



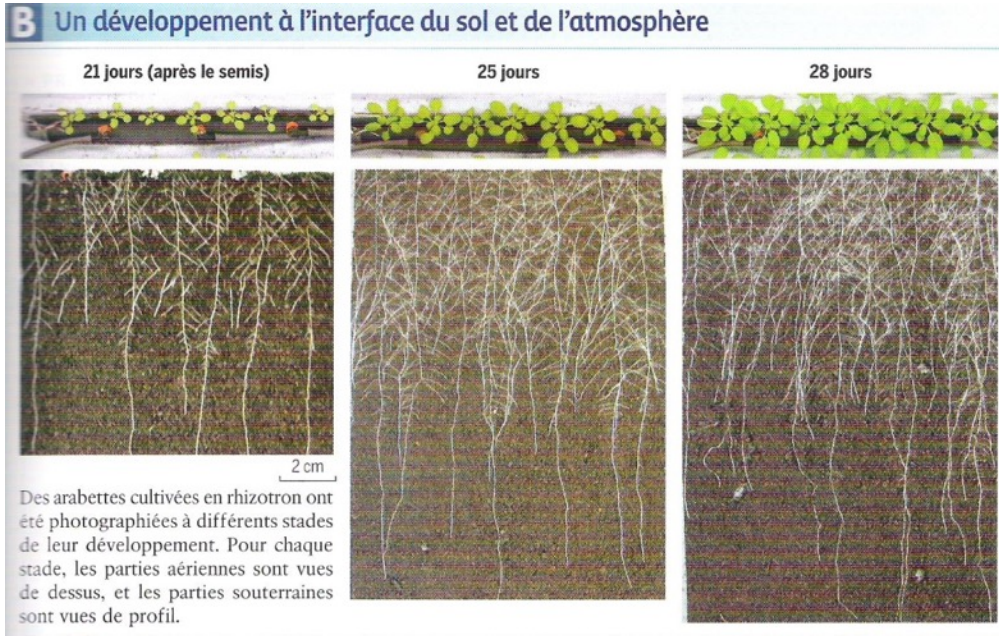
*Gunnera peltata* (source: Géo.fr)

# Thème 1A TP8 : Relation structure-fonction dans la vie fixée de la plante

l'objectif de ce TP est de comprendre les adaptations morpho anatomiques des racines, tiges, feuilles en lien avec leur fonction dans le cadre de la vie fixée de la plante.

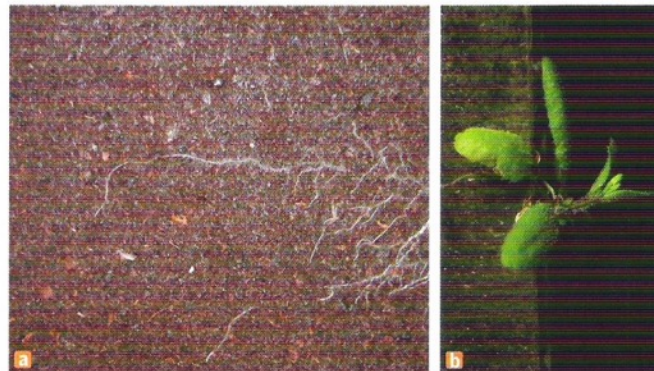
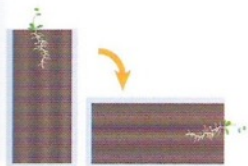


# ATELIER 1 : à l'interface sol/plante, les racines de la plante



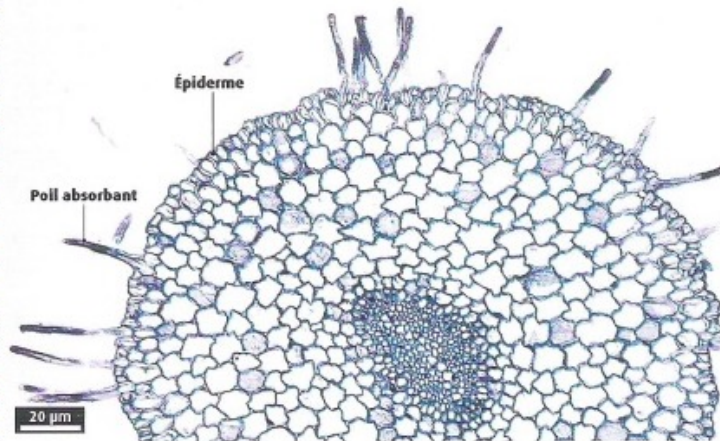
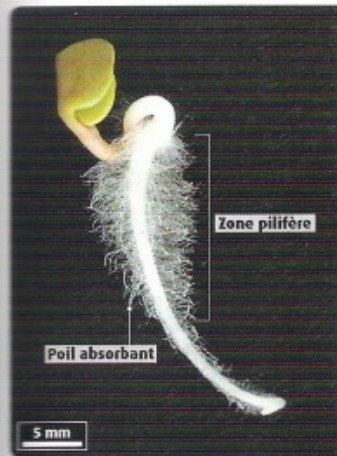
**Doc. 2** La croissance des organes aériens et souterrains de l'arabette.

Après quelques semaines de culture ordinaire dans un rhizotron, on fait pivoter le dispositif de 90°. 24 heures plus tard, on observe les réactions des racines (*photographie a*) et des organes aériens (*photographie b*).

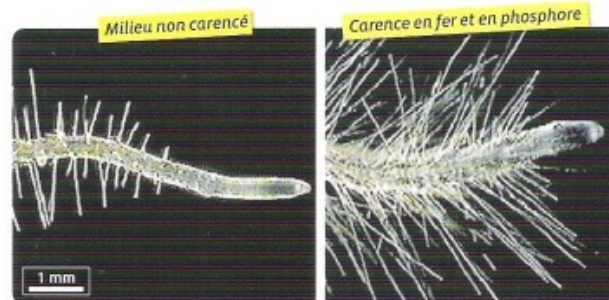


**Doc. 3** Une étude expérimentale des réactions de la plante.

## Des échanges avec le sol



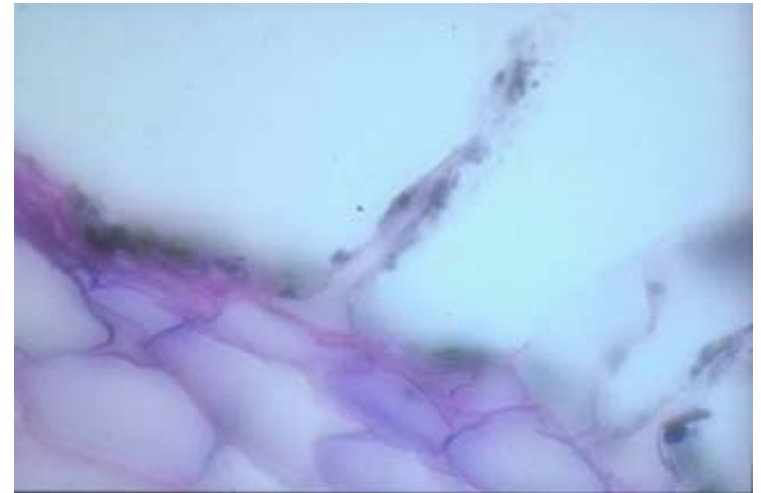
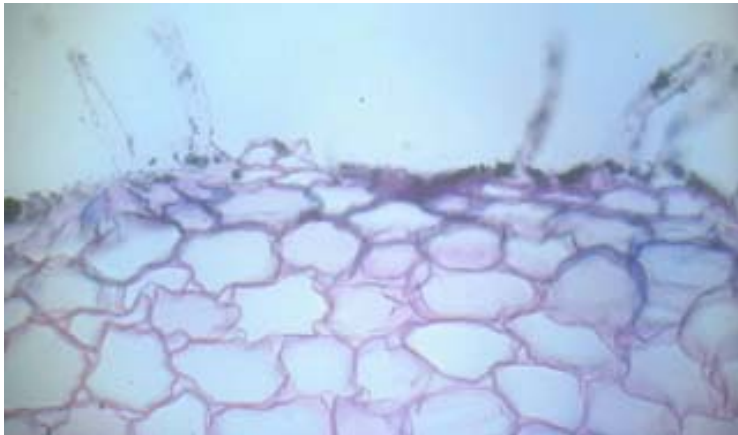
**▲** L'appareil racinaire d'une plantule de radis : vue d'ensemble et vue en coupe transversale de la zone pilifère au MO. Chez la majorité des plantes, les racines secondaires présentent une zone pilifère riche en poils absorbants (300 et 400 par cm<sup>2</sup>). Les poils absorbants sont des cellules allongées de l'épiderme et représentent le principal site d'absorption de l'eau et des sels minéraux.



**▲** La zone pilifère de racines d'arabettes des dames placées dans deux conditions de culture (vue au MO). Les plants d'arabette ont été cultivés soit dans un milieu équilibré en éléments minéraux, soit dans un milieu carencé en fer et en phosphore.

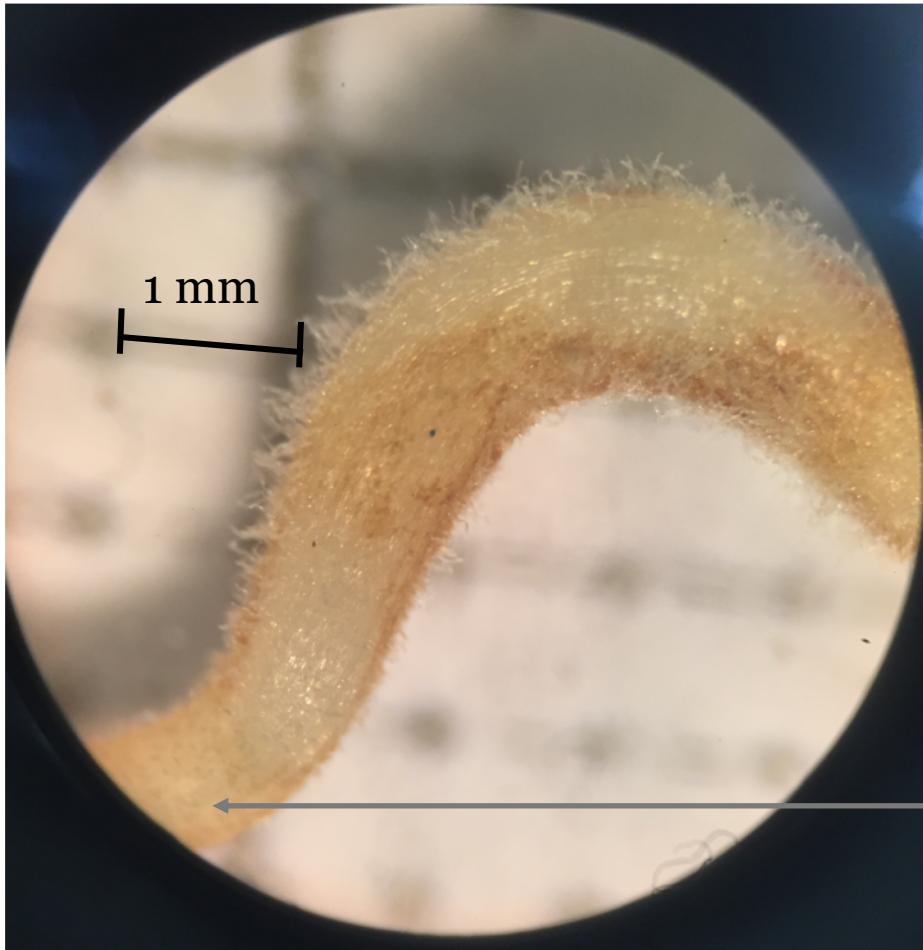
**▲** Le système racinaire d'arabettes des dames placées dans deux conditions de culture. Les plants d'arabette ont été cultivés dans un milieu nutritionnel soit enrichi en azote, soit carencé en azote.

