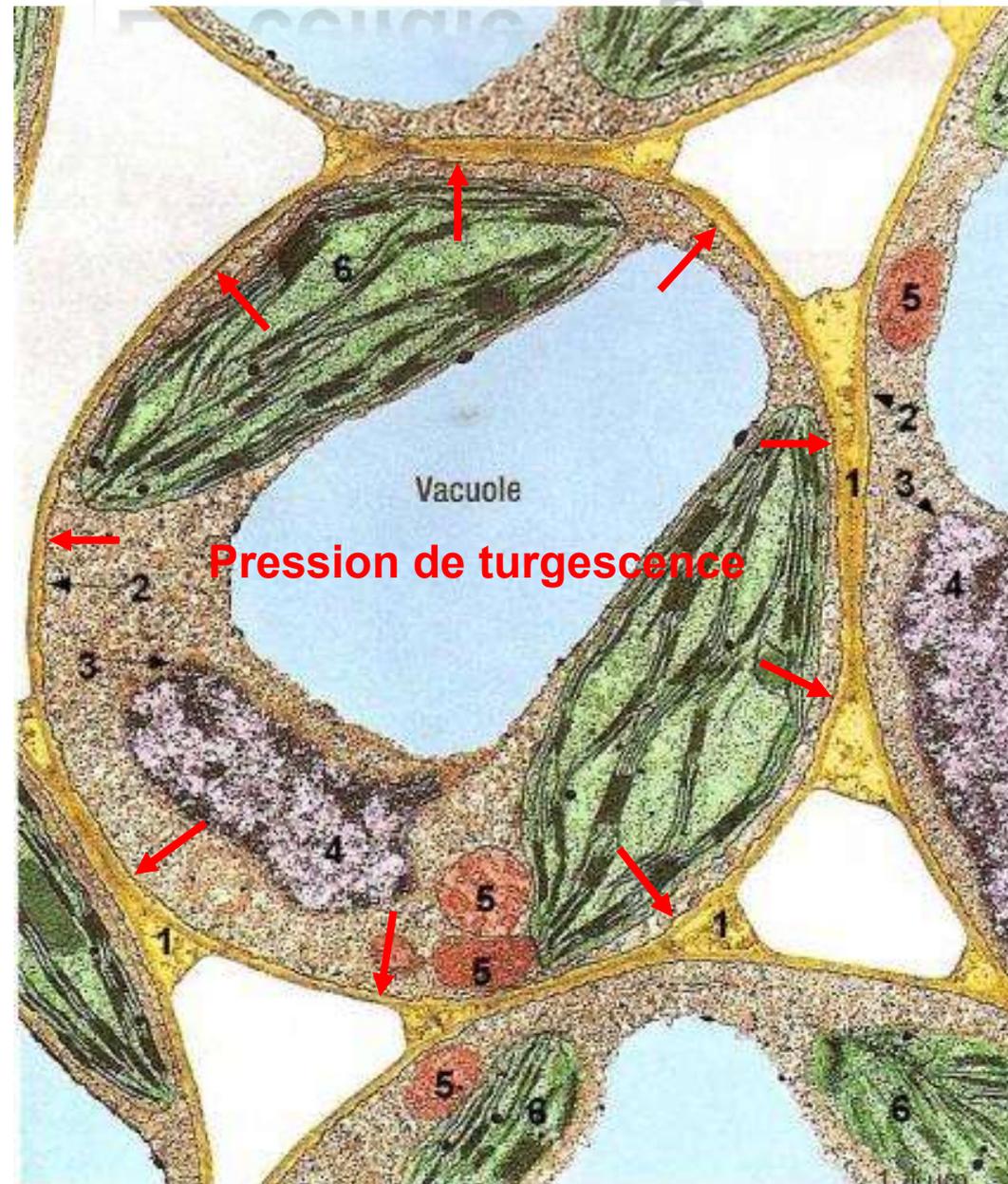
Osmomètre

L'osmomètre de Dutrochet 1827

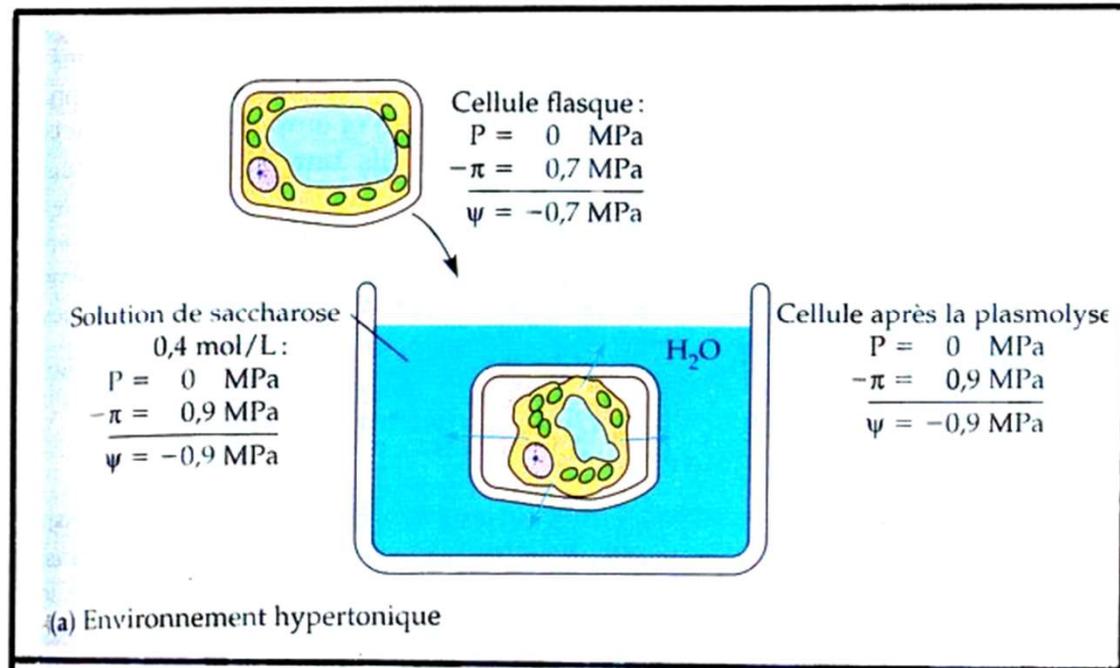




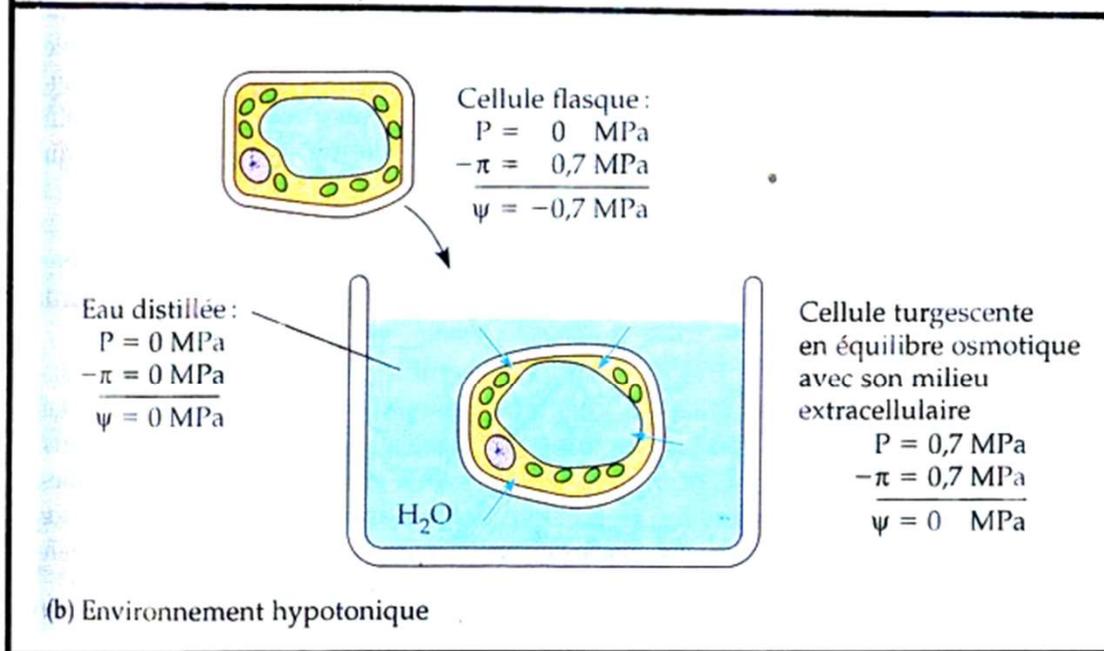
La cellule végétale



Solution Hypertonique



Solution Hypotonique

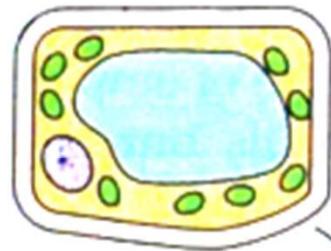


La cellule végétale

La cellule végétale

Solution Hypertonique

colligatif, l'absorbance



Cellule flasque:

$$P = 0 \text{ MPa}$$

$$-\pi = 0,7 \text{ MPa}$$

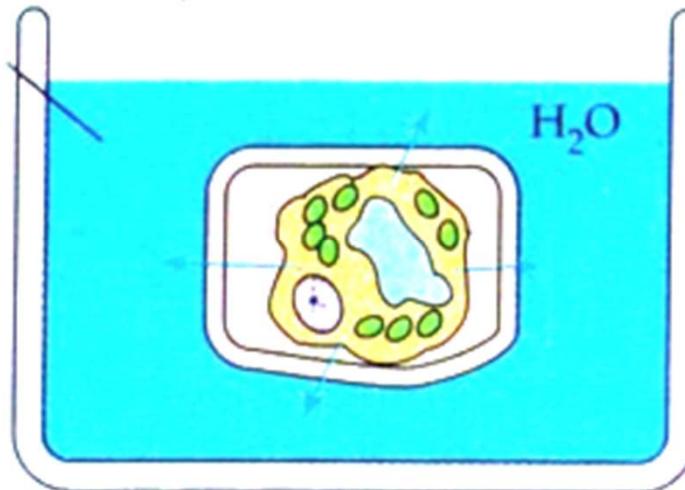
$$\psi = -0,7 \text{ MPa}$$

Solution de saccharose
0,4 mol/L:

$$P = 0 \text{ MPa}$$

$$-\pi = 0,9 \text{ MPa}$$

$$\psi = -0,9 \text{ MPa}$$



Cellule après la plasmolyse

$$P = 0 \text{ MPa}$$

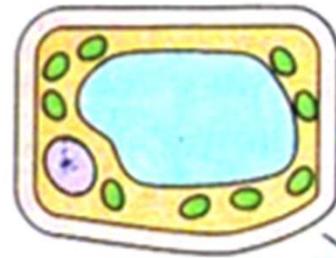
$$-\pi = 0,9 \text{ MPa}$$

$$\psi = -0,9 \text{ MPa}$$

(a) Environnement hypertonique

Solution Hypotonique

οργανισμού υδροκυττάρου



Cellule flasque :

$$P = 0 \text{ MPa}$$

$$-\pi = 0,7 \text{ MPa}$$

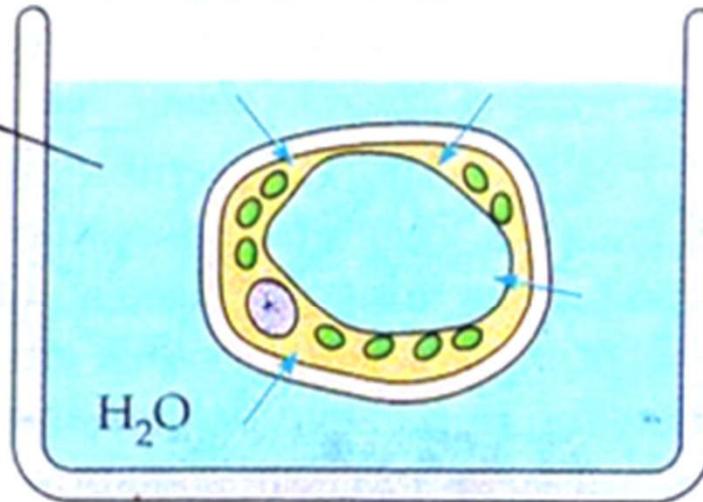
$$\psi = -0,7 \text{ MPa}$$

Eau distillée :

$$P = 0 \text{ MPa}$$

$$-\pi = 0 \text{ MPa}$$

$$\psi = 0 \text{ MPa}$$



Cellule turgescente
en équilibre osmotique
avec son milieu
extracellulaire

$$P = 0,7 \text{ MPa}$$

$$-\pi = 0,7 \text{ MPa}$$

$$\psi = 0 \text{ MPa}$$

(b) Environnement hypotonique

Potentiel de soluté

Relation de Van't Hoff

$$\mu_w = RT \cdot \ln a_w$$

$$\mu_w \approx RT \cdot C$$

$$\Psi_s = -\mu_w \approx -RT \cdot C$$

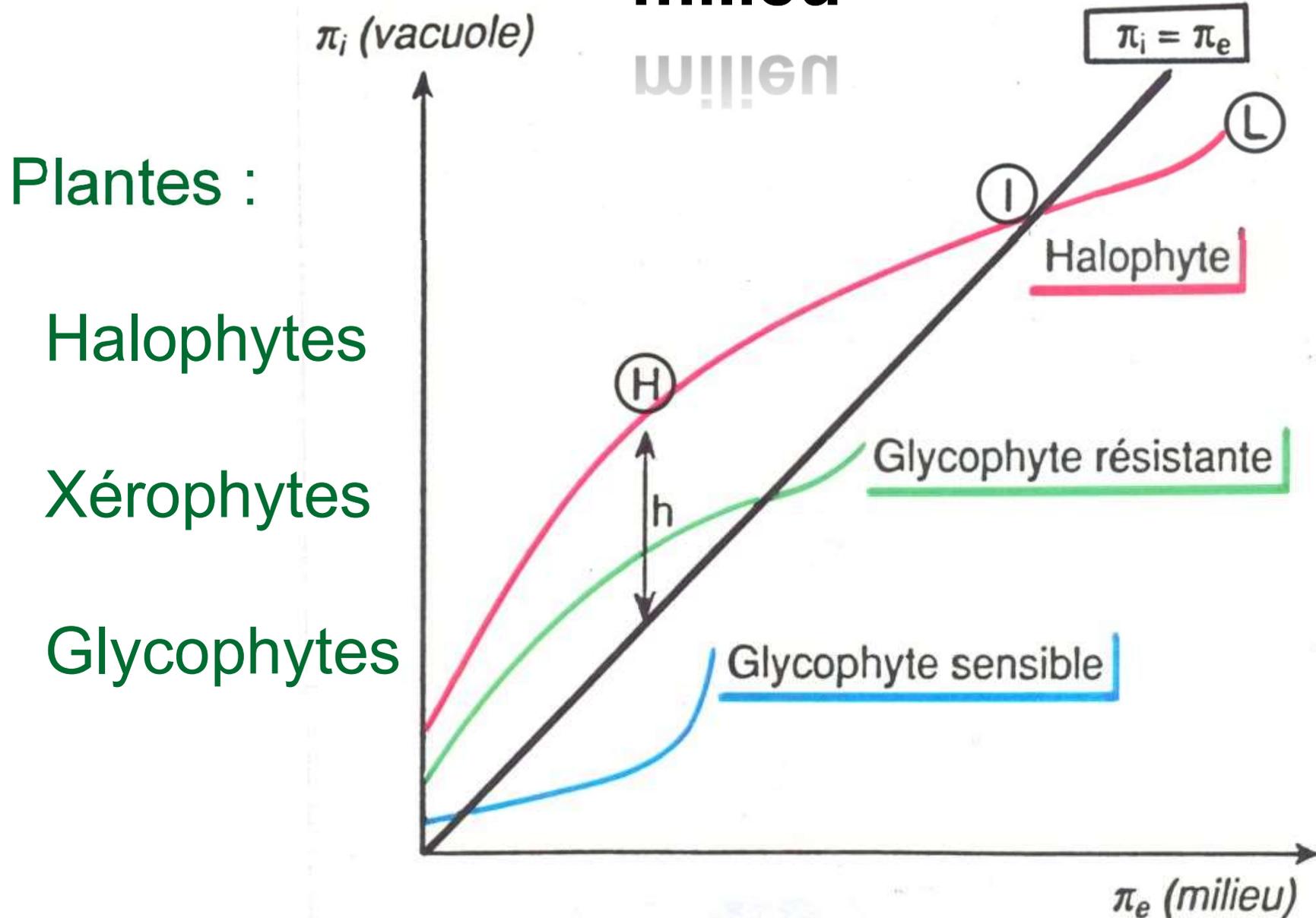
a_w est l'activité chimique
de l'eau

eau pure : $a_w = 1$

sans eau $a_w = 0$

 Loi des gaz parfaits : $P = RT \cdot n/V$ (P = pression en Pa)

Potentiel de soluté (intracellulaire vs milieu)



Ajustement osmotique

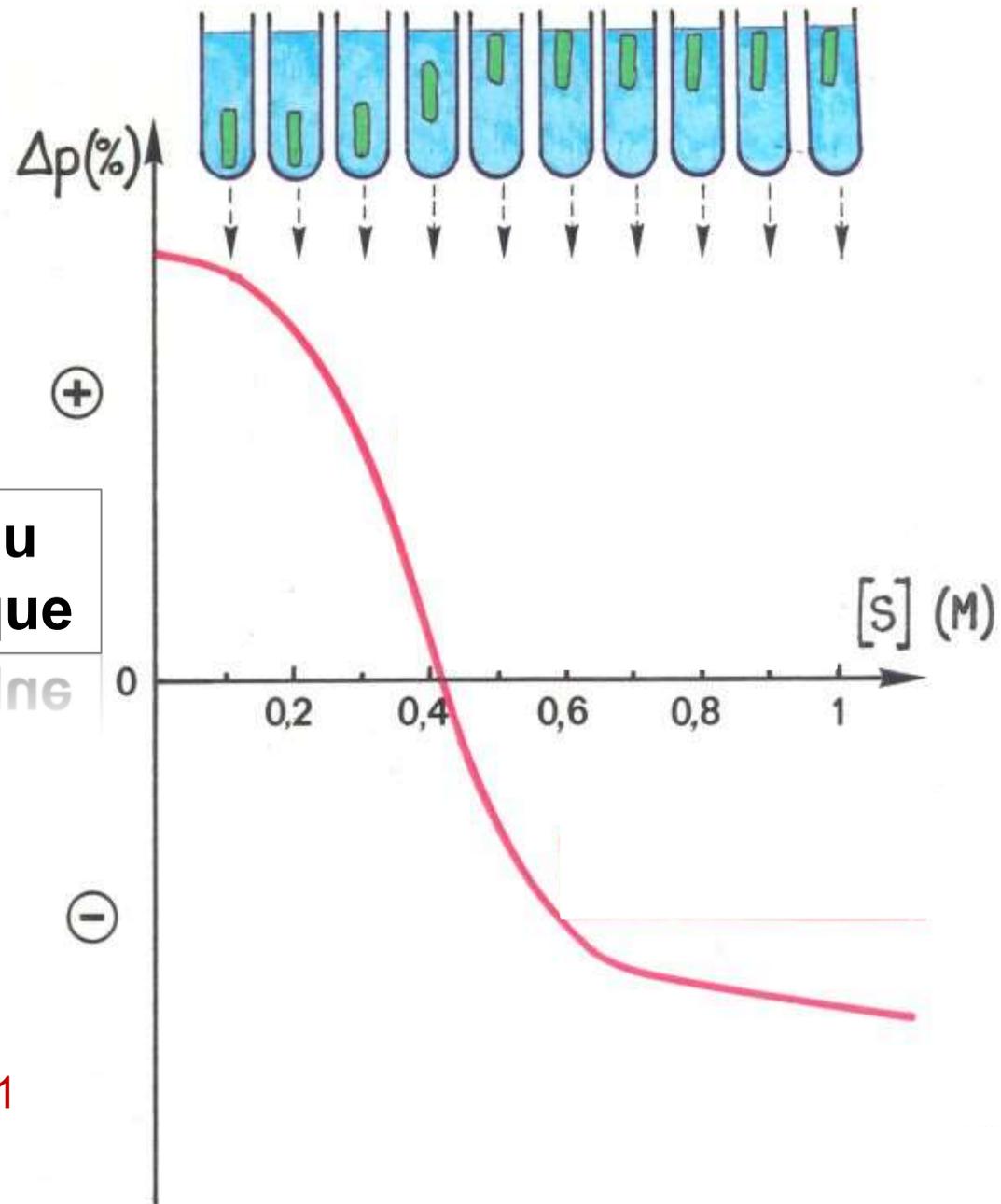
ajustement osmotique

Effet de l'augmentation de la pression osmotique du sol sur la pression osmotique des racines de maïs.