Les poils absorbants, des cellules hyper différenciées des racines, adaptées à leur fonction: grande surface d'échange et croissance rapide, permettant une meilleure absorption de l'eau et des sels minéraux



Poils absorbants sur une section transversale de racine jeune.  
Cette racine a poussé dans des conditions naturelles comme le montre la présence de particules de terre accrochées aux poils.

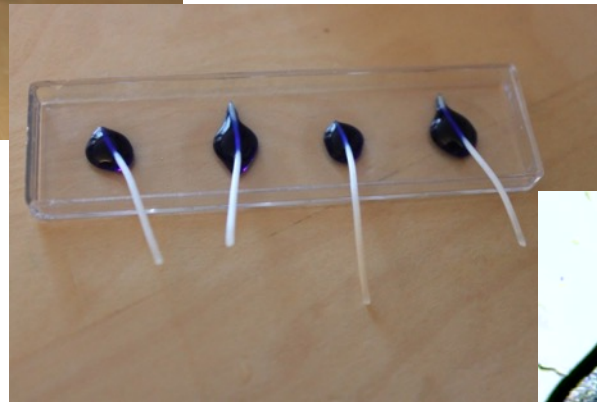
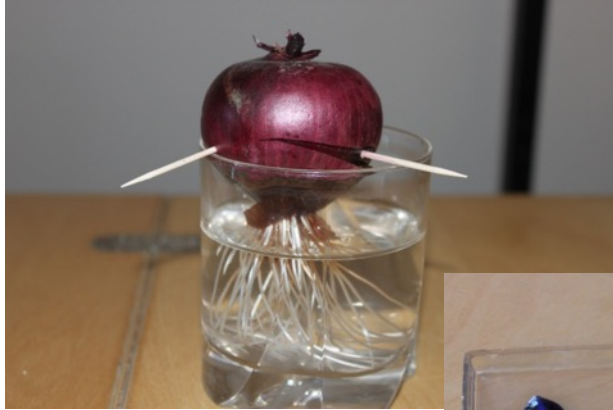
Observation à la loupe binoculaire (X40) de la zone pilifère de la jeune racine d'une lentille germée (placée sur feuille de papier mm)



**Zone pilifère:** nombreux (à dénombrer via Mesurim...) poils absorbants

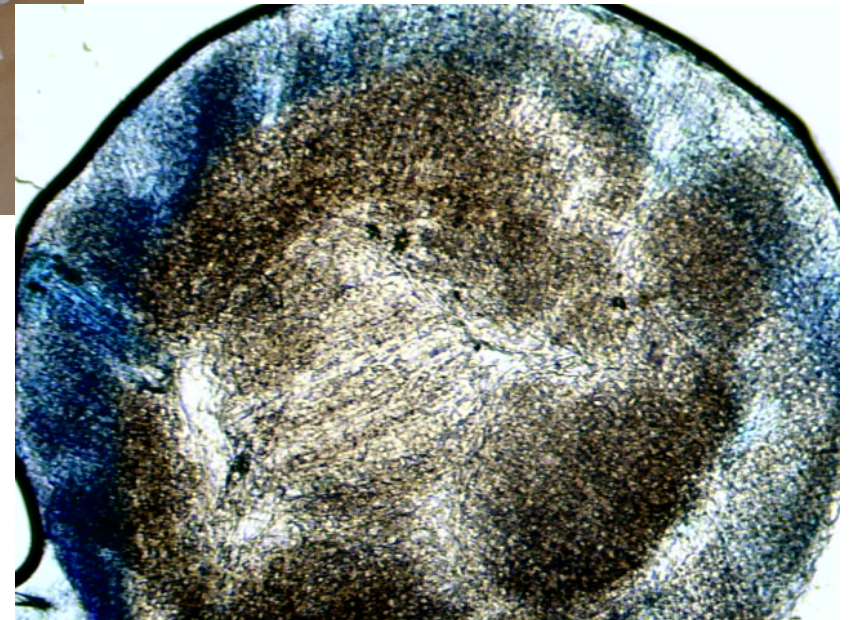
**Apex racinaire:** dépourvu de poils absorbants

# Racine d'Oignon rouge plongée 5 min dans le bleu de méthylène

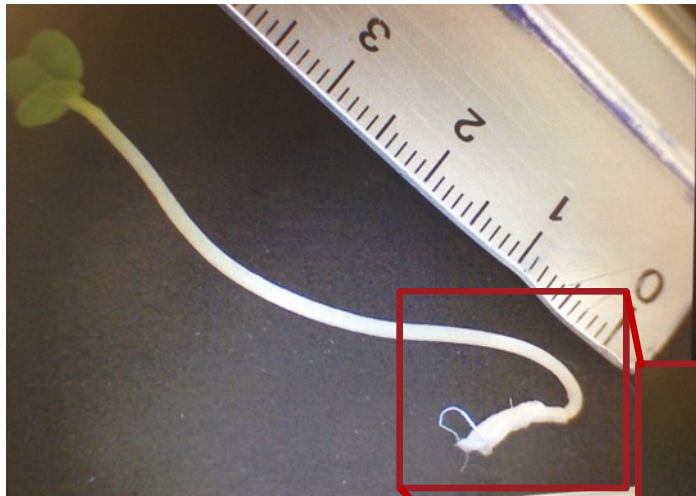


CT de racine d'oignon rouge,  
Observation au MO X40

Le bleu de méthylène  
pénètre dans la racine  
par la périphérie...



## Poils absorbants à la loupe sans coloration (racine de radis)



S. Dalaine

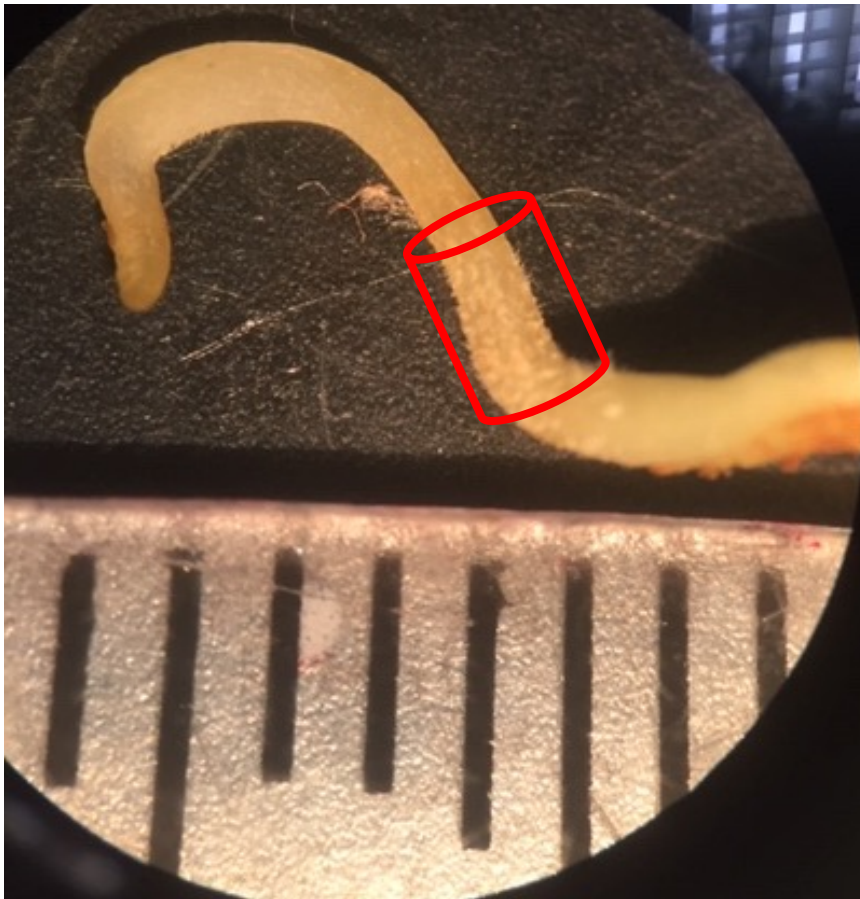
Mise en évidence d'une zone pilifère  
=> augmentation de la surface d'échange



Il faut prouver que ces structures sont impliquées dans l'absorption de la solution du sol.

=> Trouver un traceur de cette solution. Ex: un colorant tel que le bleu de méthylène

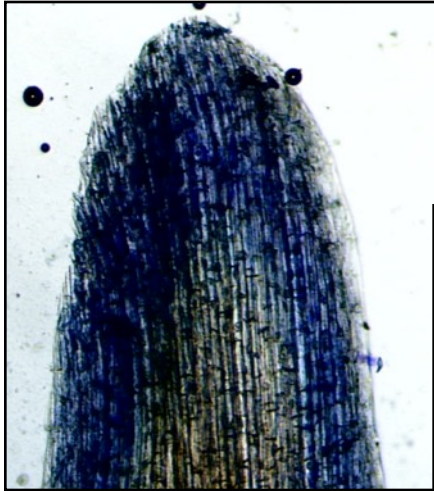
# Observation à la loupe binoculaire (X40) d'une racine de lentilles



On constate une longueur totale de racine d'environ 12 mm, pour une **zone pilifère** bien délimitée de longueur 3 mm.

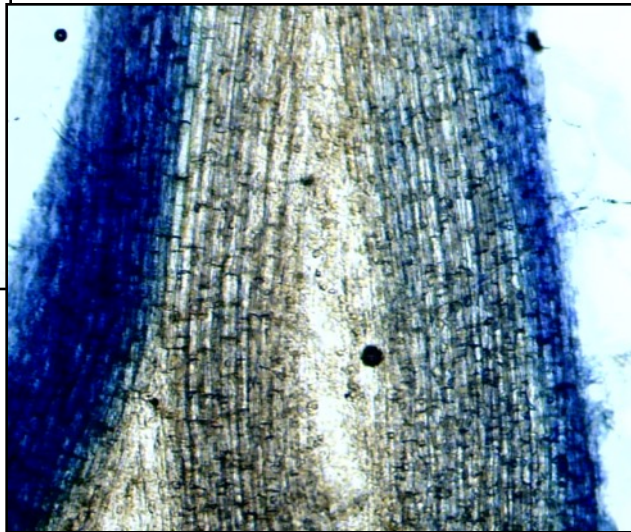
Ainsi la zone pilifère occupe **25%** de la longueur totale de l'organe, son rôle est d'absorber la solution du sol. Le reste sert à l'ancrage et à la prospection du sol.

# Des cellules adaptées à l'absorption de la solution du sol: les poils absorbants (MOX40)



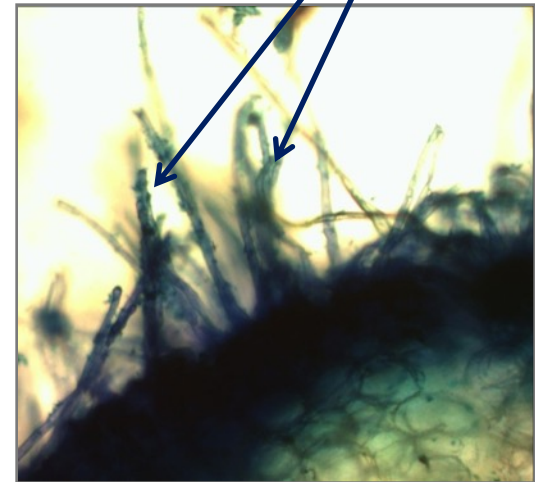
*S. Dalaine*

Le bleu de méthylène pénètre par des structures périphériques



Il finit par gagner des vaisseaux situés plus au centre de la racine

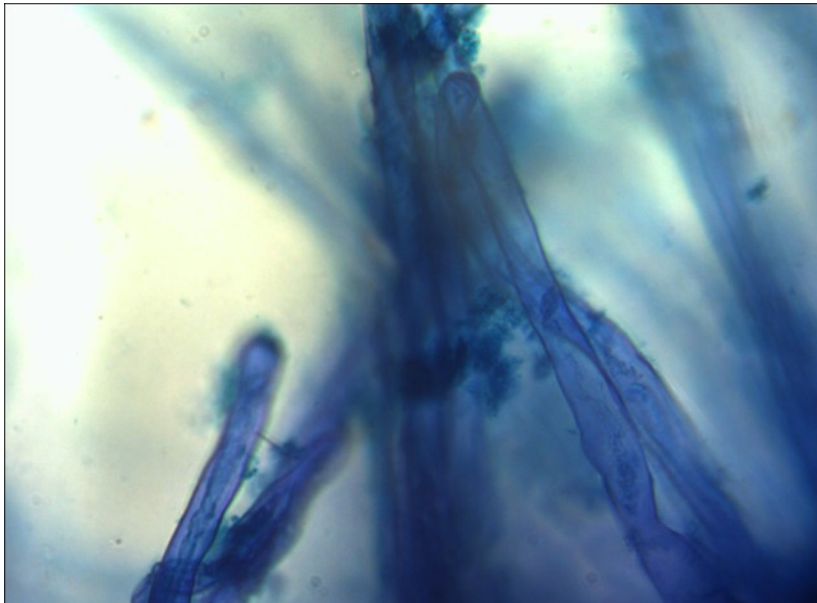
Poils absorbants  
(x400)



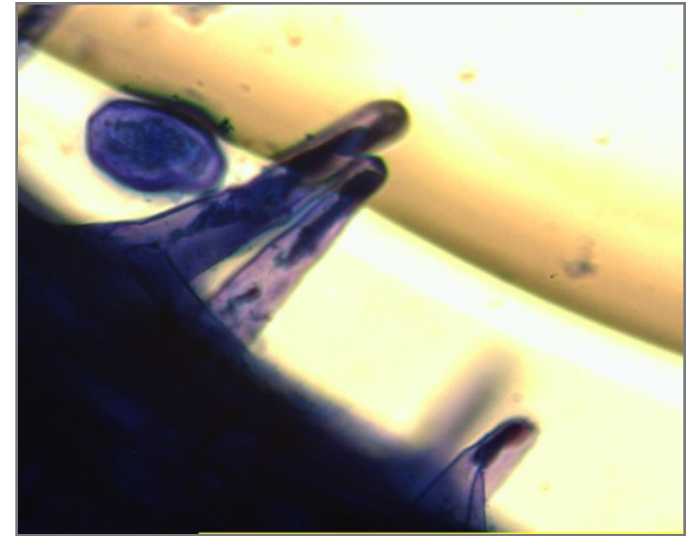
*S. Geffroy et C. Soulard (TS3)*

A la surface de la racine, on observe des cellules très allongées, les poils absorbants colorées en bleu

# Les poils absorbants: une grande surface d'échange avec la solution du sol **GX400**



*S. Geffroy et C. Soulard TS3*

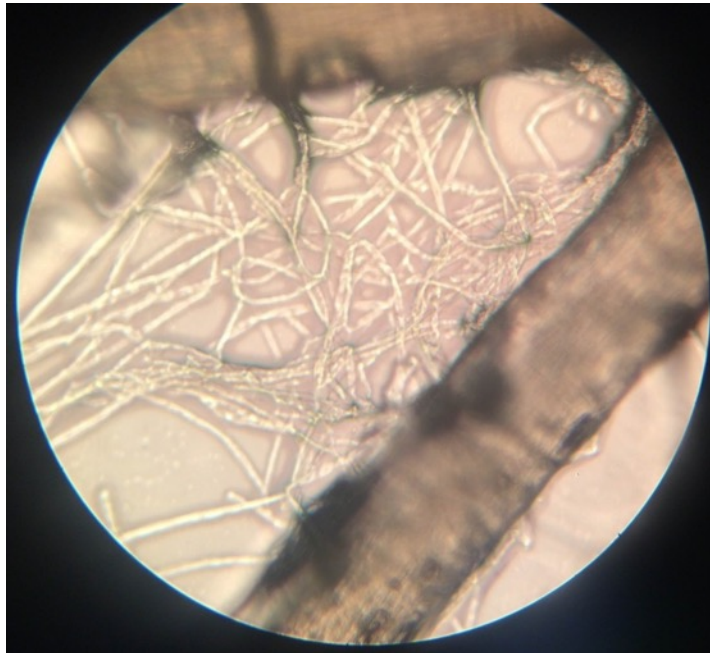


*B. Etlicher et I. Devaux TS3*

=> Un poil absorbant est une cellule très différenciée

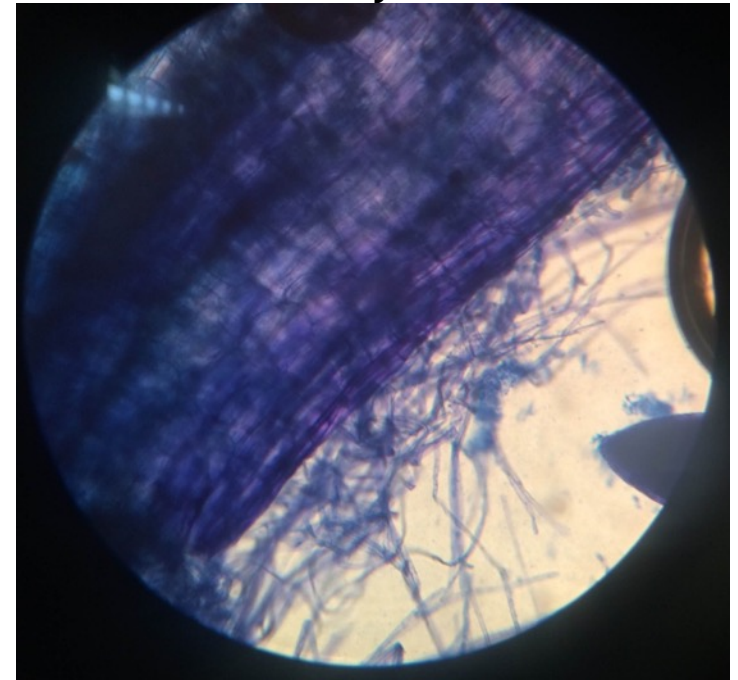
# Mise en évidence du rôle absorbant du poil de la zone pilifère (CL X160)