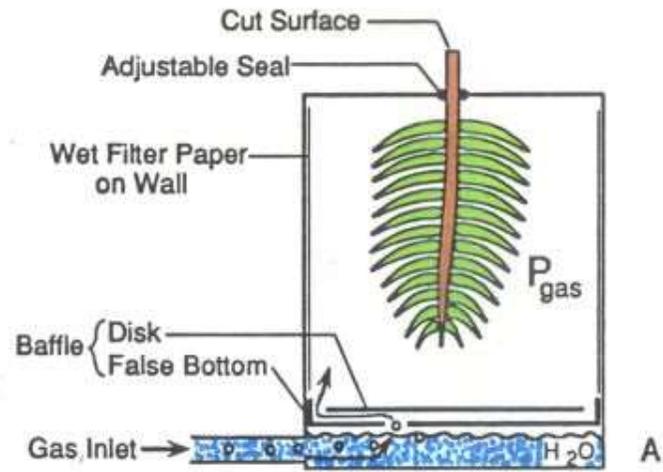
Pression osmotique (Bars)	
Solution du sol	Racines
1,21	4,59
1,99	5,48
3,38	6,61
4,96	7,51
7,22	8,19

Détermination du Potentiel Hydrique

Ποτεντιέλ Ηλεκτρικόν



A voir en détail en TP1



**Chambre de
Scholander ou
Chambre à
pression**

pression
chambre à
scholander ou
chambre de

**Chambre de Scholander
ou
Chambre à pression**

Chambre à pression
ou
Chambre de Scholander



Psychromètre



Détermination de la teneur en eau

teneur en eau

Organe végétal	θ_s (en %)
Feuilles de pommier	150
Feuilles de blé	300
Feuilles de chou	600
Tubercules	2000
Graines et spores	10
Tronc d'arbre	100

Tableau 4.1 : teneur en eau (en % de MS) de différents organes de végétaux

La teneur en eau d'un végétal se calcule de la façon suivante :

Un fragment de matière fraîche (MF) est prélevé et pesé, puis soumis à l'étuve (60°C, avec des étapes à 110°C pour détruire toute enzyme et prévenir une autolyse). La MS obtenue est pesée.

$$\text{Eau} = \text{MF} - \text{MS}. \quad \theta_f = \% \text{ d'eau} = m_{\text{eau}}/\text{MF}$$

Mais on peut aussi calculer le pourcentage par rapport à la masse sèche : $\theta_s = m_{\text{eau}}/\text{MS}$

Exemple: pour une plante de 100g, on a 80g d'eau et 20g de MS. $\theta_f = 80\%$ et $\theta_s = 400\%$.

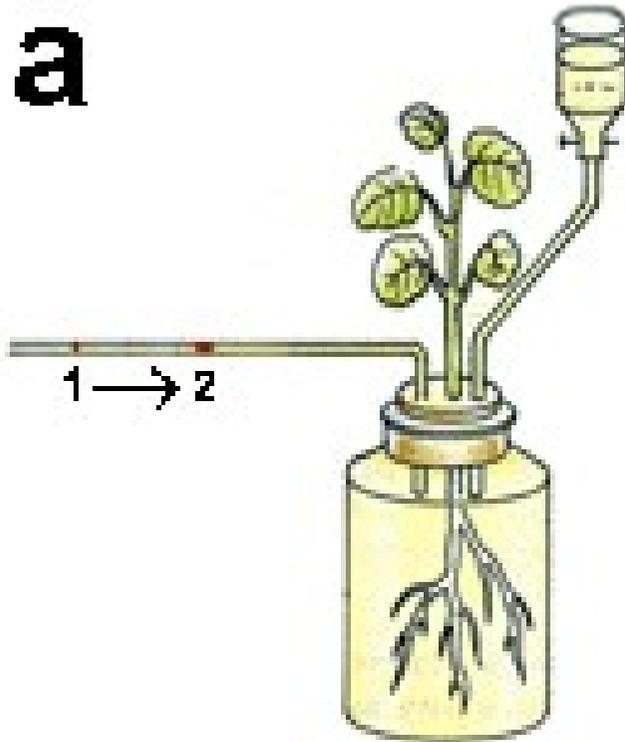
Quelques exemples de valeurs obtenues pour θ_s :

Organe végétal	θ_s (en %)
Feuilles de pommier	150
Feuilles de blé	300
Feuilles de chou	600
Tubercules	2000
Graines et spores	10
Tronc d'arbre	100

Tableau 4.1 : teneur en eau (en % de MS) de différents organes de végétaux

La vacuole, qui occupe jusqu'à 95 % du volume cellulaire, est très hydratée. Une cellule jeune est riche en eau, mais par la suite l'accumulation de réserves et l'épaississement de la paroi font chuter le θ_s vers des valeurs moyennes.

Le Potomètre



Qualité du sol dépend :

- Taille des particules minérales qui le forment.
- Quantité d'humus qu'il contient.
- Êtres vivants qui l'habitent.

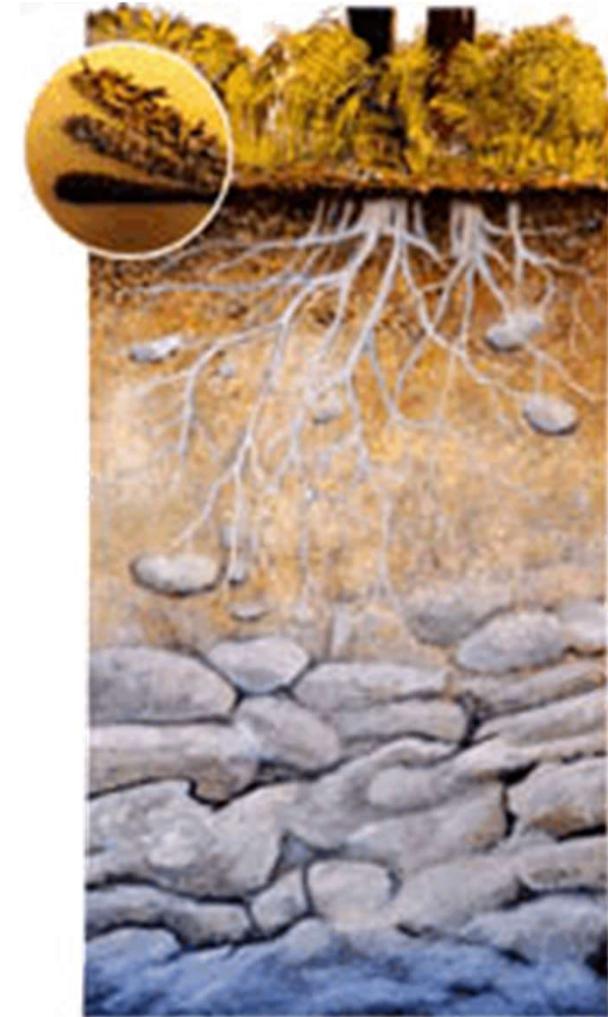
Ce sont les forces capillaires qui vont définir la valeur du potentiel.

En effet, on a : $\psi_w = \psi_m = -2T / r$
où T représente les tensions superficielles ($7,28 \cdot 10^{-8}$ MPa) et r le rayon des particules (en m) qui forment les interstices. Plus le rayon des particules sera petit et plus ψ sera grand.

Ex : $r = 0,5 \mu\text{m}$ $\psi_w \approx -0,3 \text{ MPa}$

$r = 0,01 \mu\text{m}$ $\psi_w \approx -15 \text{ MPa}$

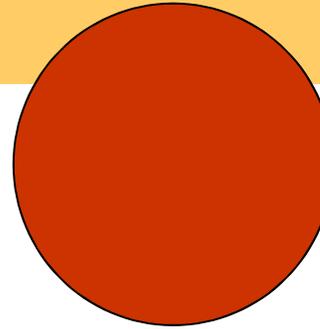
Plus la granulométrie est petite et plus l'eau sera retenue et difficile à prélever.



Taille des particules minérales.

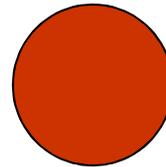
Sable:

- Particules de plus de 50 μm
- Friable, mais retient mal l'eau entre les pluies.
- ==> se dessèche rapidement et perd ses engrais par lessivage.



Limon:

- Particules de 2 à 50 μm



Argile:

- Particules < 2 μm
- Retient beaucoup d'eau.
- Peut se compacter ==> durcissement
- Peut se saturer d'eau ==> manque d'oxygène.



On considère qu'un sol idéal devrait contenir:

- **40% sable**
- **40% limon**
- **20% argile**

Disponibilité de l'eau dans le sol

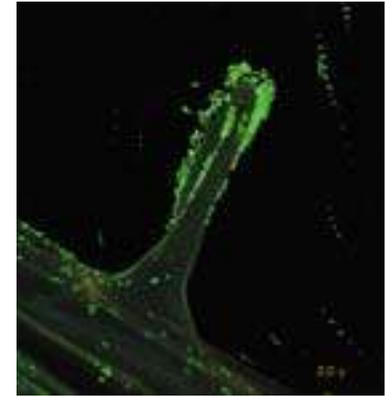
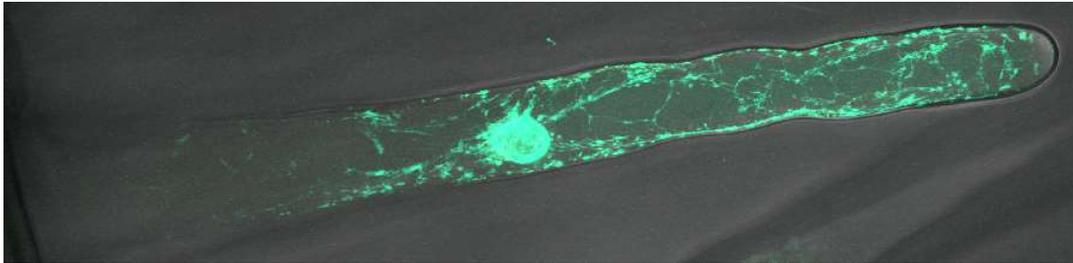
l'eau dans le sol

Classes de particules	Taille des particules (mm)	Rétention d'eau	Aération
Sable grossier	2,00-0,2	Faible	Excellente
Sable	0,20-0,02	Faible	Moyenne
Limon	0,02-0,002	Bonne	Bonne
Argile	Moins de 0,002	Excellente	Pauvre

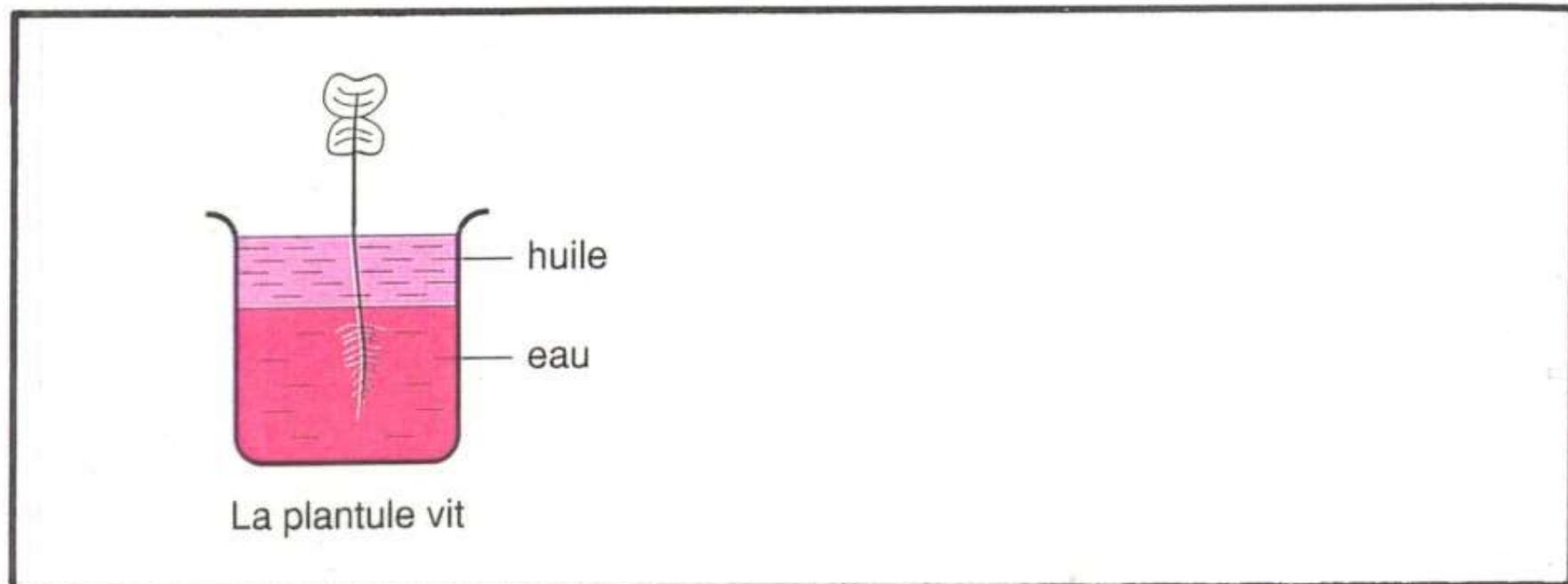
Présence d'humus

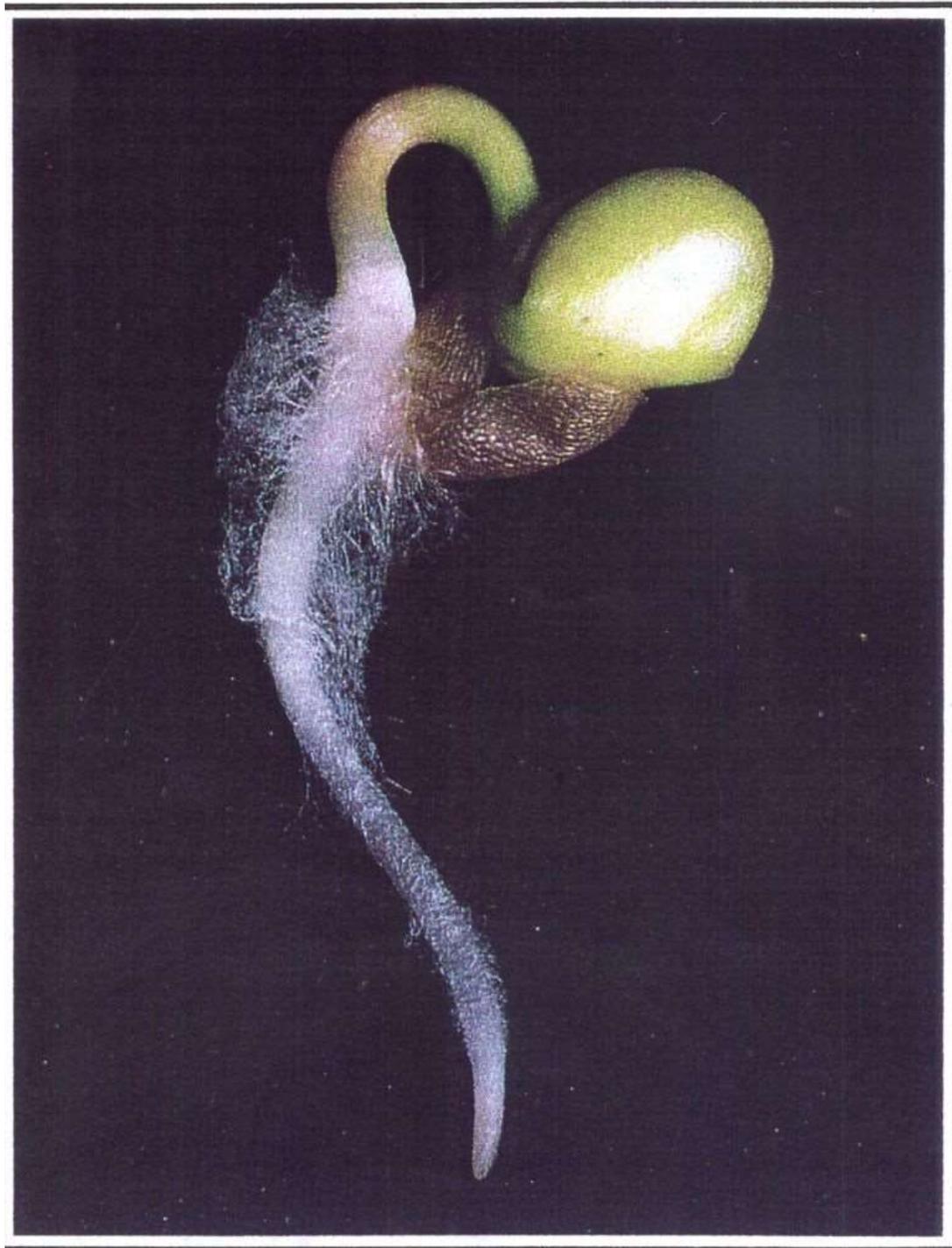
- L'humus rend le sol friable, aéré.
- Retient bien l'eau (100 fois plus que l'argile) sans se compacter DONC prévient le dessèchement du sol et le lessivage.
- Fournit progressivement des matières nutritives (engrais, minéraux) provenant de la décomposition.
- Rend le sol favorable aux organismes qui l'habitent.