CL de racine de radis au niveau de la zone pilifère 5 min dans eau distillée



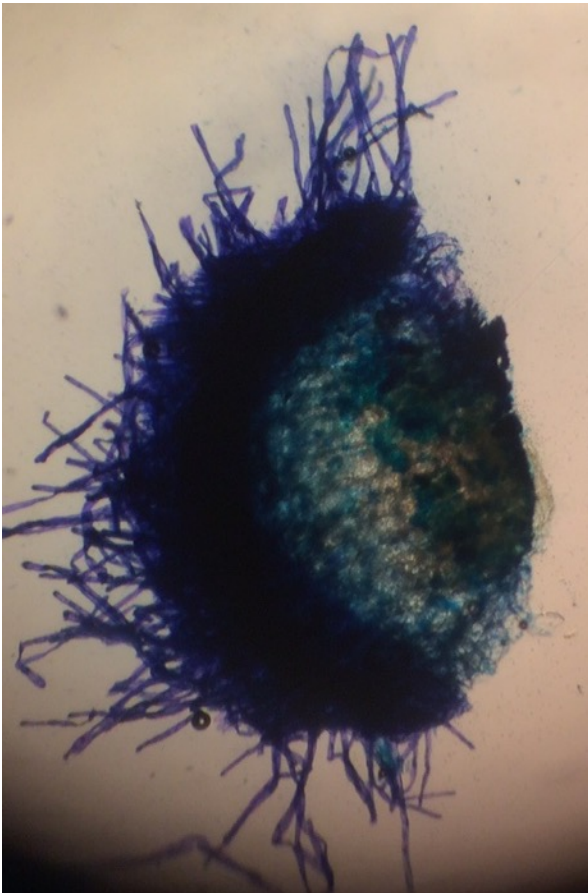
*A. LOT et A. MUHAMMAD TS3*

CL de racine de radis au niveau de la zone pilifère 5 min dans bleu de méthylène

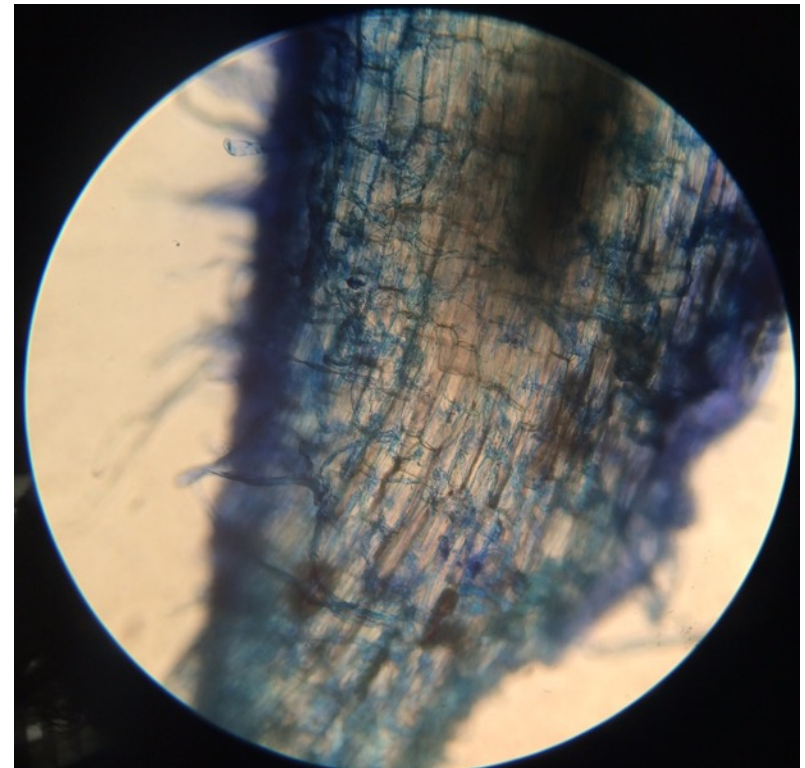


*A. LOT et A. MUHAMMAD TS3*

Observation au MO de CT et CL de racines de radis au niveau de la zone pilifère après incubation pendant 5 min avec du bleu de méthylène, traçant le flux hydrique (X100)

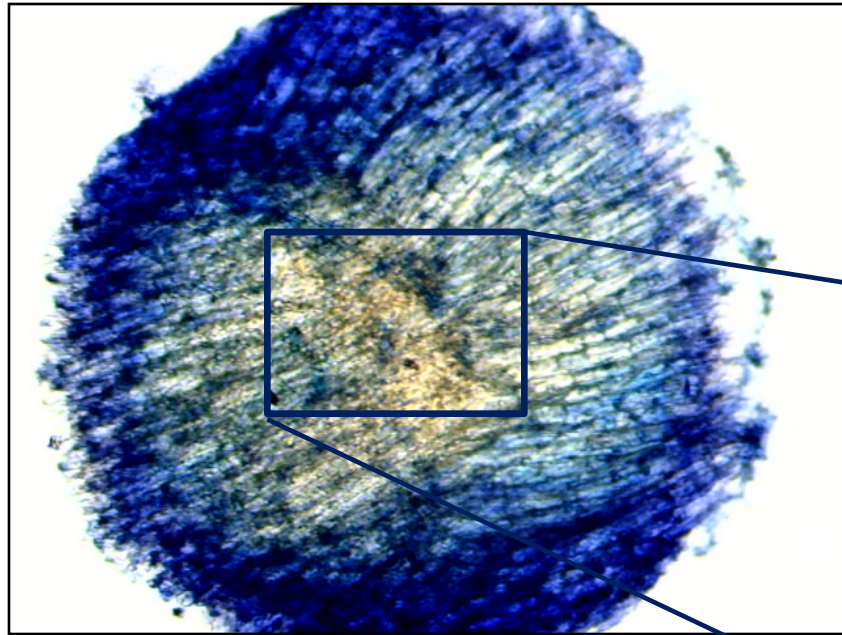


*TS3 Amanda CASCAO*

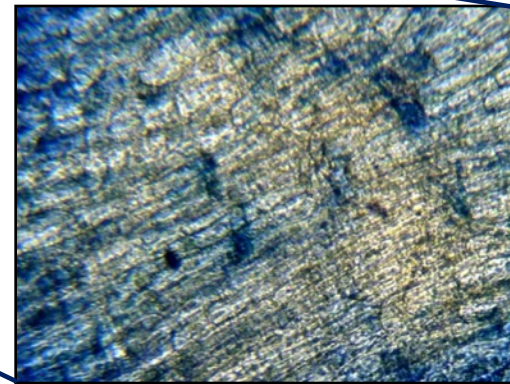


*TS3 Kévin DE SAO PEDRO*

# Racines d'Oignon rouge plongées 30 min dans le bleu de méthylène



GX100

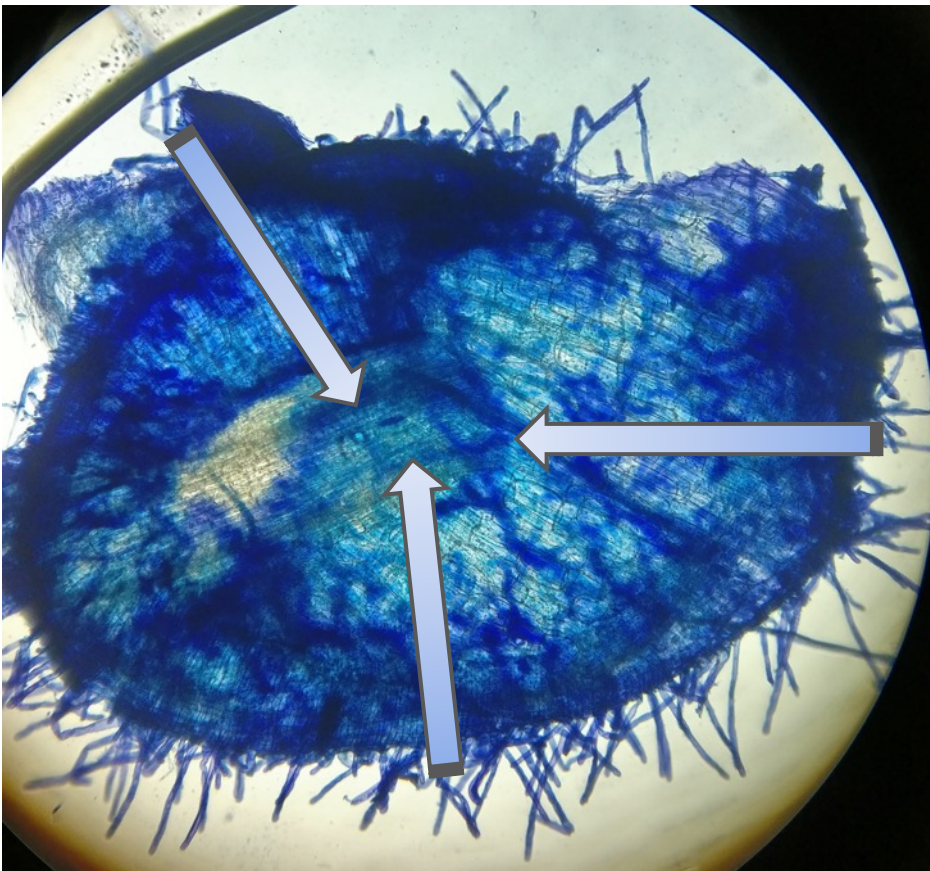


GX400

Le bleu de méthylène qui permet de tracer le trajet de la solution du sol se retrouve dans des vaisseaux situés dans le cœur de la racine.

Mise en évidence de l'entrée du bleu de méthylène ( traceur du flux d'eau) sur CT de racine de lentille dans la zone pilifère (à comparer avec l'apex racinaire), observation au MO x100

1 mm



La racine en CT présente un diamètre de 1 mm.

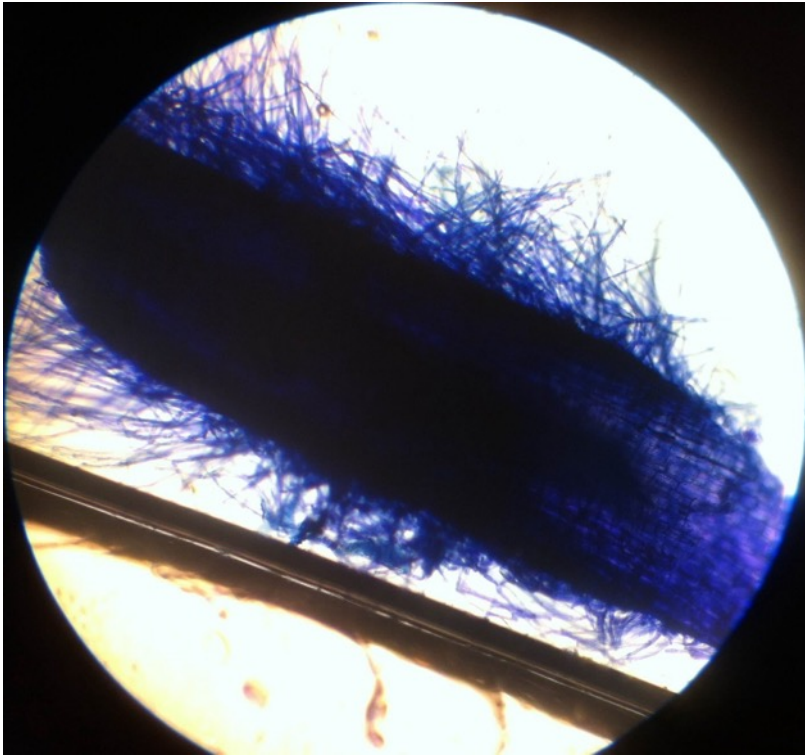
Le bleu de méthylène a parcouru 360  $\mu\text{m}$  en 30 minutes.