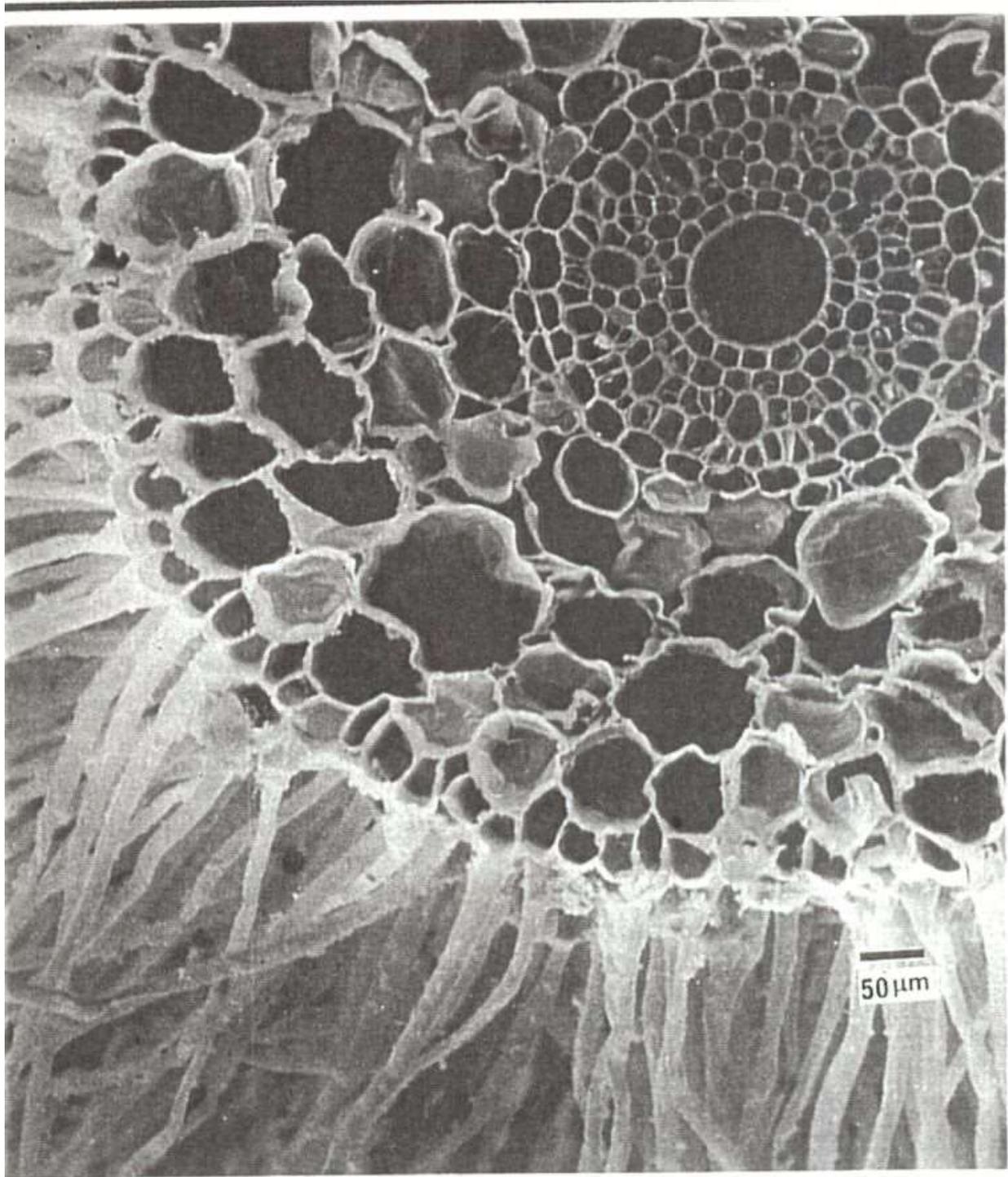
Sites de l'absorption



Expérience de Rosène

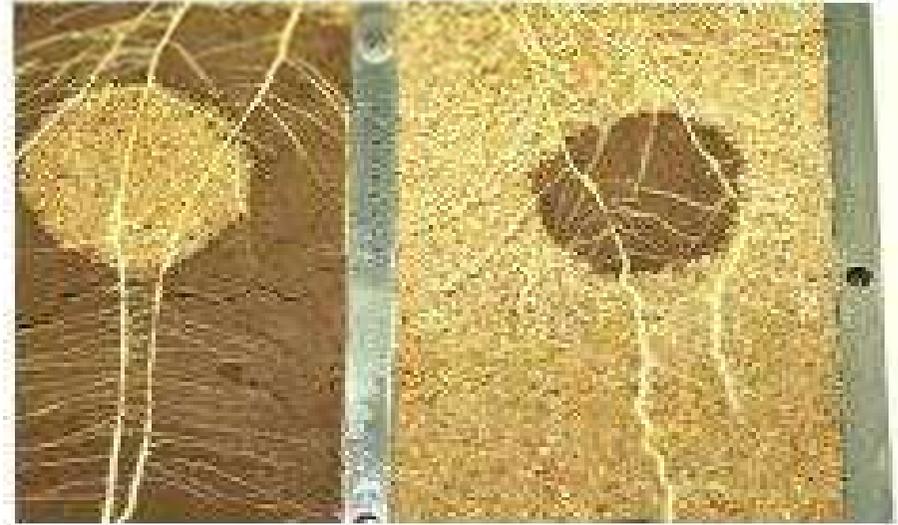




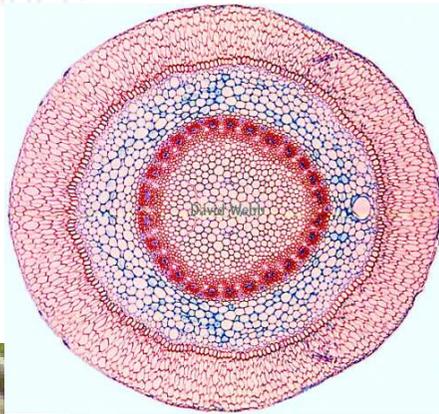


Notion de Rhizotron

NOTION DE RHIZOTRON



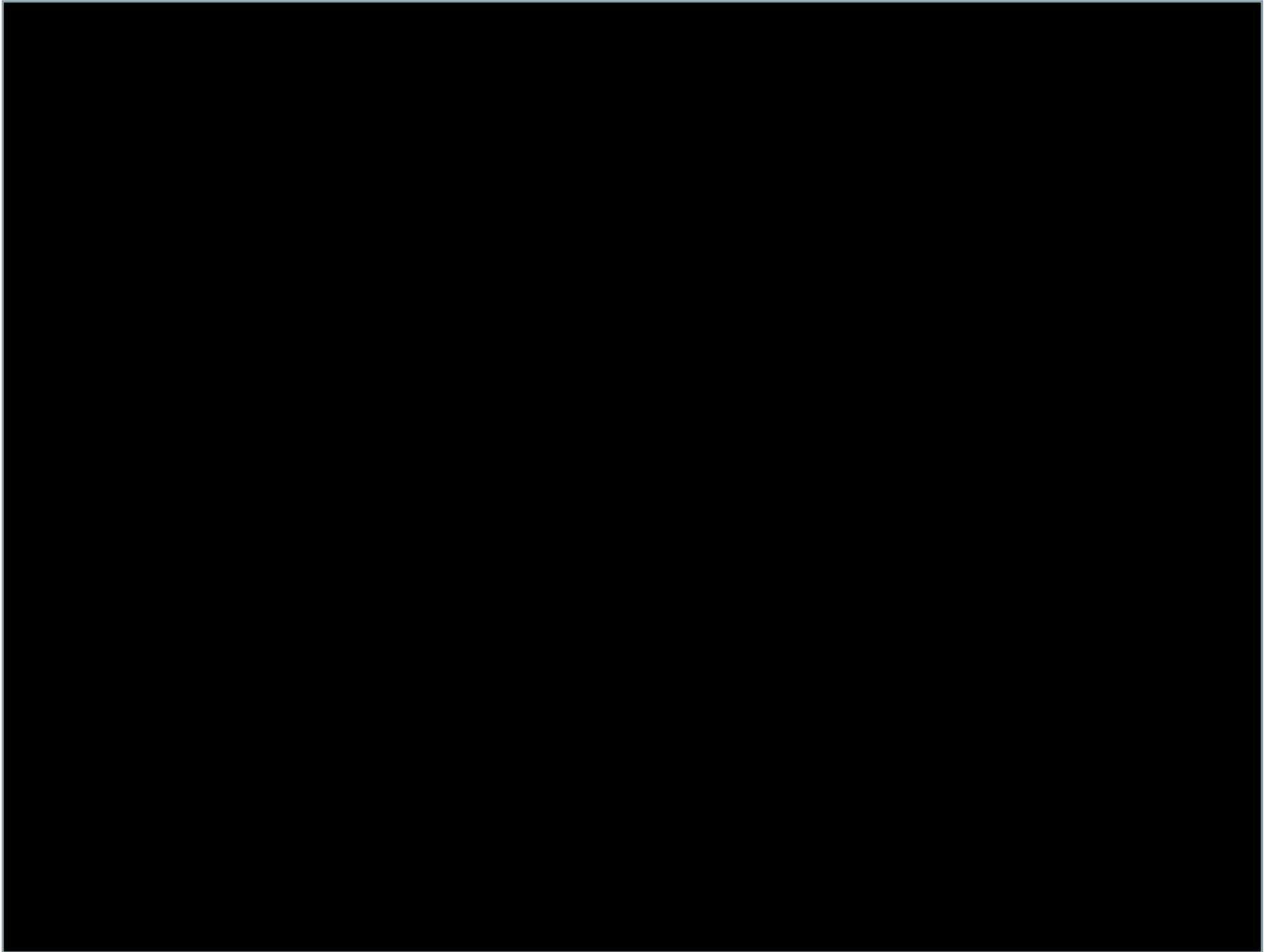
Vélamen d'orchidée

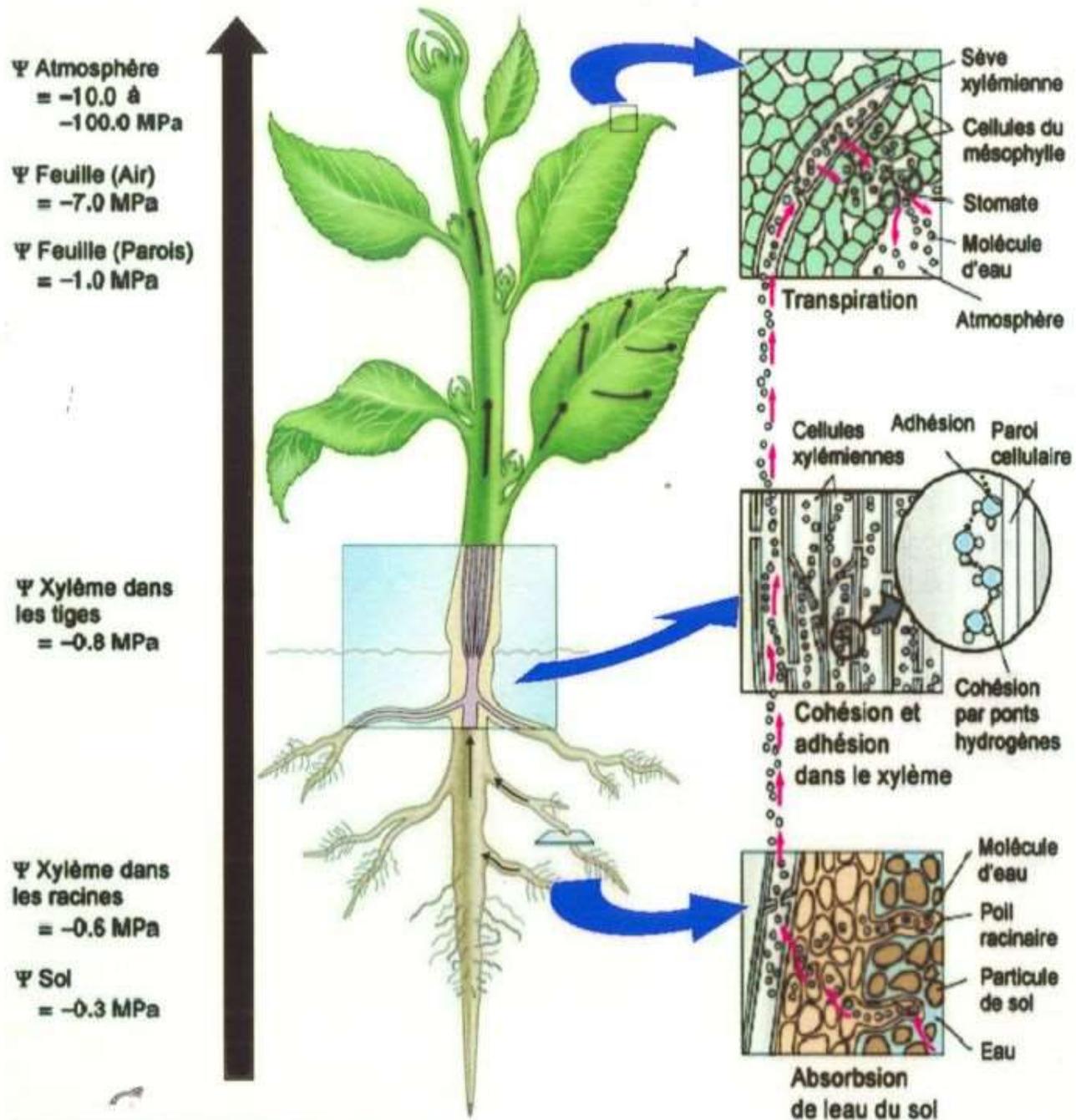


Coque de Platycérium
(cornes de cerf)

(cornes de cerf)



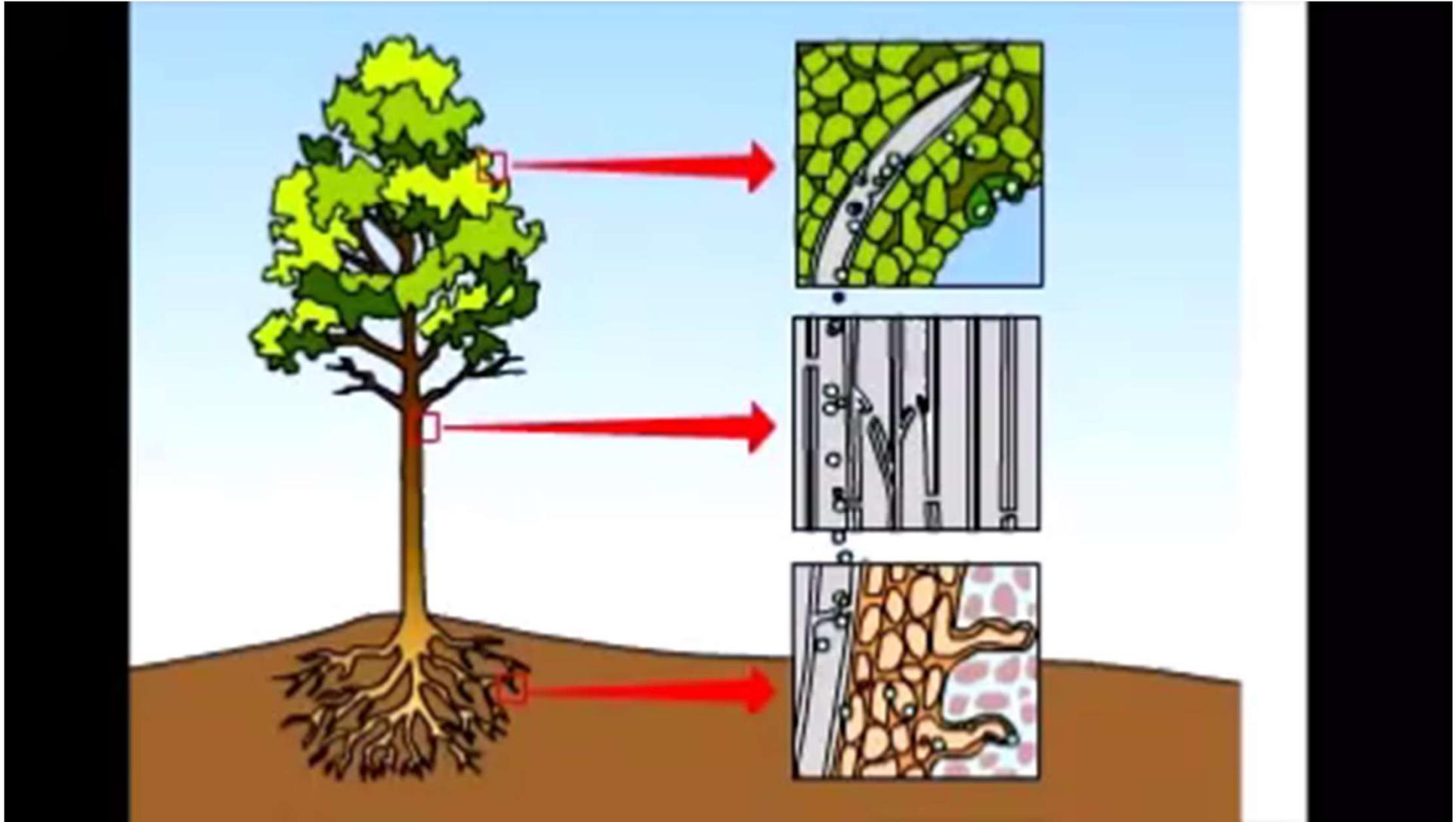




Adapté de Plant Physiology, Third Edition. Sinauer Associates, Inc. & Benjamin Cummings, Pearson Education, Inc.