Soit une vitesse d'absorption de 12  $\mu\text{m}.\text{min}^{-1}$

On compte environ 120 poils absorbants sur un périmètre de 3,14 mm, soit 3 141  $\mu\text{m}$ .

D'où un poil absorbant tous les 26  $\mu\text{m}$ .

Observation au MO de CL de racines de radis au niveau de la zone pilifère après incubation pendant 30 min avec du bleu de méthylène, (X100)



*TS3 Marie DAMJANOVIC*



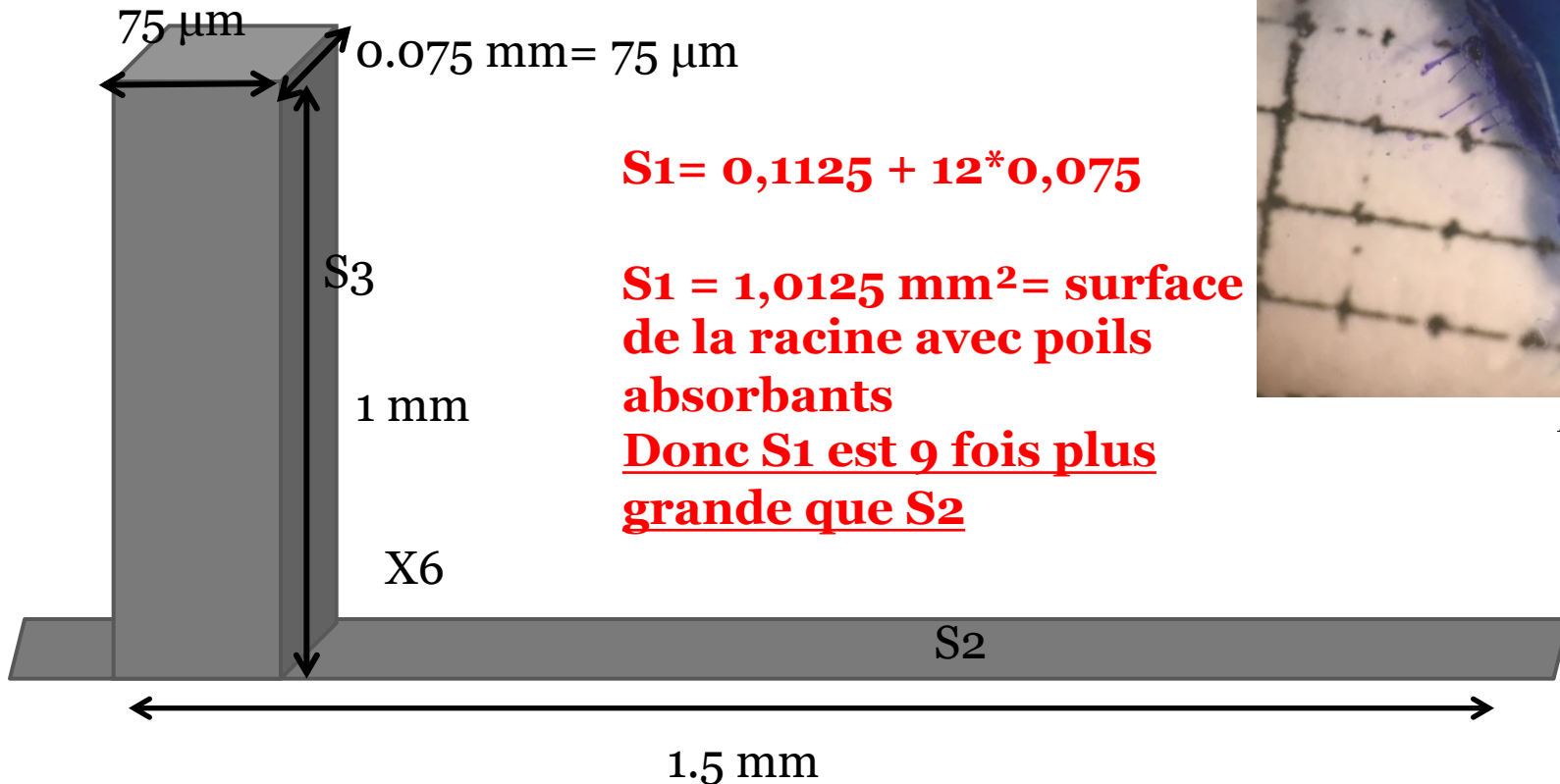
*TS3 Pierrick AGELOU*

# Calcul de l'augmentation de surface d'absorption permise par les poils absorbants

$S_1 =$  Surface avec 6 poils absorbants  $= S_2 + 12 \times S_3$

$$S_3 = 1 \times 0,075$$

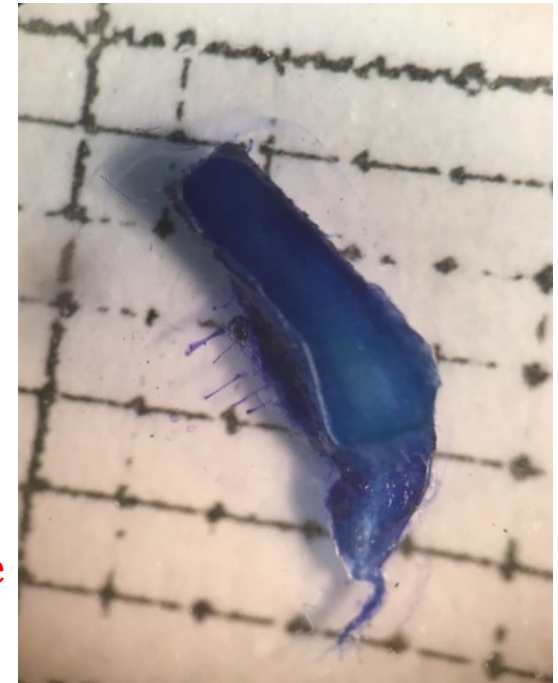
$$S_3 = 0,0075 \text{ mm}^2$$



$$S_1 = 0,1125 + 12 \times 0,075$$

$S_1 = 1,0125 \text{ mm}^2 =$  surface de la racine avec poils absorbants

Donc  $S_1$  est 9 fois plus grande que  $S_2$



Lorent LIKA TS1

$$S_2 = 0,075 \times 1,5 = 0,1125 \text{ mm}^2 = \text{surface sans poils absorbants (ex: la tige)}$$

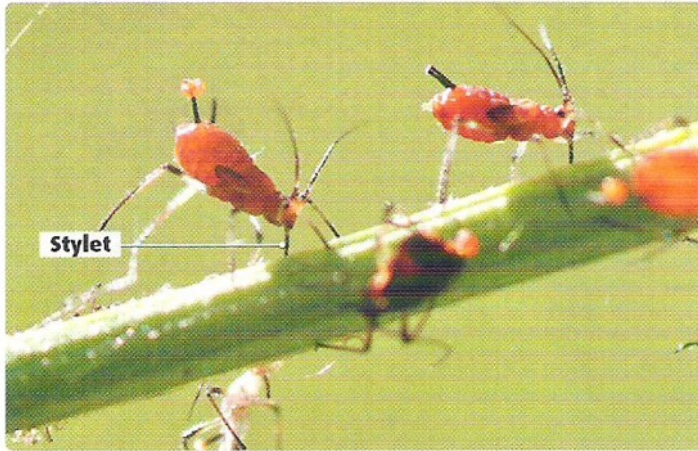
# Des structures adaptées à l'absorption de la solution du sol

- Extrême ramification des racines => augmentation de la surface d'échanges avec la solution du sol => adaptation à la vie fixée de la plante
- Les poils absorbants: cellule différenciée offrant une grande surface d'échanges => adaptée à la fonction d'absorption

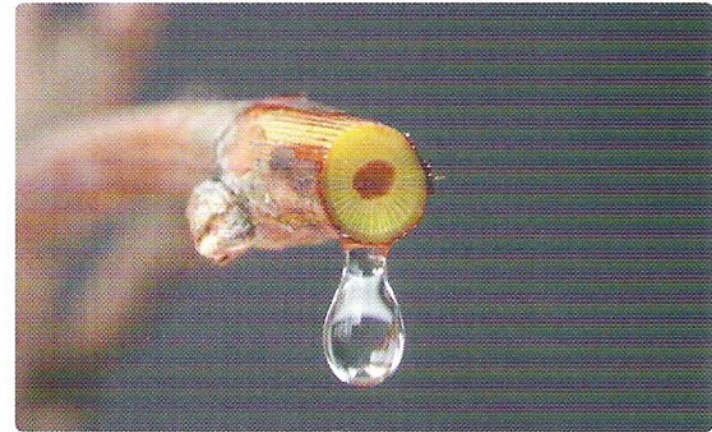
## Traces écrites

- **A. Adaptation structure fonction dans le cas de l'absorption de la solution du sol par les racines**
- A l'interface sol/plante, un appareil racinaire très ramifié
- La présence de poils absorbants : cellules développant de grandes surfaces d'échanges et favorisant ainsi l'absorption racinaire

# ATELIER 2 : la liaison entre les racines et les feuilles; la tige et la conduction des sèves



Des pucerons se nourrissent sur la tige d'une plante dans laquelle ils enfoncent leur stylet. Si l'on élimine le corps de l'insecte en laissant le stylet en place, du liquide s'écoule par ce dernier: c'est la sève élaborée de la plante.

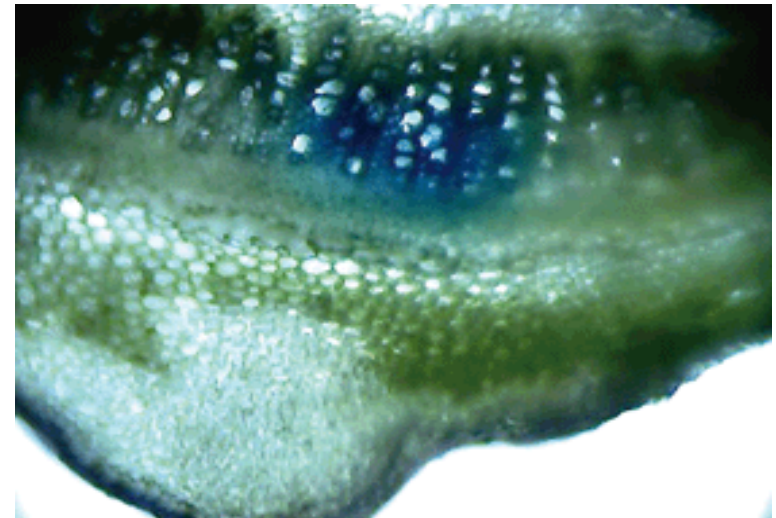


Les « pleurs de la vigne ». Après la taille de printemps, on observe un suintement de liquide au niveau des sections: c'est la sève brute.