Circulation de l'eau

CIRCULATION DE L'EAU



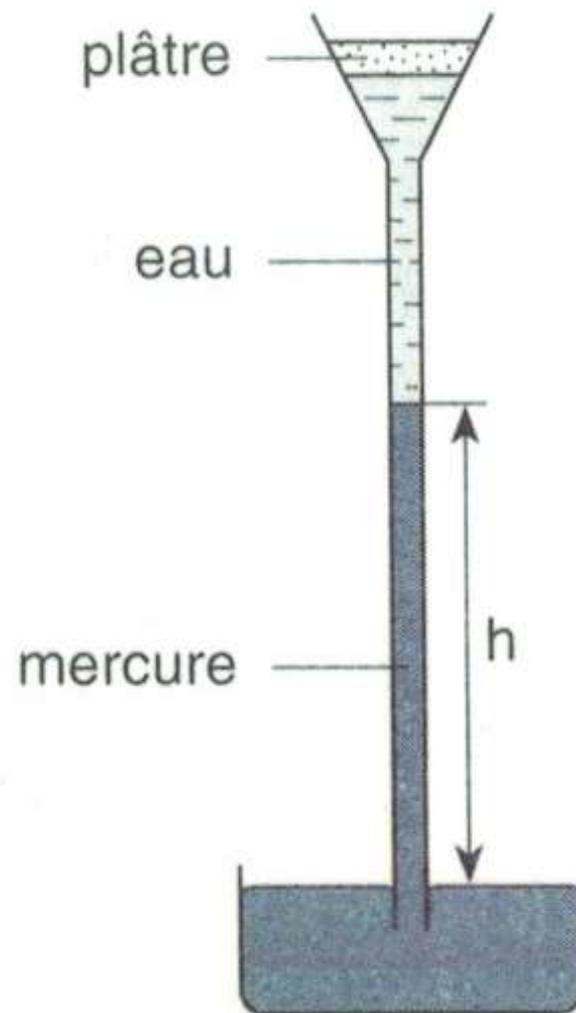


Figure 3-7.
Expérience de Dixon.

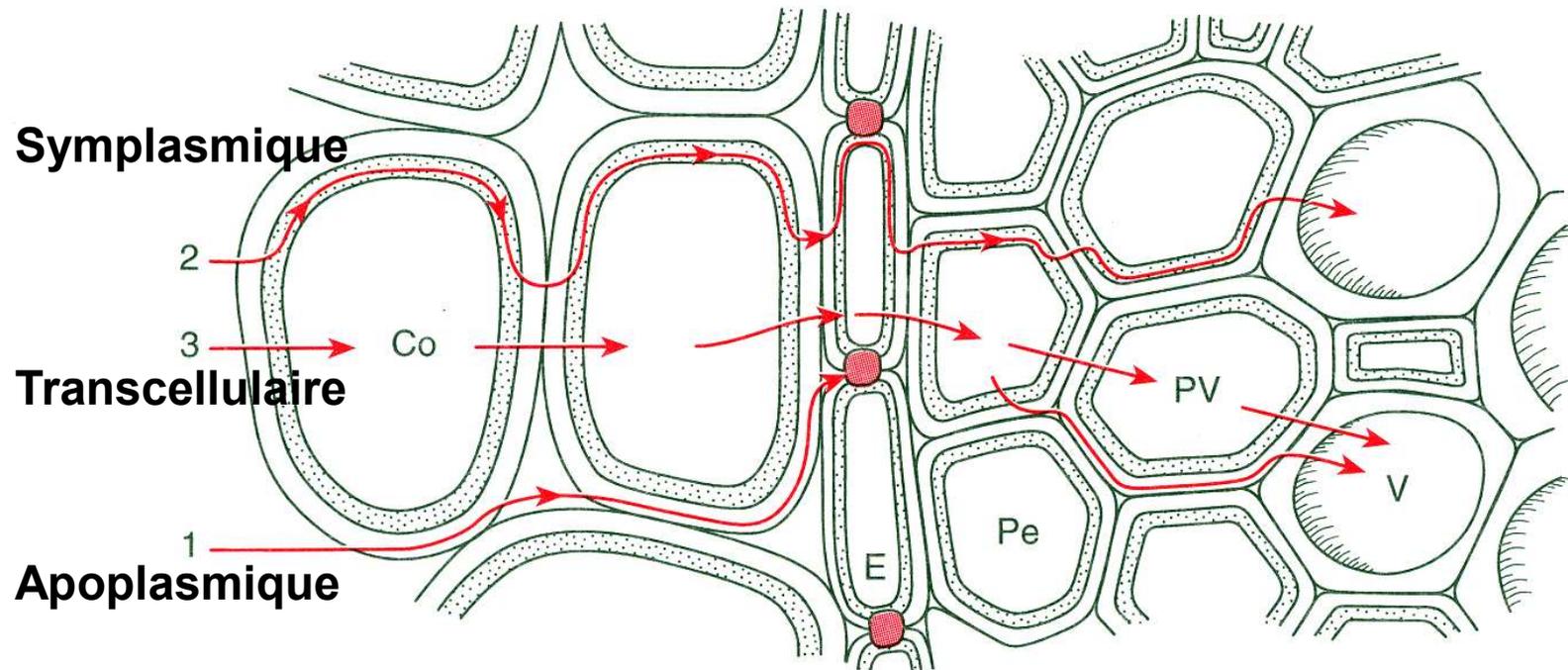
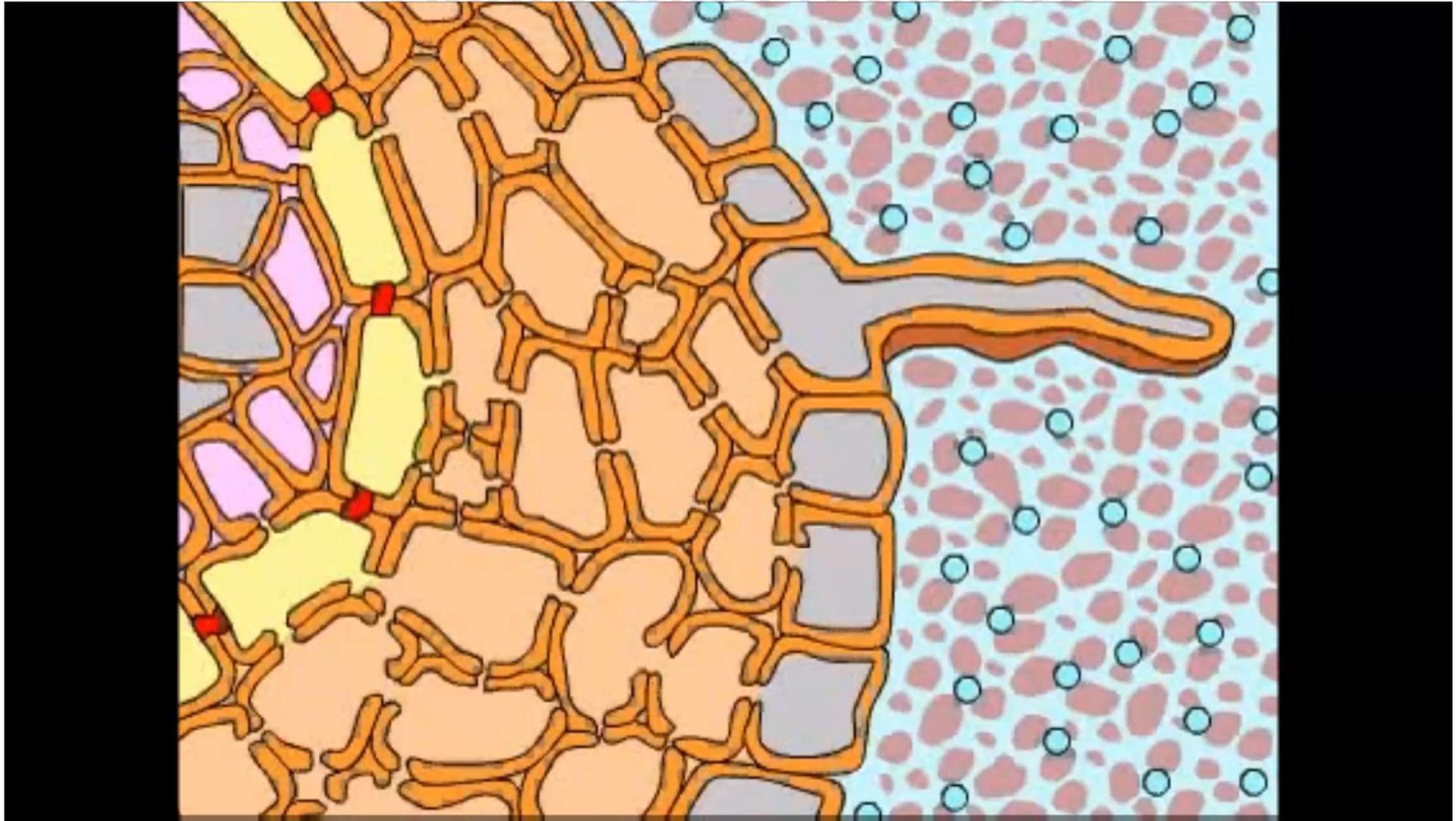


Figure 3-2. Trajets possibles pour l'eau.

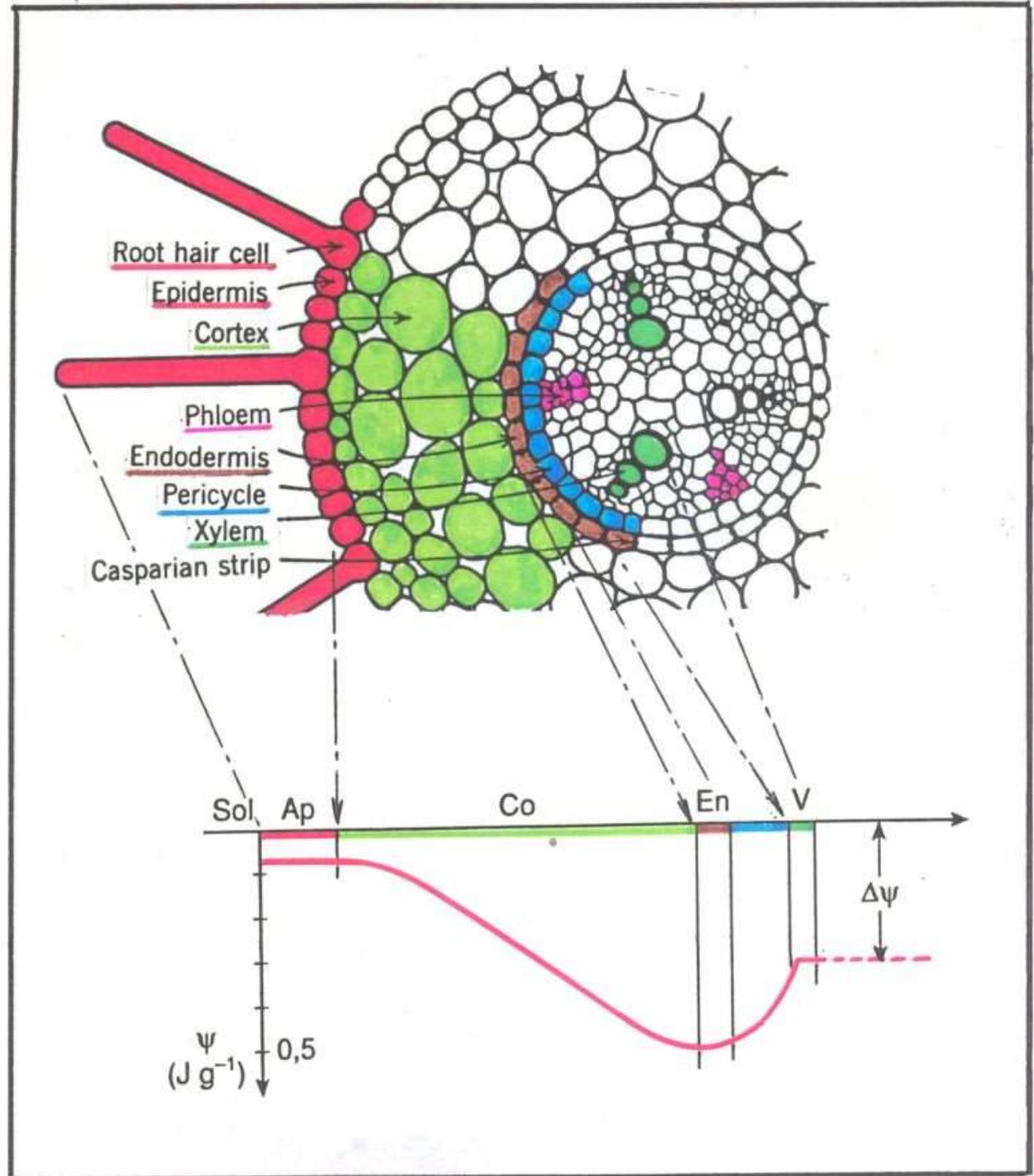
1) apoplasmique; 2) symplasmique; 3) transcellulaire. La voie apoplasmique est interrompue à l'endoderme (par le cadre subérifié), mais peut se reconstituer au-delà. Co, cellule du cortex; E, endoderme; Pe, péricycle; PV, parenchyme vasculaire; V, vaisseau.

Absorption racinaire



Poussée racinaire

Poussée racinaire



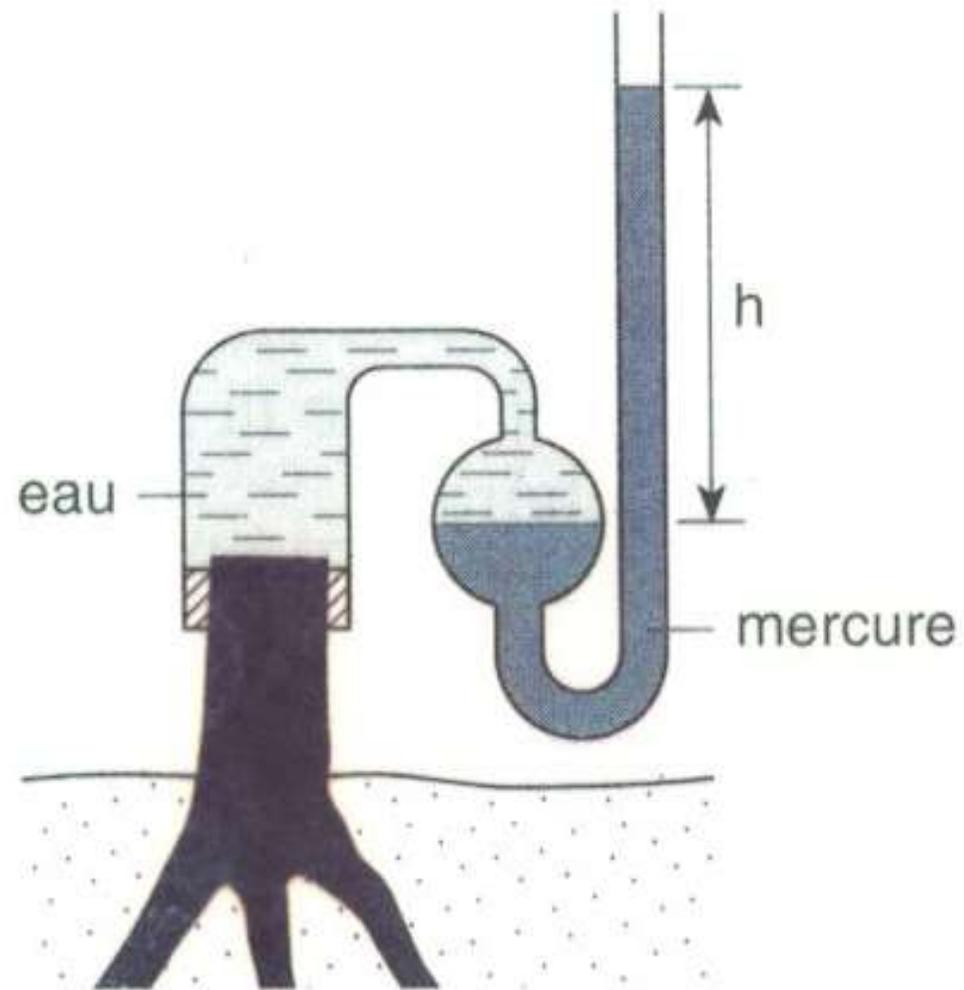
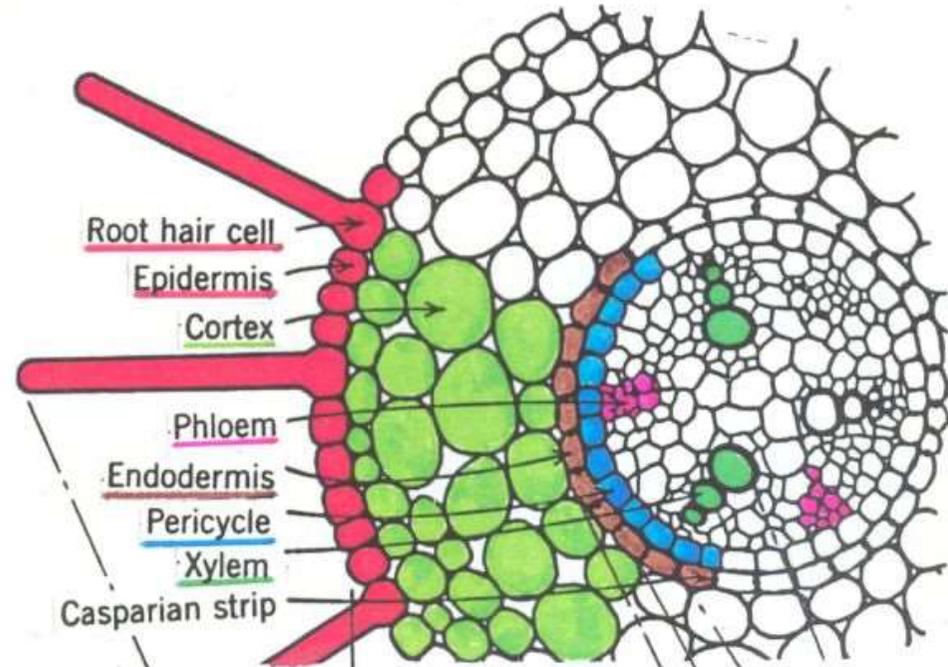


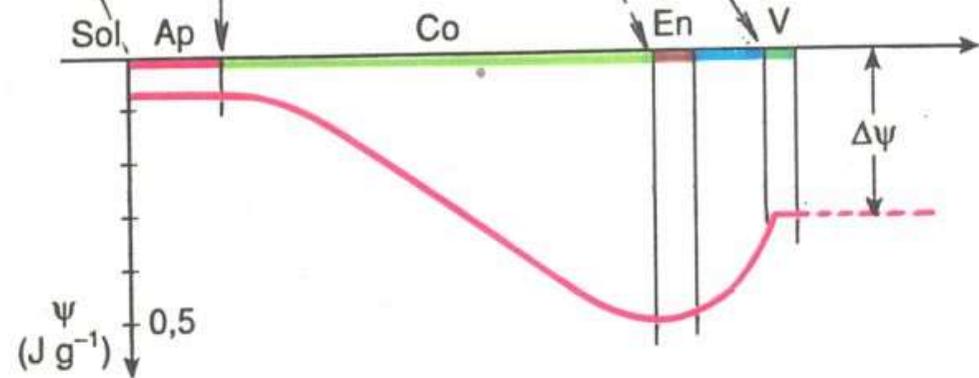
Figure 3-4. Poussée radiculaire.
Expérience de HALES (1727).

Poussée racinaire

Poussée racinaire



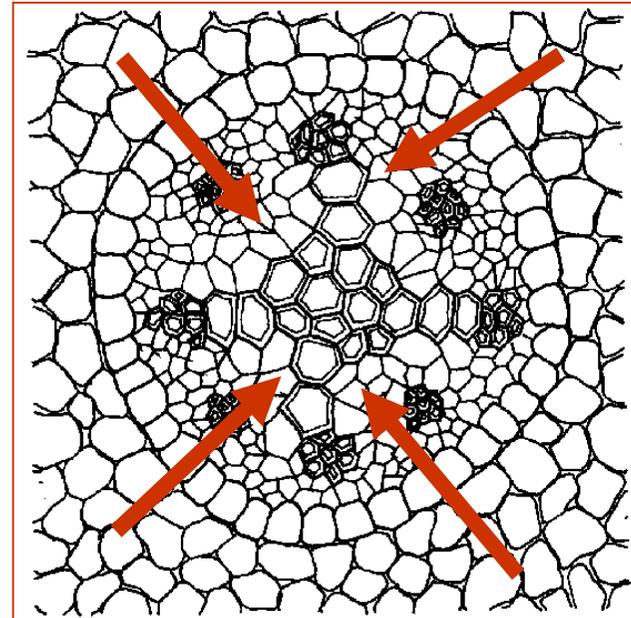
- Plantes de **Forte** transpiration
→ passive
- Plantes de **Faible** transpiration
→ active



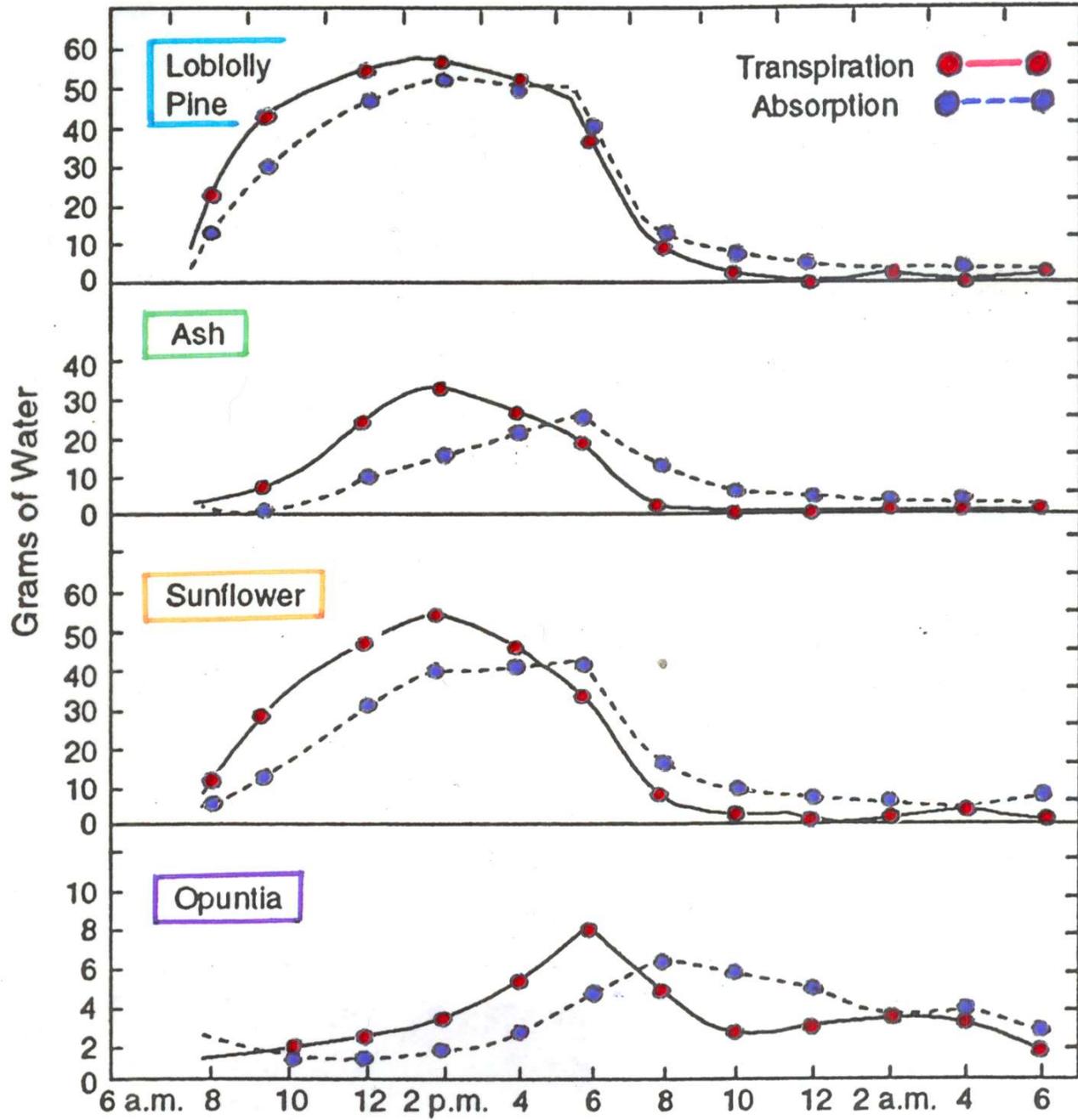
Pression racinaire

Transport actif de minéraux dans la stèle:

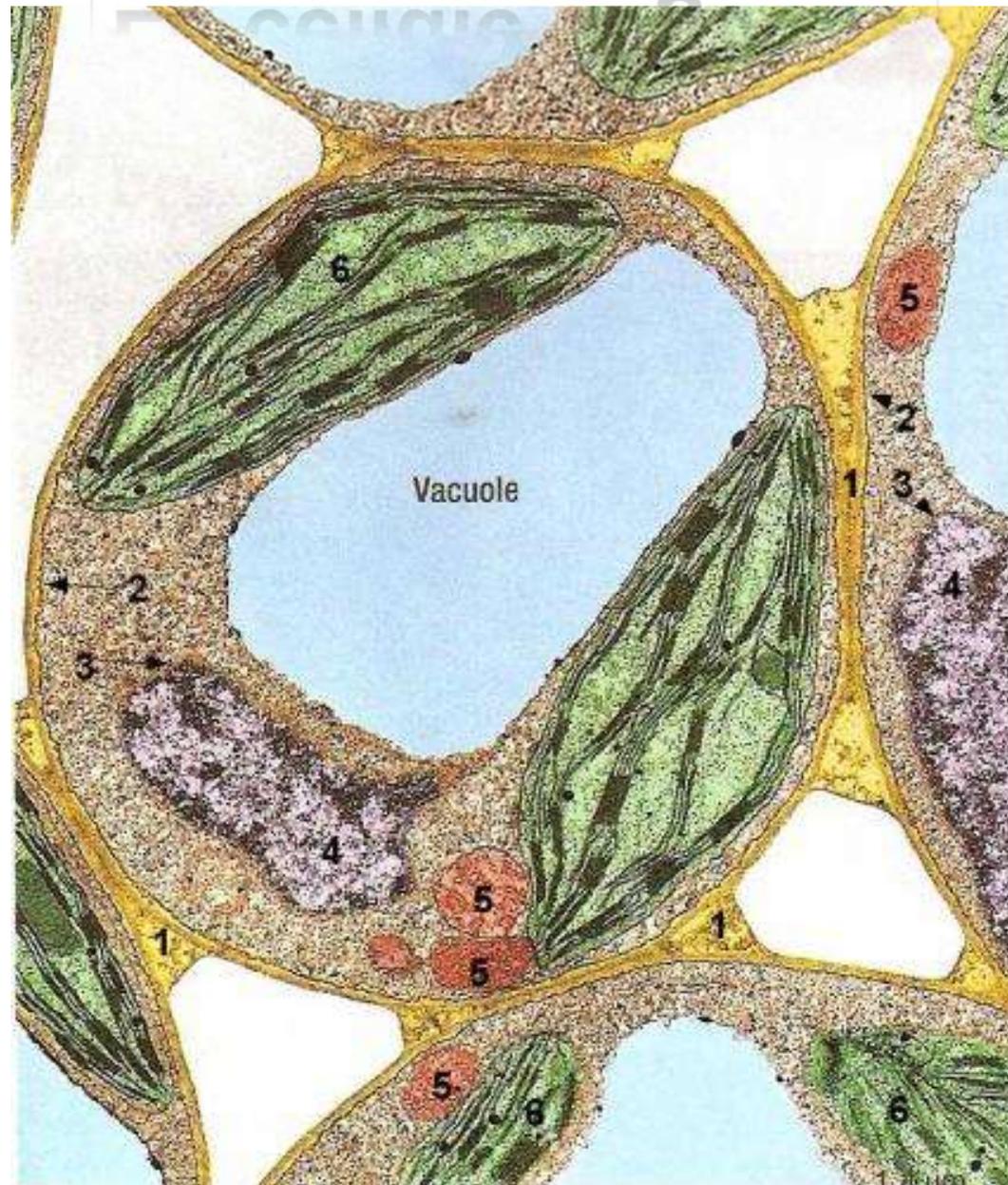
- Surtout au cours de la nuit.
- Augmente l'osmolarité de la stèle. Le potentiel hydrique dans la stèle devient plus faible que le potentiel hydrique à l'extérieur.
- L'eau se déplace vers la stèle et pénètre dans le xylème par osmose = **pression racinaire**.