Composants	sève brute	sève élaborée
Eau	99 %	80 %
Substances dissoutes... dont:	1 %	20 %
Saccharose ( $\text{mg.mL}^{-1}$ )	0	80
Protéines, acides aminés ( $\text{mg.mL}^{-1}$ )	traces	81,5
Ions minéraux ( $\mu\text{g.mL}^{-1}$ )	36,7	86,9

**Composition moyenne de la sève brute et de la sève élaborée.**

# PROTOCOLE 1: Mise en évidence de structures responsables de la conduction de sève au sein d'une tige

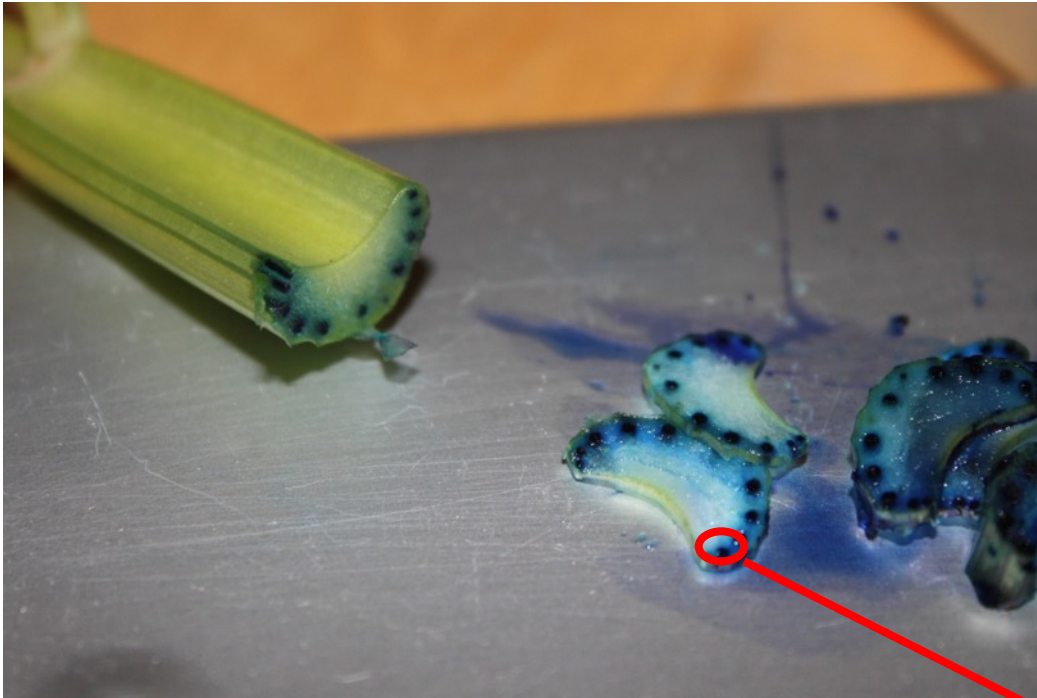


Portion de tige de menthe CT (x 100, bleu de méthylène).

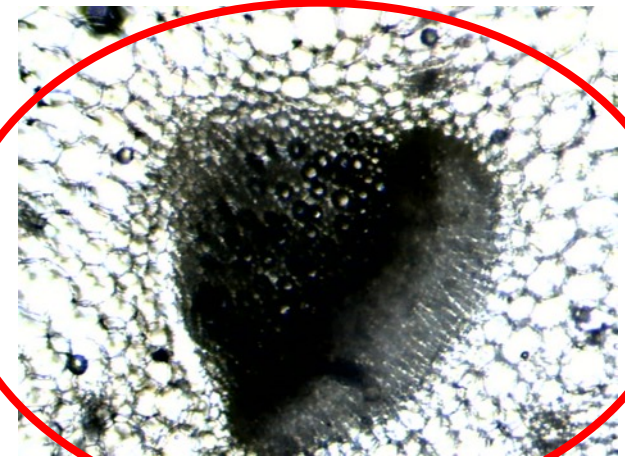
<http://www.jeulin.fr/fr/a-a1000004271-edc1000005/ressource/1001176/La-circulation-des-seves-au-sein-du-vegetal.html>

Une tige de menthe plongée 12 h dans le bleu de méthylène. On observe une coloration de structures spécifiques, au diamètre importante et aux parois épaisses... des vaisseaux conducteurs de sève!

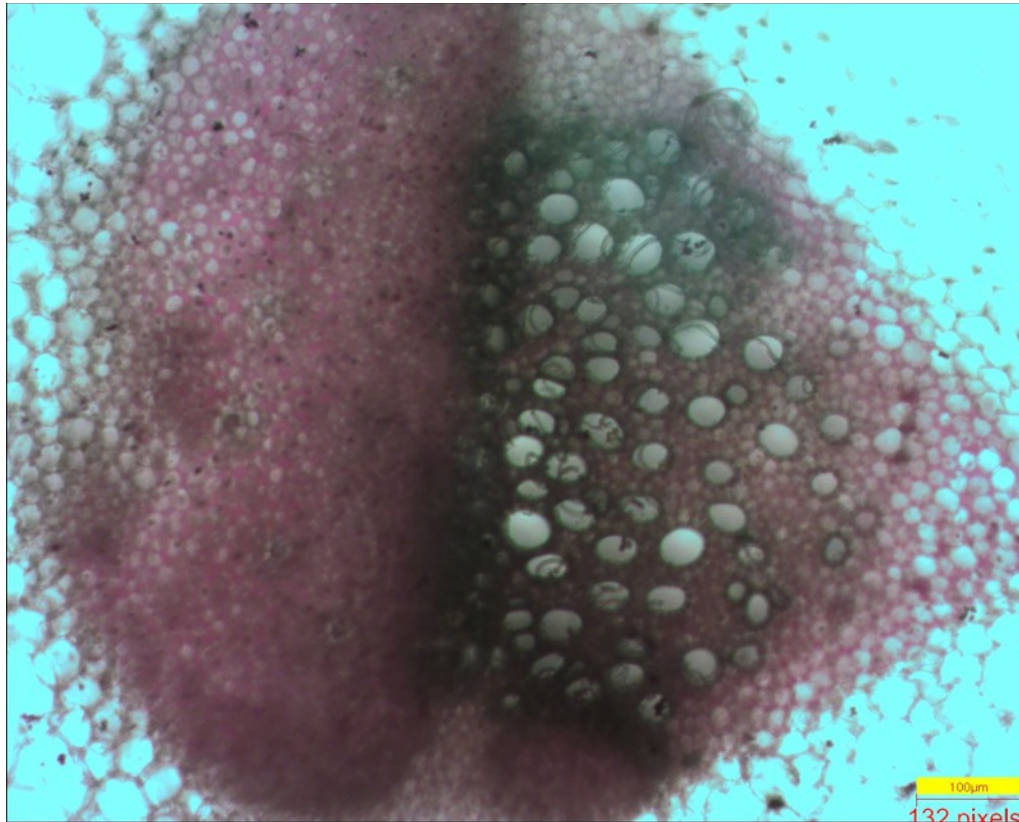
# Tige de Céleri plongée 24h dans du bleu de méthylène



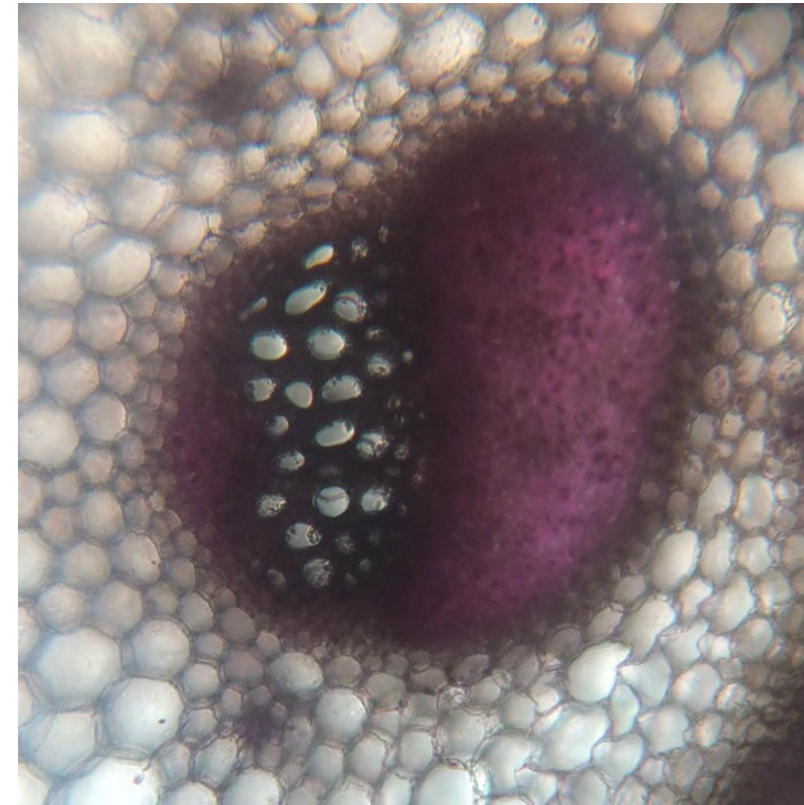
Il existe des structures spécialisées dans la conduction de la sève (brute) dans les tiges (dans le sens racines vers feuilles = basifuge)