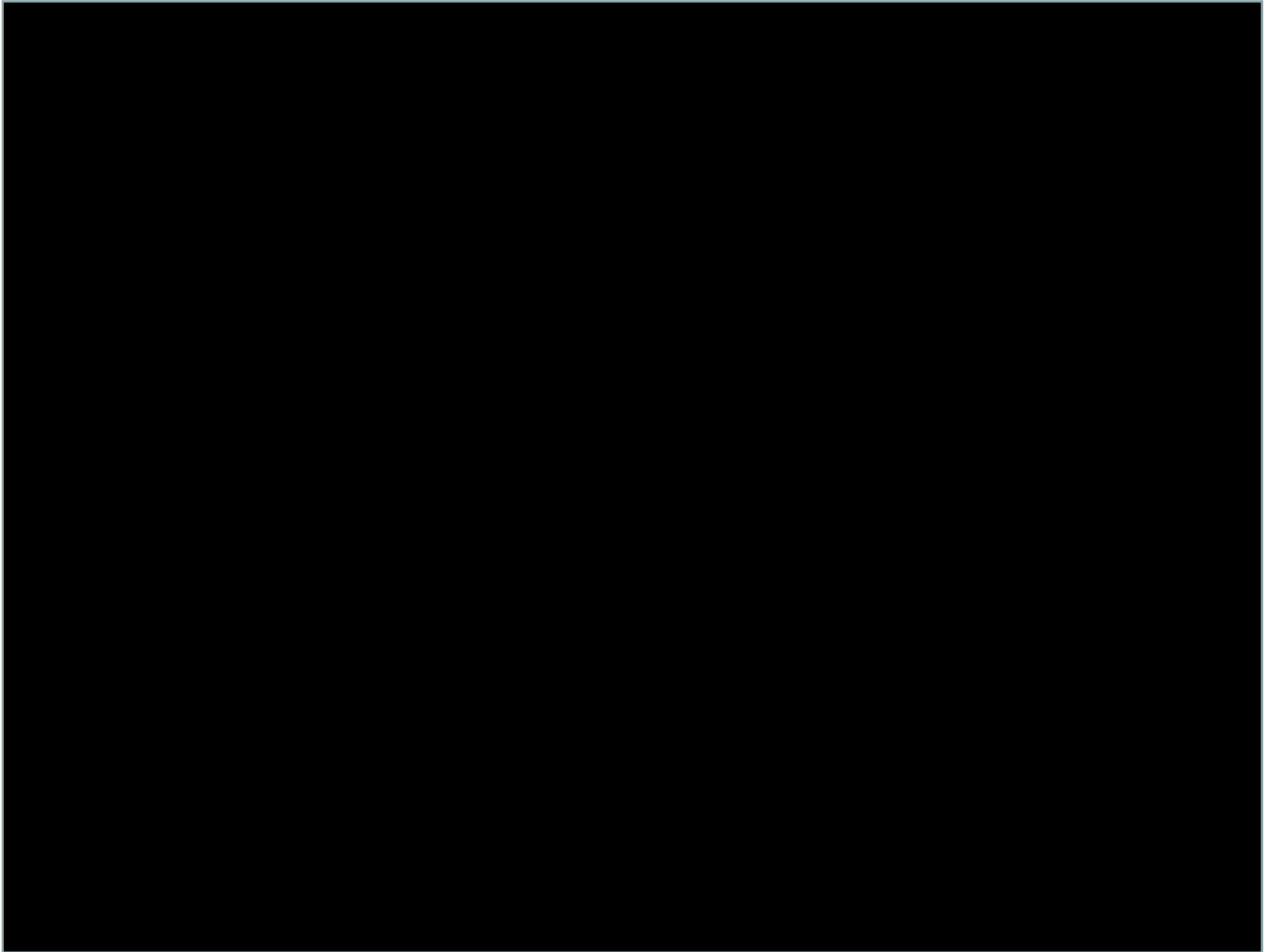


Transport actif de minéraux dans la stèle



La cellule végétale



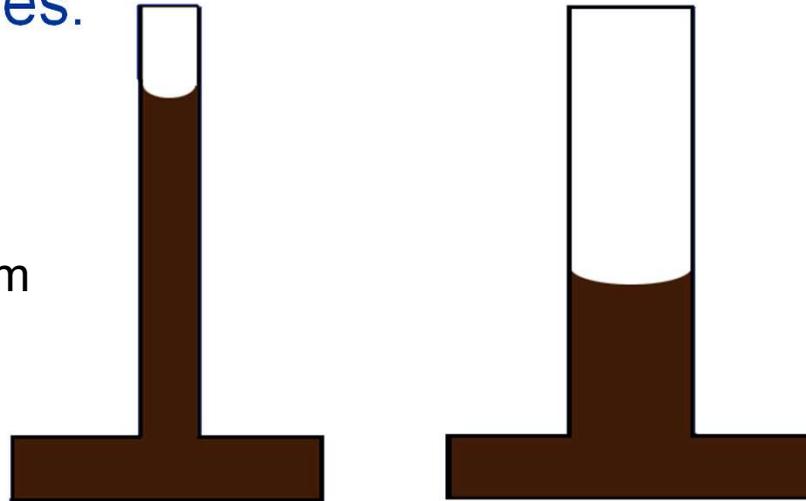


Les limites de la Capillarité

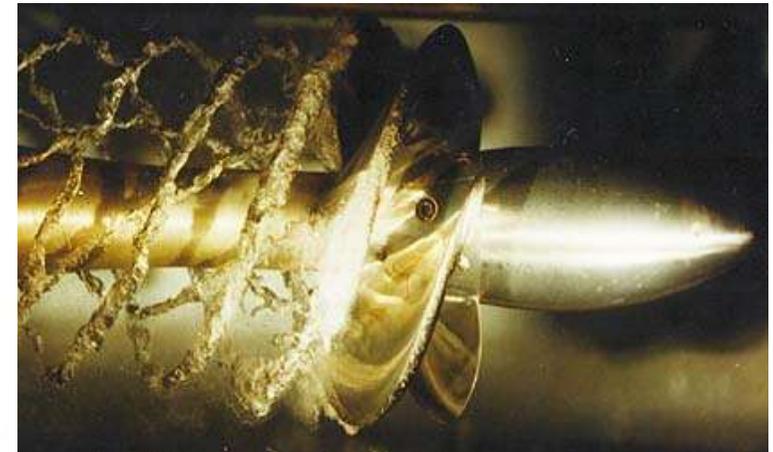
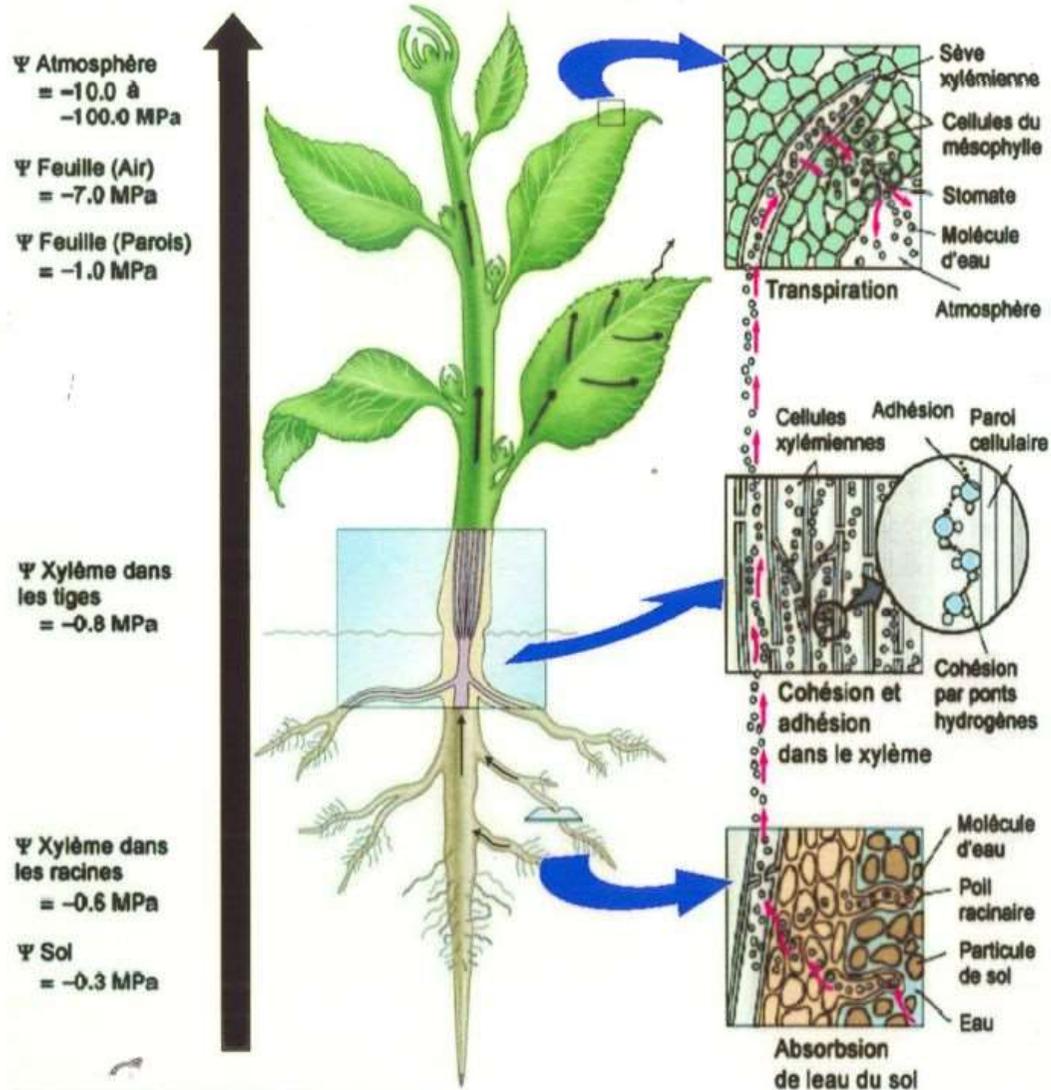
- Due à la cohésion des molécules d'eau entre elles et avec la paroi des vaisseaux conducteurs.
- Montée **inversement** proportionnelle au diamètre du tube.
- Ne peut pas monter plus haut que 1,5 m dans les plus petits trachéïdes.

Trachéïdes de $50\mu\text{m}$ \rightarrow $h = 0,6$ m

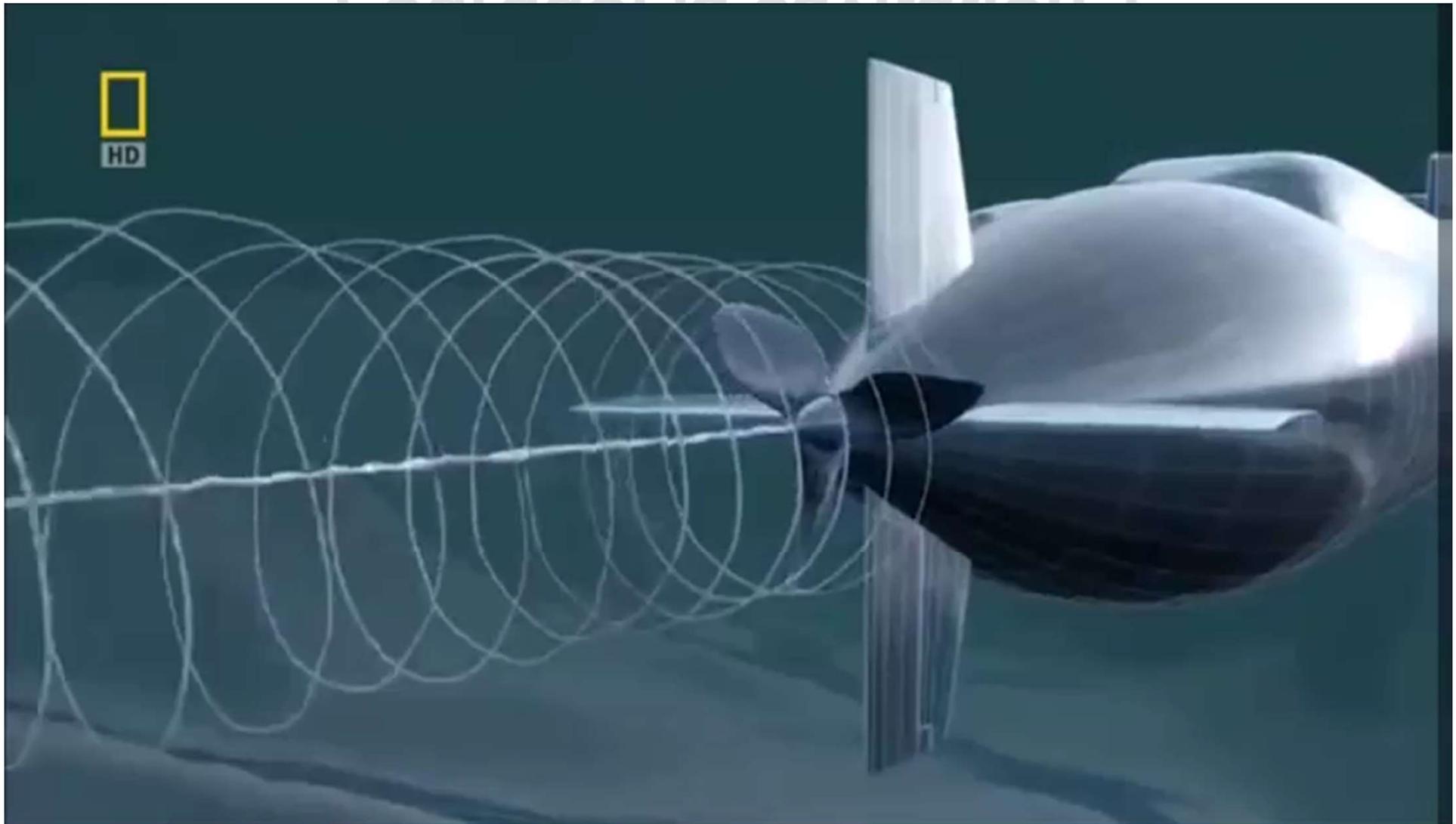
Trachéïdes de $200\mu\text{m}$ \rightarrow $h = 0,08$ m



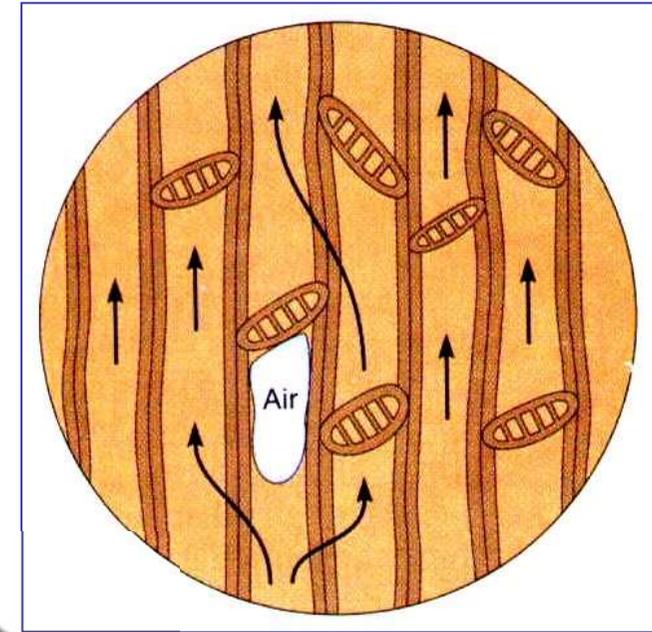
Embolie des arbres = cavitation



Pourquoi la cavitation ?



- Si la colonne d'eau est brisée par une bulle d'air (**cavitation**), il y a perte de cohésion entre les molécules et l'eau ne monte plus. Mais l'eau peut passer dans un autre vaisseau par les plasmodesmes.



Cours de Physique

Pr. Henri BROCH

Licence "Sciences de la Vie", 1^{ère} année

COHÉSION D'UN LIQUIDE

ou montée de la sève dans les grands arbres...

- Pression atmosphérique

P_0 au niveau du sol et des racines superficielles peut faire monter la sève à:

$$h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} \quad \text{max. } \sim 10 \text{ m}$$

- Ascension capillaire

Tubes fins de xylème, rayon 20 à 200 μm , permet élévation (avec $\theta = 0^\circ$):

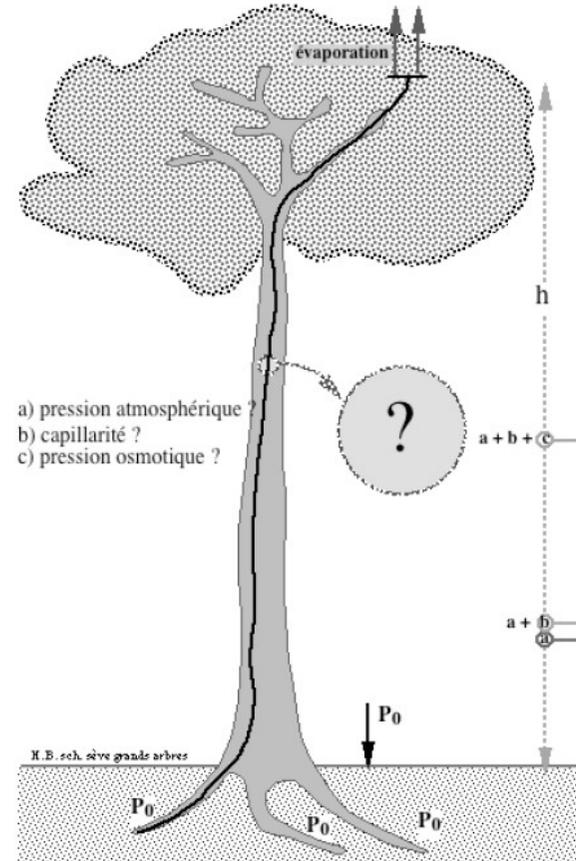
$$h = \frac{2\sigma}{\rho \cdot g \cdot r} \quad \text{max. } \sim 0,7 \text{ m}$$

- Pression osmotique

Pour concentration en sucres élevée (~ 20 à 30 g/l avec $M_{\text{mol}} \sim 350$)

$$h = \frac{c \cdot R \cdot T}{\rho \cdot g} \quad \text{max. } \sim 20 \text{ m}$$

$a + b + c \implies$ au mieux environ 30 m. Et pourtant des arbres de 50 m et plus poussent sans problème...



Cohésion d'un liquide

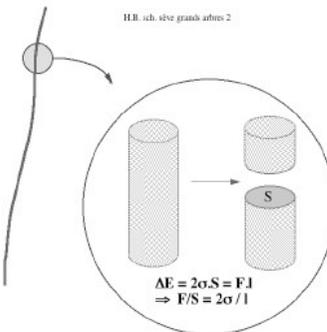
Forces intermoléculaires ne s'exercent que sur distances très courtes, \approx dizaine de fois la taille des molécules.

H) sève = eau, force constante sur 2 nm :

$$\Delta W = 2\sigma \cdot S = F \cdot l \quad \text{d'où} \quad \frac{F}{S} = \frac{2\sigma}{l} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-9}} = 73 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

L'eau peut résister à des pressions négatives d'environ 700 fois la pression atmosphérique sans se fractionner.

L'évaporation au niveau des feuilles produit une aspiration de la sève qui se déplace "en bloc" du fait de sa cohésion.



$$\Delta E = 2\sigma \cdot S = F \cdot l \implies F/S = 2\sigma/l$$

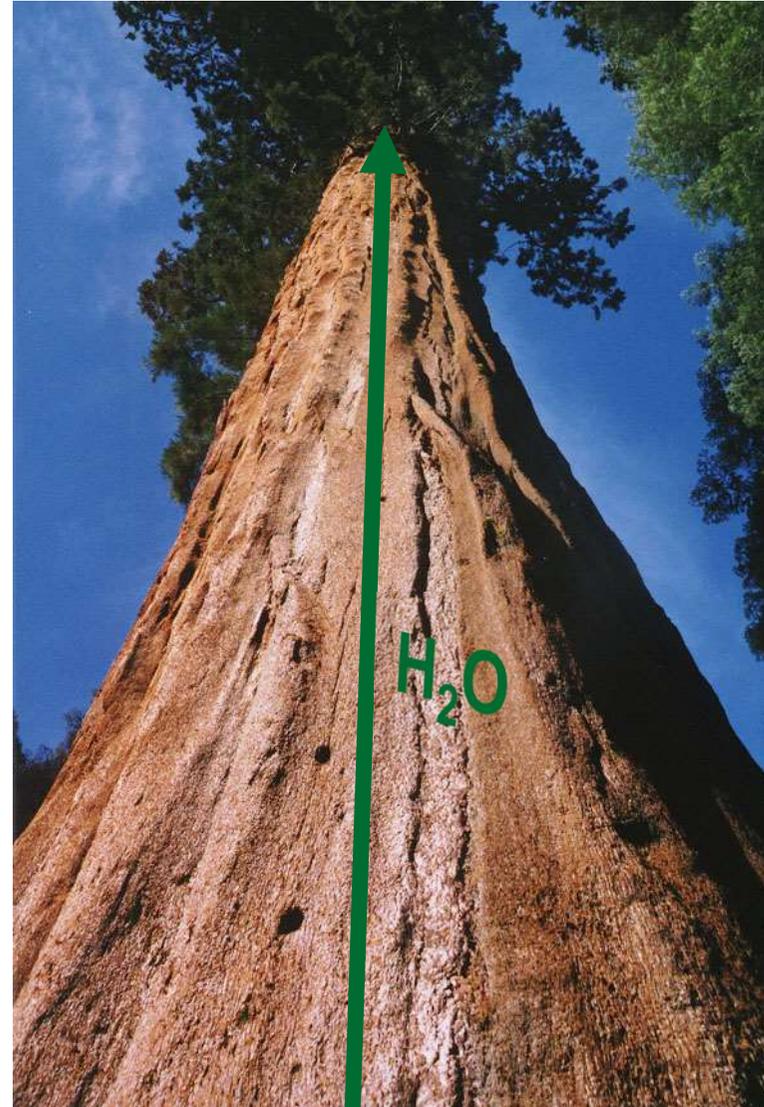
N.B.: La cohésion moléculaire explique pourquoi, contrairement à ce qui est très souvent affirmé, un siphon fonctionne dans le vide !



Les plus grands arbres (Séquoia) atteignent ~ 100 m

Trois forces contribuent à faire monter l'eau:

1. Capillarité
2. Pression racinaire
3. Aspiration foliaire

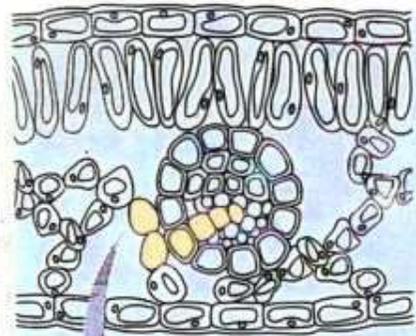


Potentiel de gravité

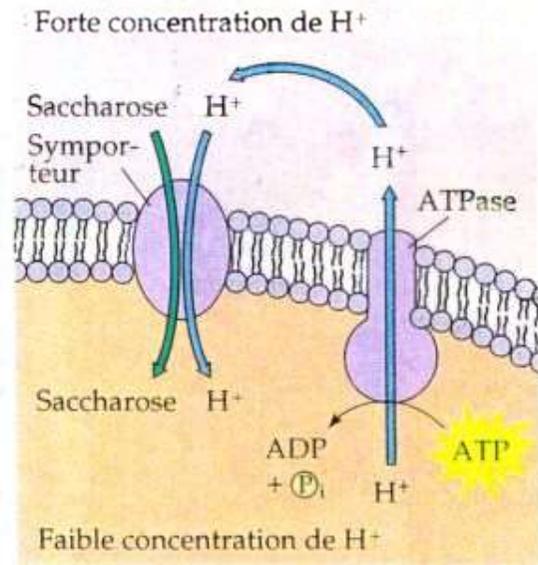
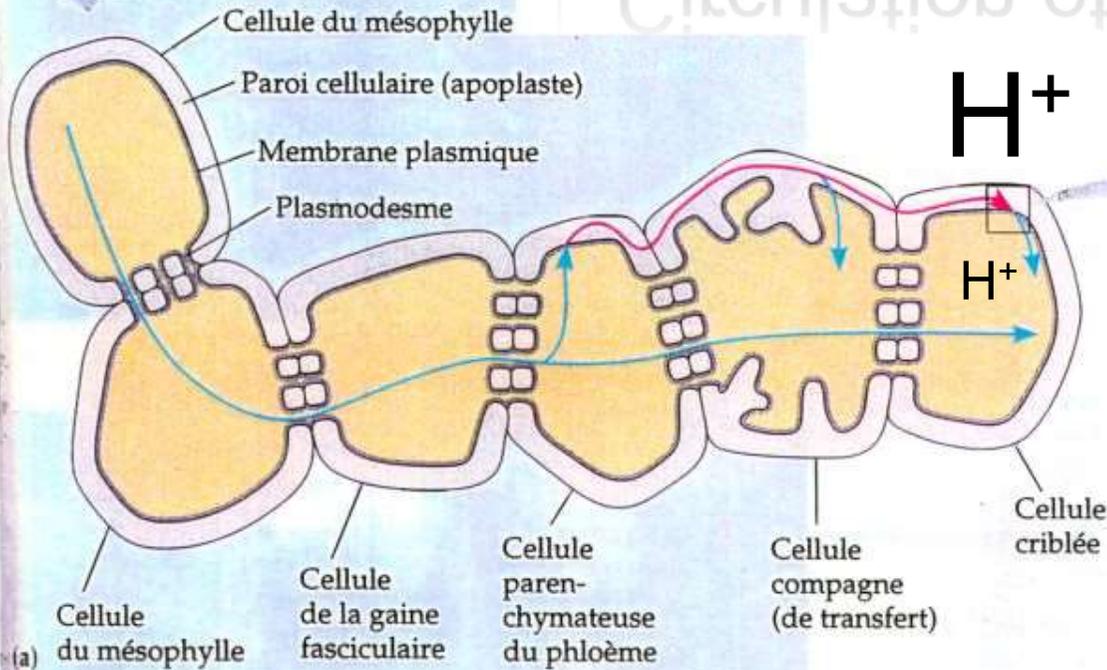
- $\psi_g = \rho gh$ avec P en Pascal (100000 Pa = 1 Bar)
- $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Accélération de la pesanteur $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- h est la hauteur en mètre

hauteur 10m $\rightarrow \psi_g = 0,98 \text{ bar}$ 100m $\rightarrow \psi_g = 9,81 \text{ bar}$

Circulation et transport de la sève élaborée



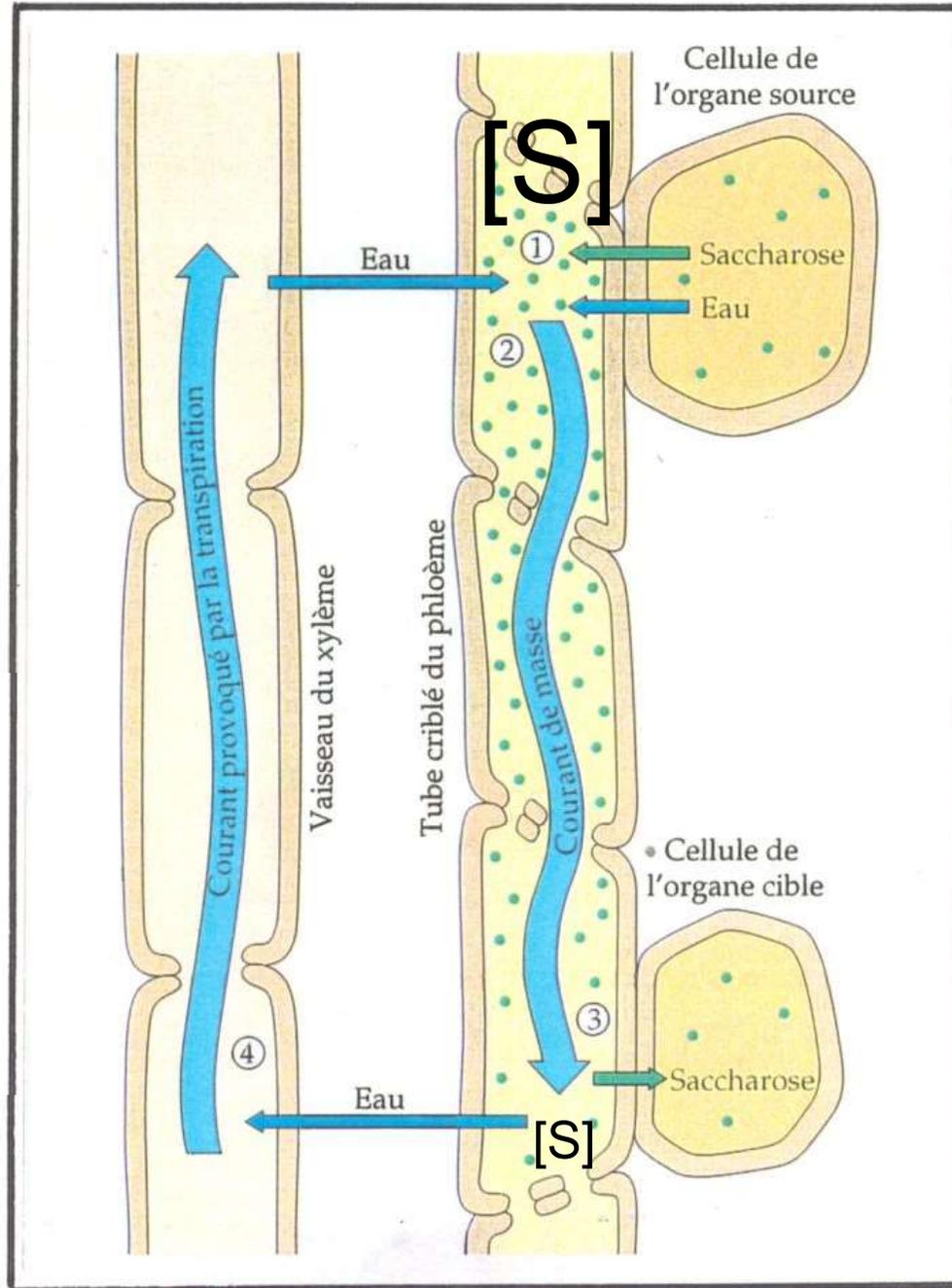
sève élaborée Circulation et transport de la



(b)

Transport des organes **sources** vers les organes **puits**

puits
vers les organes
organes **sources**
transport des



Transport de la sève élaborée dans le phloème

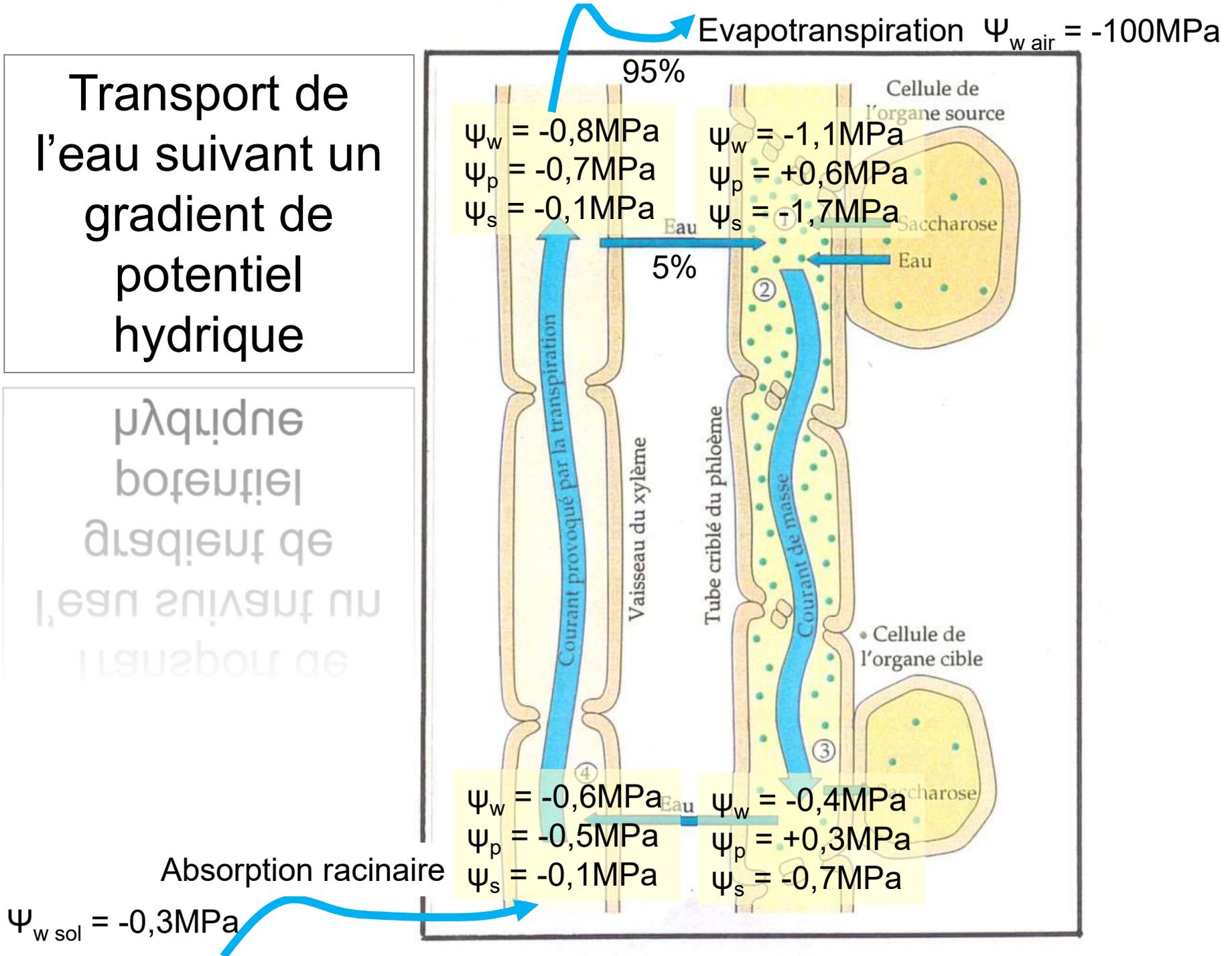
Se fait d'un organe source vers un organe cible

- **Organe source** : produit des glucides
- **Organe cible** : utilise ou met en réserve les glucides (fruit ou racine par exemple)

N.B. Un tubercule peut être un organe source ou cible selon la saison.

Transport de l'eau suivant un gradient de potentiel hydrique

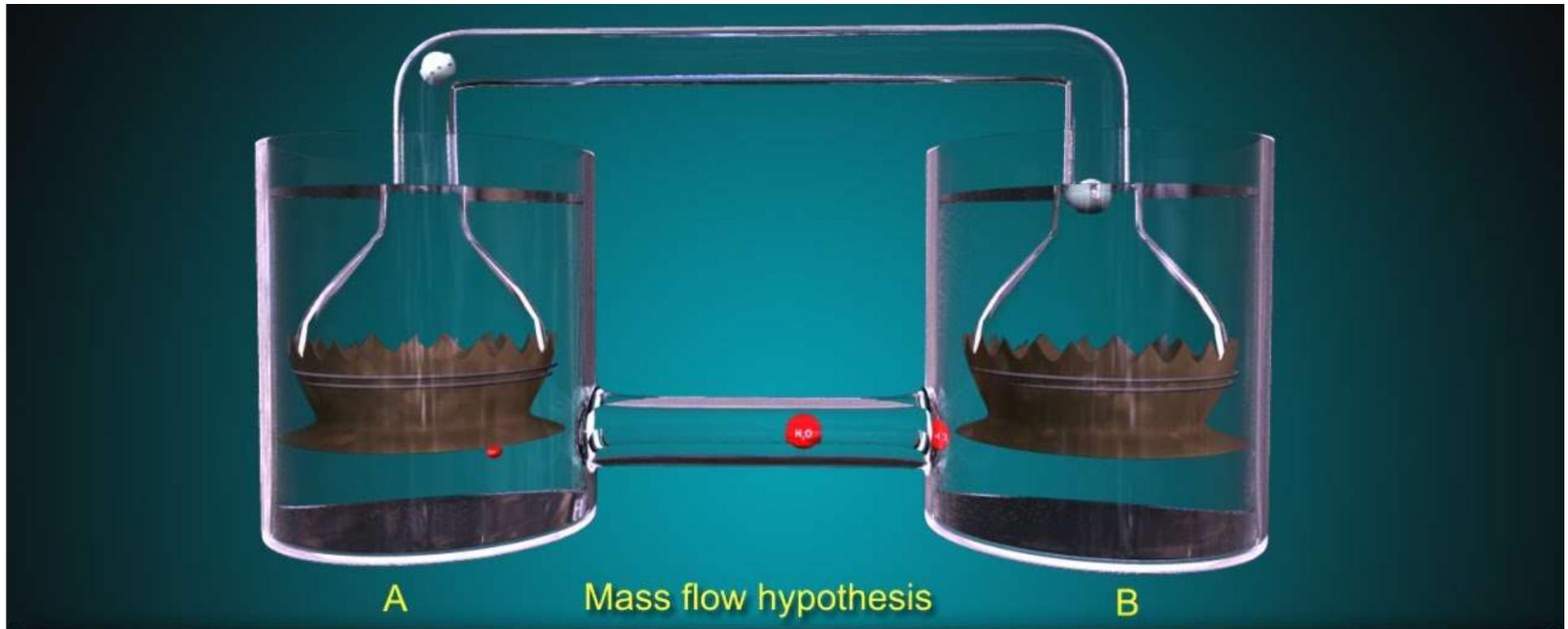
μλqιdιue
potentiel
gradient de
l'eau suivant un
transport de