## Photographie au MO X100 Coloration Carminovert de Mirande (CT de tiges de Céleri)



*TS3 Charlène MATUSZEWSKI*

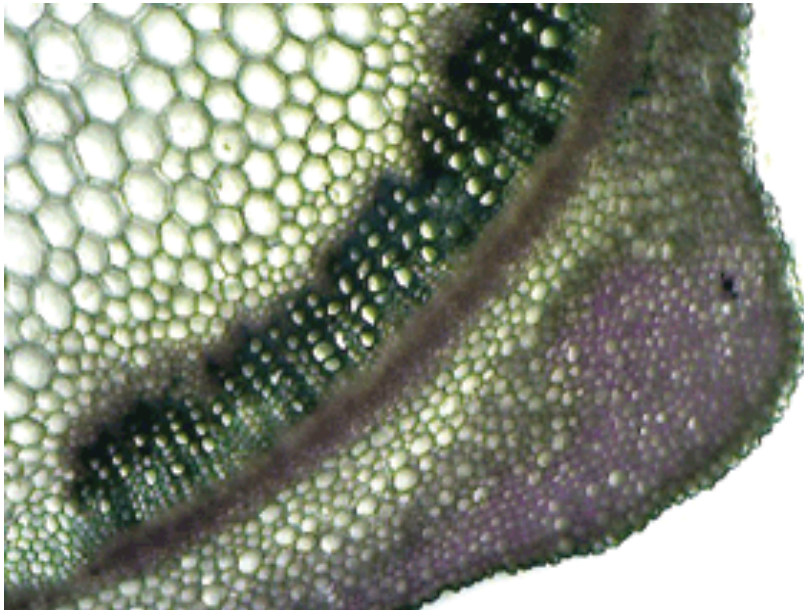


*TS3 Saana AIT RAMI*

Vaisseaux de petite diamètre => débit plus faible = tubes de Phloème conduisant la sève élaborée descendante

Vaisseaux de gros diamètre => débit plus important => contrebalance la force de gravité = vaisseaux de Xylème conduisant la sève brute ascendante

## PROTOCOLE 2 : Mise en évidence de deux systèmes distincts de conduction de la sève au sein de la tige



Portion de tige de menthe CT  
(x 100, carmino-vert)



Vaisseaux du xylème  
(x 400, carmino-vert)

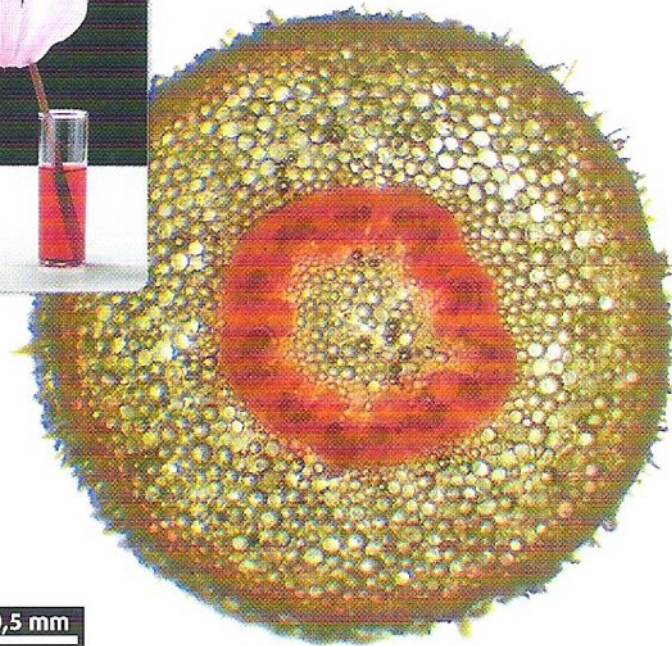
**Des vaisseaux conducteurs de sève brute (riche de la solution du sol) : gros diamètre et paroi épaisse...**

**Des tubes conducteurs de sève élaborée (riche en sucres, plus visqueuse): plus petit diamètre, paroi plu mince et surtout cellules vivantes...**

# Mise en évidence expérimentale



TP



0,5 mm

**2** Coupe transversale de la tige d'un rameau d'*Impatiens* (vue au MO) plongé pendant 3 heures dans une solution de fuschine (vignette).

# Mise en évidence d'une circulation dans la tige

## A Des cellules spécialisées assurent le transport des sèves

Dans une plante circulent deux types de **sèves** bien différentes :

- La sève brute est une solution très diluée d'ions minéraux prélevés dans le sol par les poils absorbants. Elle circule dans un réseau de tubes, le **xylème**, des racines jusqu'aux organes aériens (tiges, feuilles, fruits...). Ces tubes sont des cellules mortes, très allongées et disposées bout à bout, dont il ne subsiste que la **paroi** renforcée par des dépôts de **lignine**.

- La sève élaborée, constituée d'eau et de matières organiques issues de la photosynthèse (sucres, acides aminés...) circule dans un autre réseau de tubes, le **phloème**. Elle prend naissance dans les organes chlorophylliens et irrigue tous les autres organes (bourgeons, fruits, racines...). Les cellules du phloème sont vivantes, très allongées et de petit diamètre. Leurs parois sont épaisses et constituées de **cellulose**.

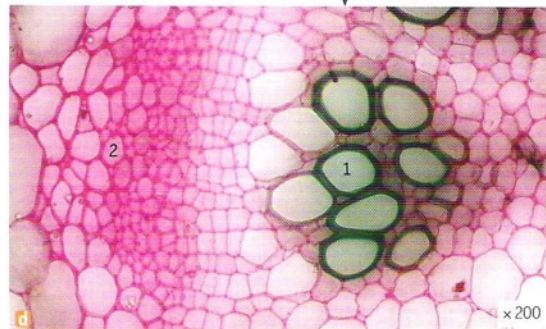
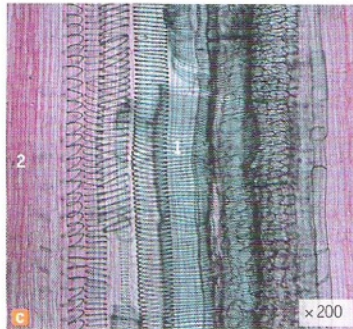
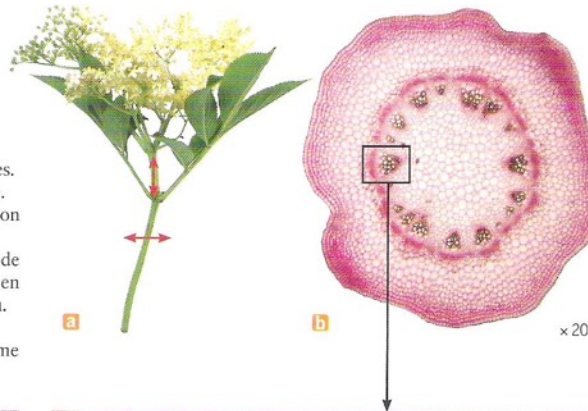
### ■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Pour observer le système conducteur des sèves au microscope :

– Réaliser avec une lame de rasoir des coupes transversales ou longitudinales très fines dans l'organe végétal. Passer les coupes dans les bains suivants :

- Eau de Javel (20 min) : vide les cellules.
- Eau (2 bains d'1 min chacun) : rinçage.
- Acide acétique (10 min) : prépare l'action des colorants.
- Mélange de carmin aluné et de vert d'iode (3 min) : colore les parois cellulosiques en rose et les parois lignifiées en vert-bleu.
- Eau (1 min) : rinçage.

– Observer dans une goutte d'eau entre lame et lamelle.



La photographie (a) présente l'extrémité d'une tige de sureau et l'emplacement des coupes réalisées.

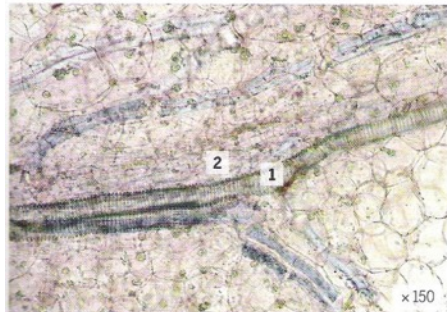
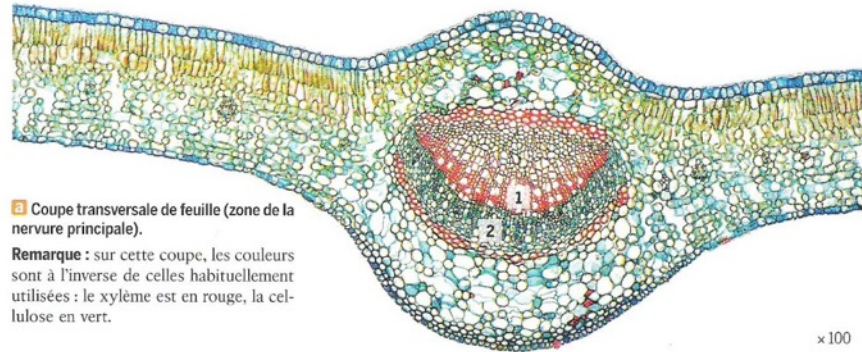
Les coupes observées au microscope montrent les sections du xylème (1) et du phloème (2).

Les tubes sont coupés transversalement (images b et d) ou longitudinalement (image c).

Doc. 1 Observations anatomiques réalisées dans une tige de sureau.

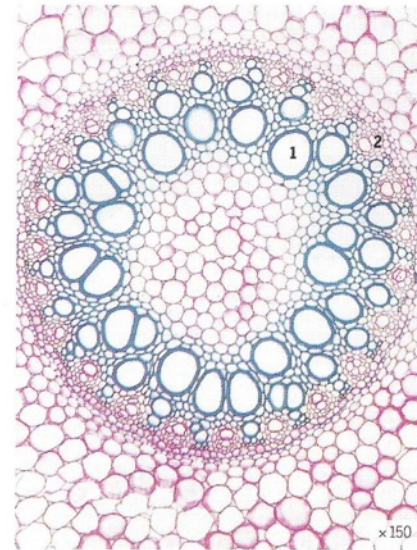
# Une continuité des vaisseaux et tubes conducteurs de sèves entre racine - tige -feuille