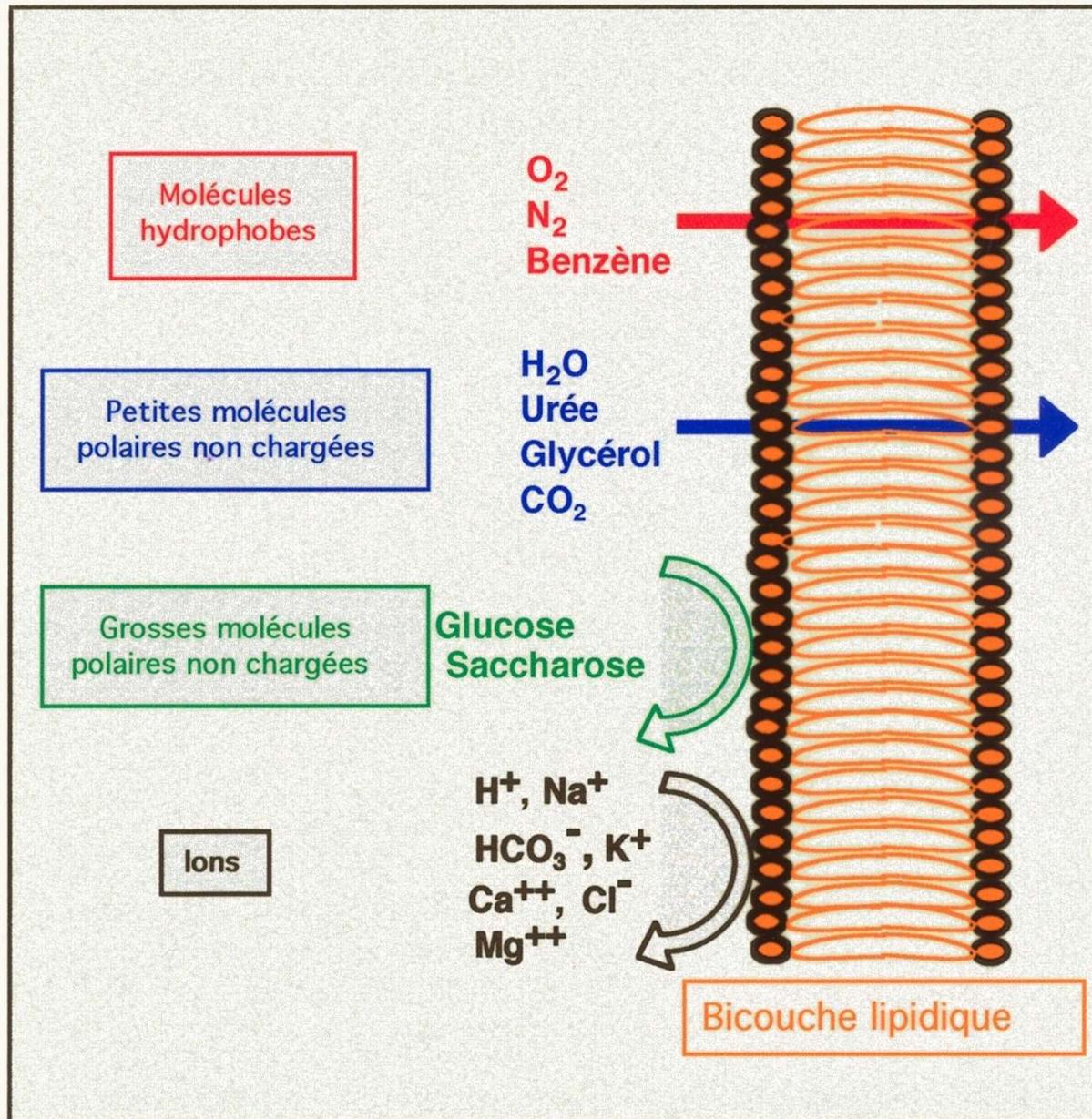
Hypothèse du flux de masse

Modèle de Münch 1927

<https://www.youtube.com/watch?v=uK7I9YH0UiU>

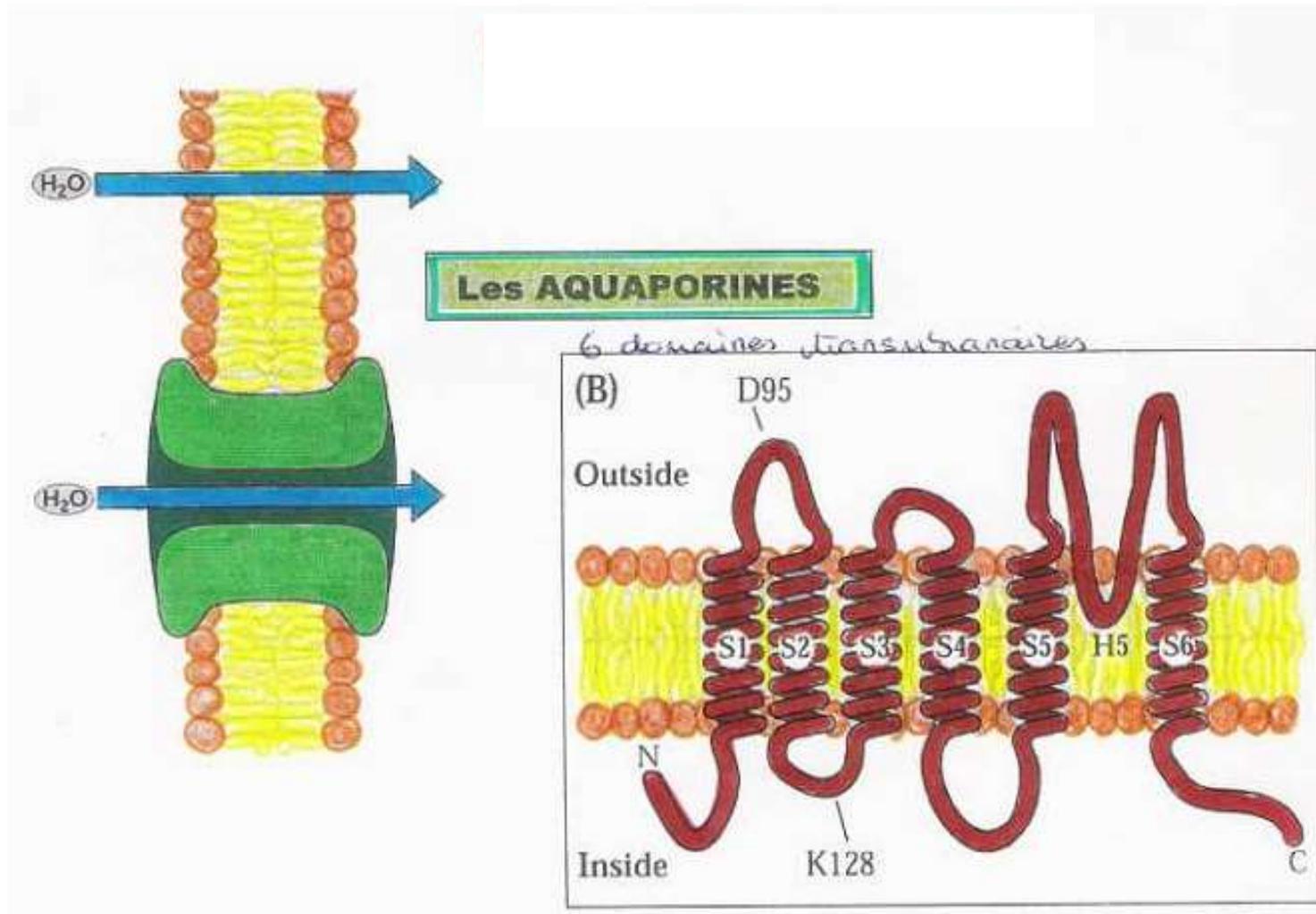


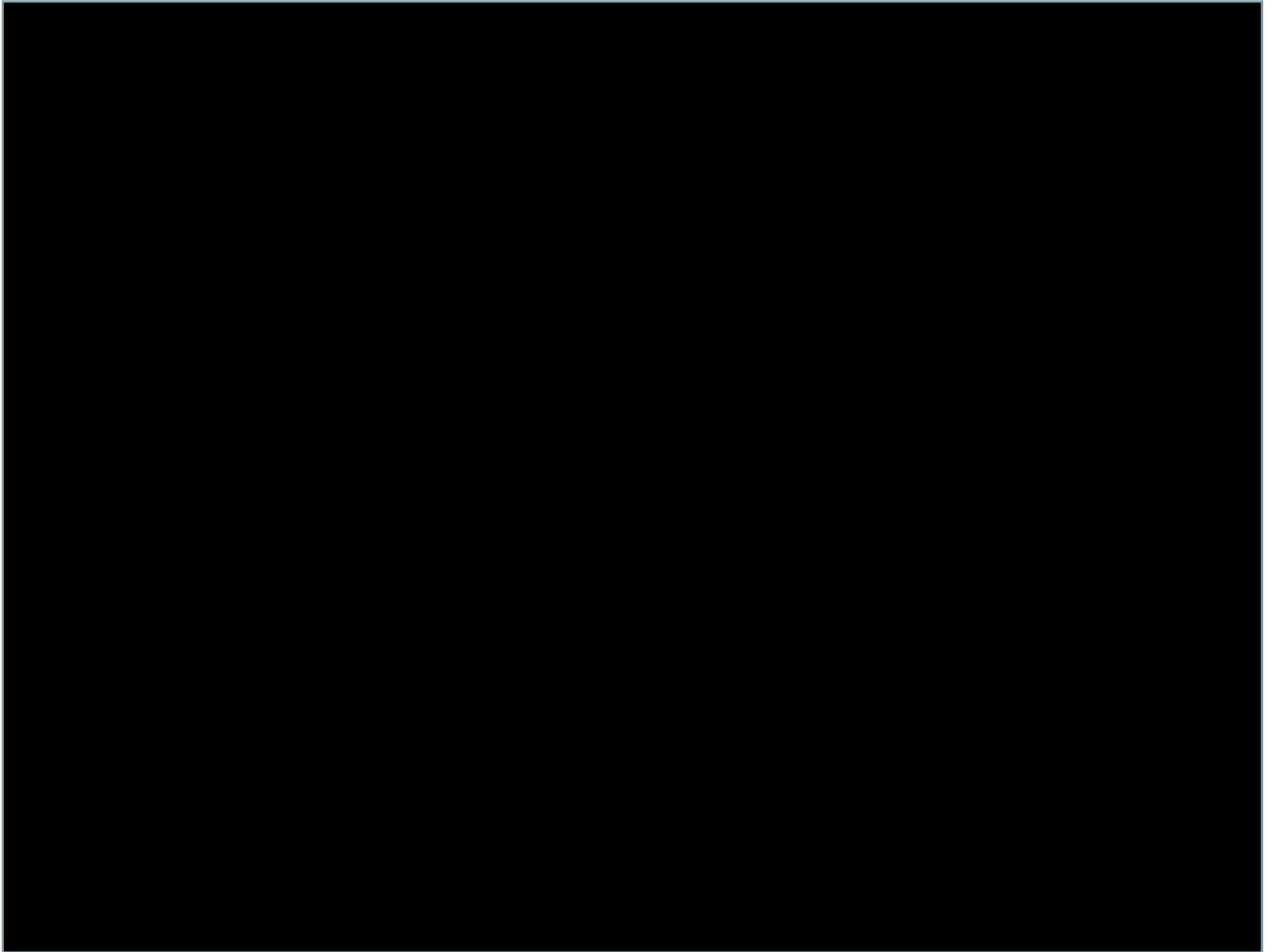
Les différents types de transport



L'eau traverse les membranes par différents mécanismes

- Diffusion simple entre les lipides
- Diffusion par les aquaporines, qui sont des protéines membranaires spécifiques formant un canal permettant la diffusion de l'eau sans contact avec la membrane. Certaines aquaporines ne sont exprimées que lors de stress hydrique. Le passage de l'eau se fait dans les deux sens.





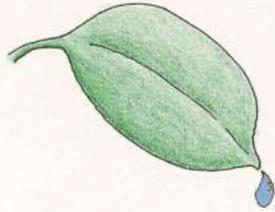
La pression racinaire peut entraîner dans certains cas la **guttation** (\neq rosée)



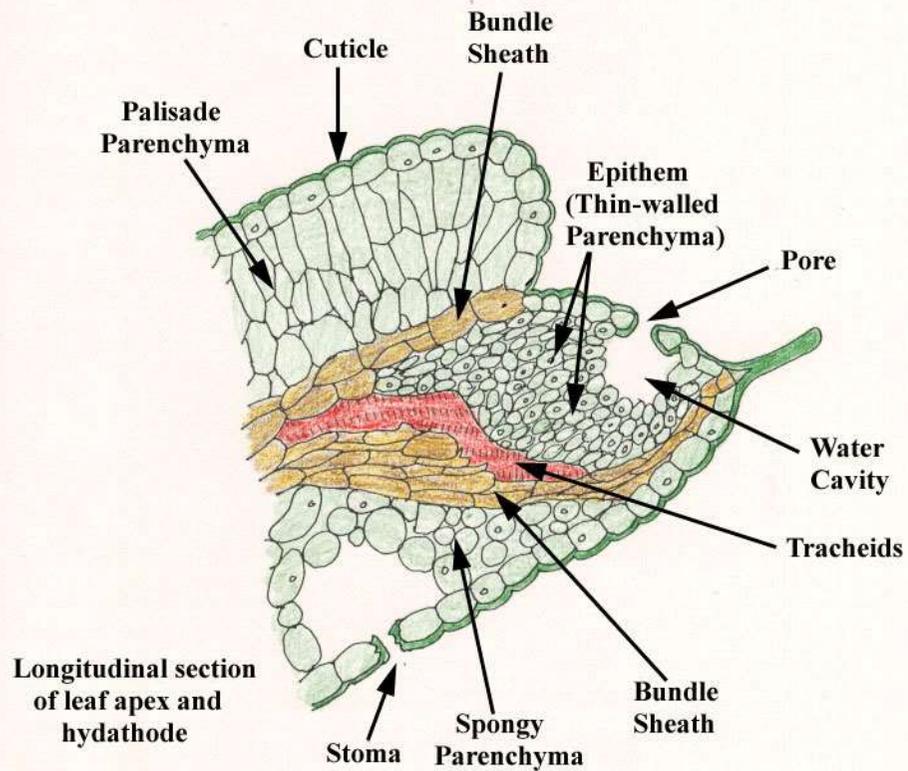
L'eau perle le matin au niveau des feuilles des petites plantes.

Le phénomène ne se produit que si le sol est gorgé d'eau et si l'air est assez humide pour ralentir l'évaporation au niveau des feuilles.

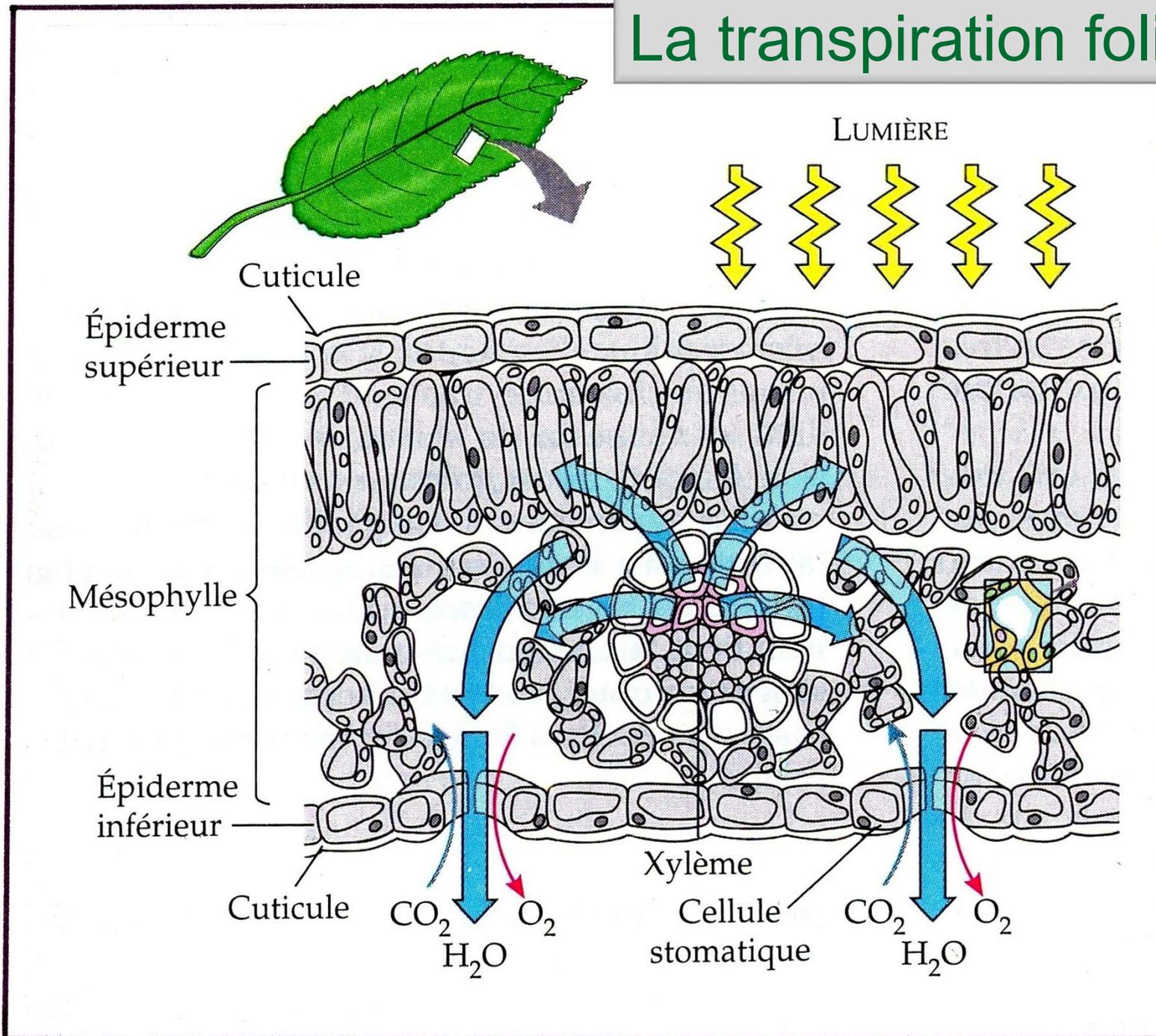
Hydathode = stomate aquifère



Leaf with guttation droplet from hydathode



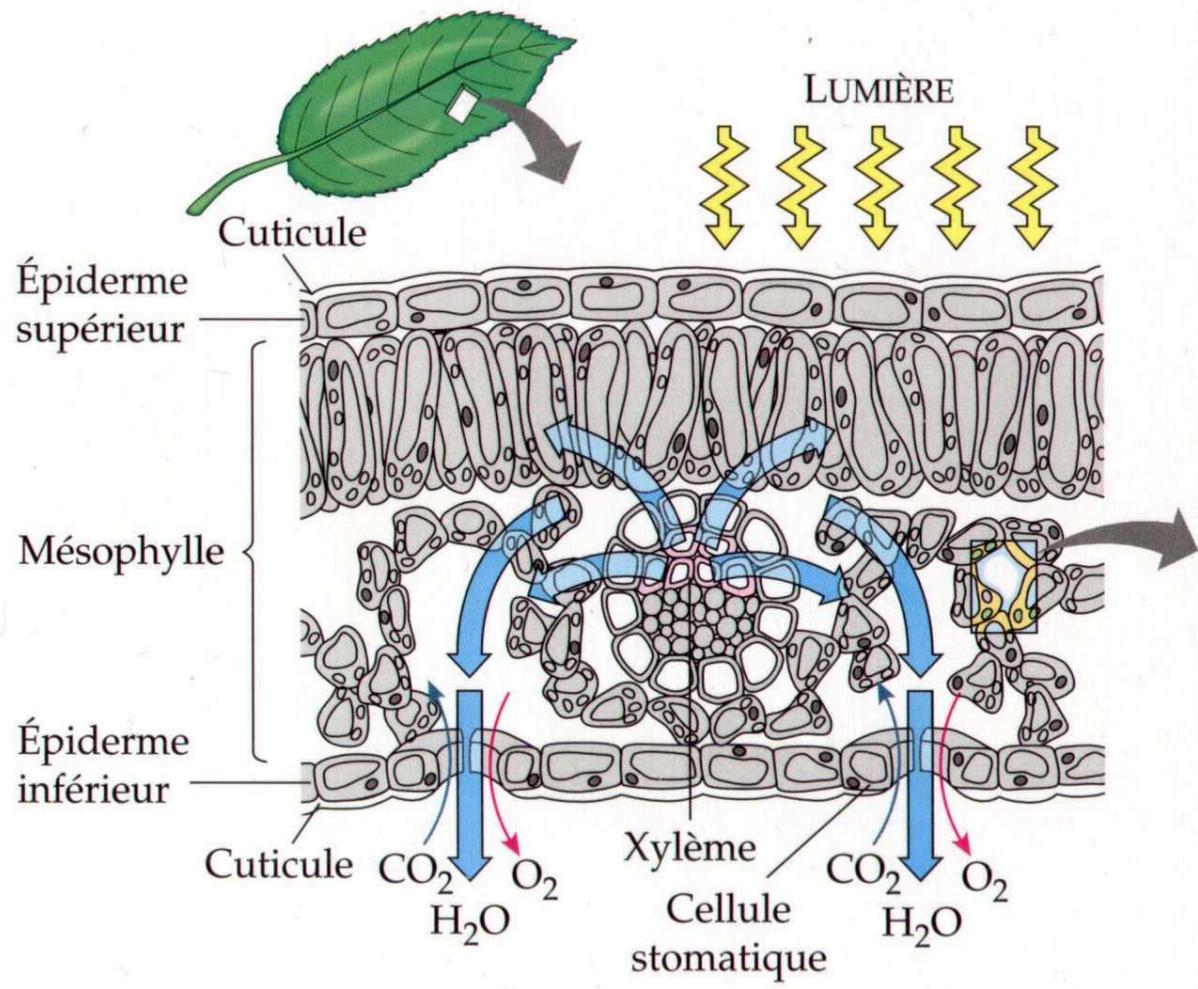
La transpiration foliaire



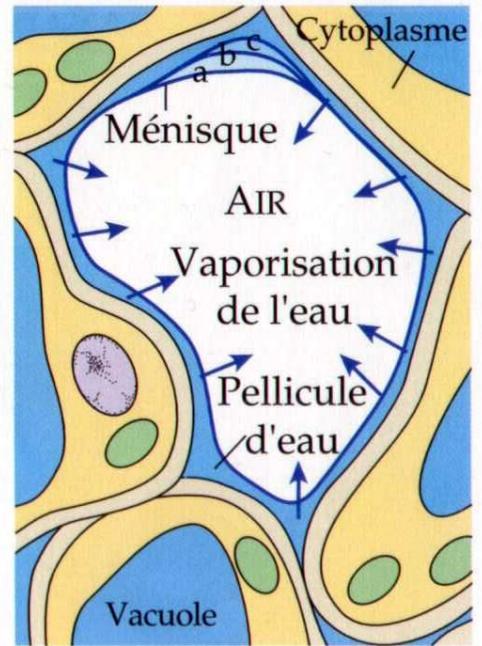
La transpiration foliaire

T représente la tension superficielle

$$\psi_w = -2T/r \quad (T = 7,28 \cdot 10^{-8} \text{MPa})$$



Rayon de courbure (µm)	Pression hydrostatique (MPa)
a = 1,00	a = -0,15
b = 0,10	b = -1,50
c = 0,01	c = -15,00



La transpiration foliaire