## B Xylème et phloème relient tous les organes du végétal



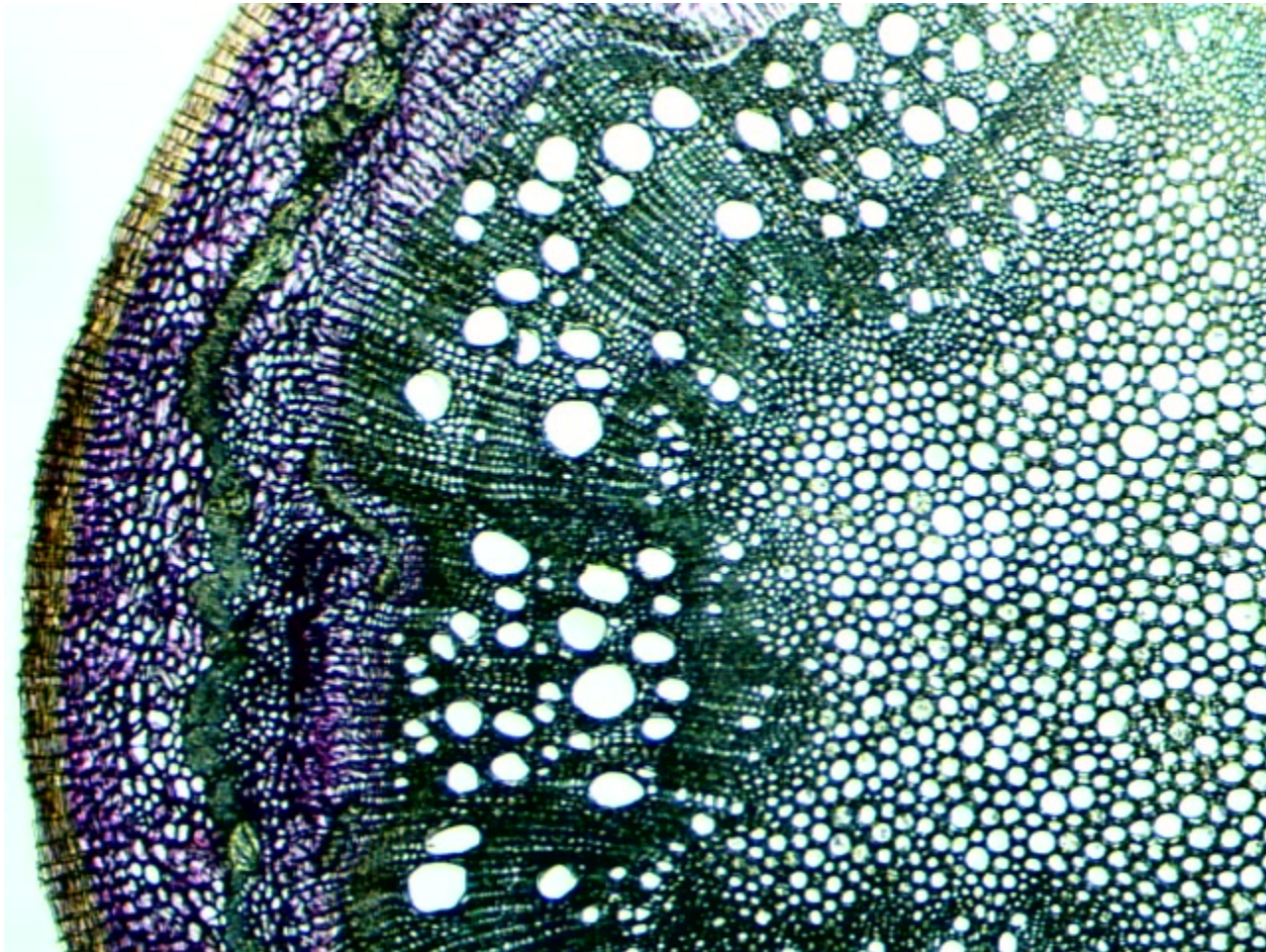
b Coupe longitudinale d'un fruit de courgette (zone située sous l'épiderme).

Les coupes observées au microscope montrent les sections du xylème (1) et du phloème (2).



c Coupe transversale d'une racine (zone centrale).

# CT de tige de Chêne, coloration au carmin vert d'iode (GX 40)



# Traces écrites

## C. Adaptation structure-fonction les vaisseaux et tubes conducteurs de sèves (brute vs élaborée) font le lien entre racines et feuilles

- La photosynthèse est la réaction métabolique qui à partir du CO<sub>2</sub> atmosphérique (capté par les feuilles via les stomates), et l'eau du sol (absorbée par les racines), et grâce à l'énergie lumineuse captée par les feuilles, conduit à la synthèse de matière organique nécessaire à la croissance et à l'entretien du végétal. Ainsi donc la photosynthèse se fait dans les feuilles mais nécessite en partie des réactifs absorbés par les plantes, d'où une nécessaire liaison entre ces deux organes, assurée par la sève brute qui circule dans les vaisseaux de xylème. La matière organique produite par la photosynthèse foliaire doit être acheminée vers les organes non photosynthétiques tels que les racines, d'où la nécessaire liaison feuille vers racine assurée par les tubes du phloème qui conduisent la sève élaborée riche en matières organiques.

# ATELIER 3 : à l'interface air/plante, l'appareil foliaire de la plante

## A Les organes aériens captent la lumière et échangent des gaz avec l'air

Grâce à leurs cellules chlorophylliennes, les feuilles réalisent la photosynthèse : elles captent l'énergie de la lumière solaire et l'utilisent pour transformer l'eau et le dioxyde de carbone en molécules organiques. Ces transformations s'accompagnent d'un rejet de dioxygène et de vapeur d'eau vers l'atmosphère.

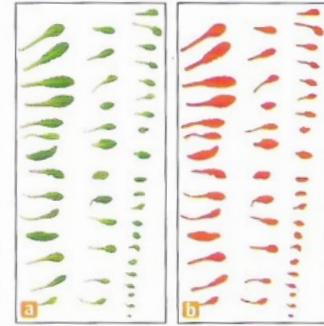
L'efficacité de la photosynthèse nécessite donc que les cellules chlorophylliennes soient correctement exposées à la lumière, et qu'elles puissent facilement échanger des gaz avec l'air environnant.

### ■ PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- Récouter les feuilles d'une plante et en prendre une image grâce à un scanner à plat (a).
- Mesurer la surface foliaire totale avec le logiciel Mesurim (b).
- Peser les feuilles à l'aide d'une balance de précision.
- Calculer le rapport surface/masse.

Résultats obtenus avec un plant d'arabette âgé de 28 jours

Surface foliaire totale (cm <sup>2</sup> )	..... 13,68
Masse des feuilles (g)	..... 0,17

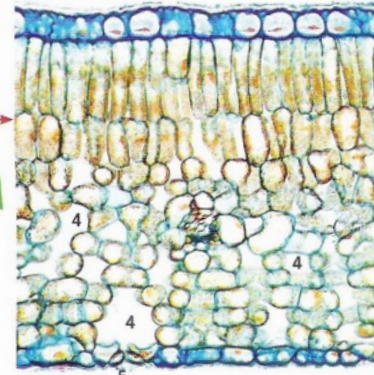
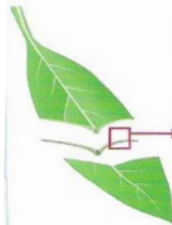


Mesure de la surface foliaire totale d'une arabette des dames avec le logiciel Mesurim

### Doc. 1 La morphologie des feuilles est adaptée à leur rôle photosynthétique.

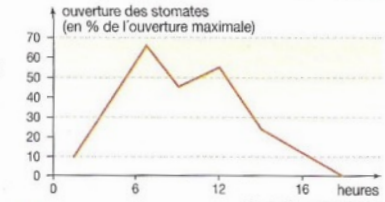
Une coupe transversale de feuille (a) révèle son anatomie : entre deux épidermes constitués de cellules transparentes et recouvertes d'une **cuticule** imperméable, se trouvent les cellules chlorophylliennes. Celles du **parenchyme palissadique** sont disposées en couches serrées ; celles du **parenchyme**

**lacuneux** sont au contraire séparées par des espaces (lacunes) qui communiquent avec l'atmosphère grâce aux **stomates**, des pores microscopiques de l'épiderme. En très grand nombre (jusqu'à plusieurs centaines par millimètre carré), ils s'ouvrent ou se ferment selon les conditions de l'environnement (b).



- 1 : épiderme
- 2 : parenchyme palissadique
- 3 : parenchyme lacuneux
- 4 : lacune
- 5 : stomate

(a) Coupe transversale de feuille observée au microscope optique (× 350)



(b) Ouverture des stomates et photosynthèse

### Doc. 2 Une surface démultipliée grâce aux stomates et aux lacunes.

## Document 1: estimation des surfaces d'échanges de quelques plantes

mesures préliminaires :

Plantes	Euphorbe Characias	Plantain majeur	Pervenche	Violette
Masse (kg)	0.009	0.008	0.00764	0.006
Surface des parties chlorophylliennes (m <sup>2</sup> )	0.0134	0.0193	0.0167	0.0305
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m <sup>2</sup> / kg)	1.49	2.42	2.194	5.08
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz (m <sup>2</sup> )	0.401	0.580	0.503	0.914
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz / Masse (m <sup>2</sup> / kg)	44.6	72.5	65.827	152
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m <sup>2</sup> )	1.74	2.51	2.179	3.96
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m <sup>2</sup> / kg)	193	314	285.25	660

## Document 2 : Les surfaces d'échanges chez un homme d'une masse de 70 kg d'une taille de 1.80m et d'un volume de 0.32 m<sup>3</sup>

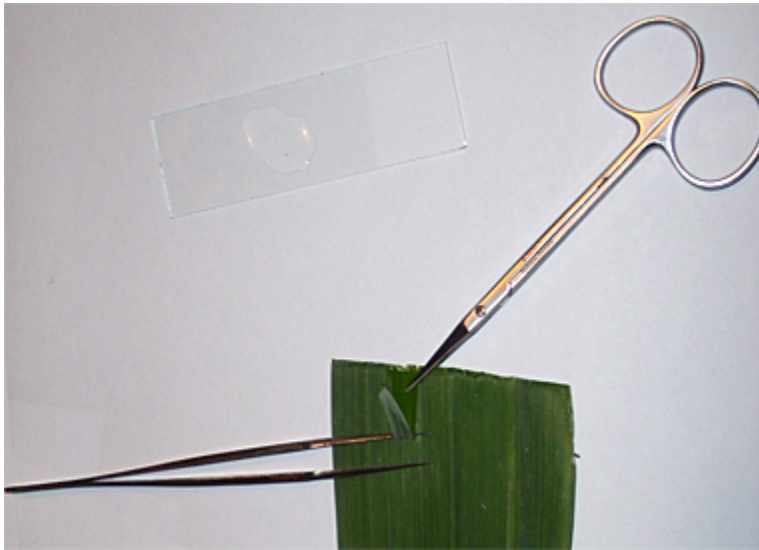
Surfaces estimées		Surfaces (m <sup>2</sup> )	surfaces/masse (m <sup>2</sup> / kg)	Surfaces /volume (m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> )
Externe	Peau	1.9	0.027	6
Internes	Muqueuse intestinale	200	2.8	625
	alvéoles pulmonaires	130	1.85	410

(Données Wikipédia) + [http://www.sfm.org/calculateurs/SC\\_Boyd.htm](http://www.sfm.org/calculateurs/SC_Boyd.htm) (site pour calculer la surface à partir de la masse et de la taille).

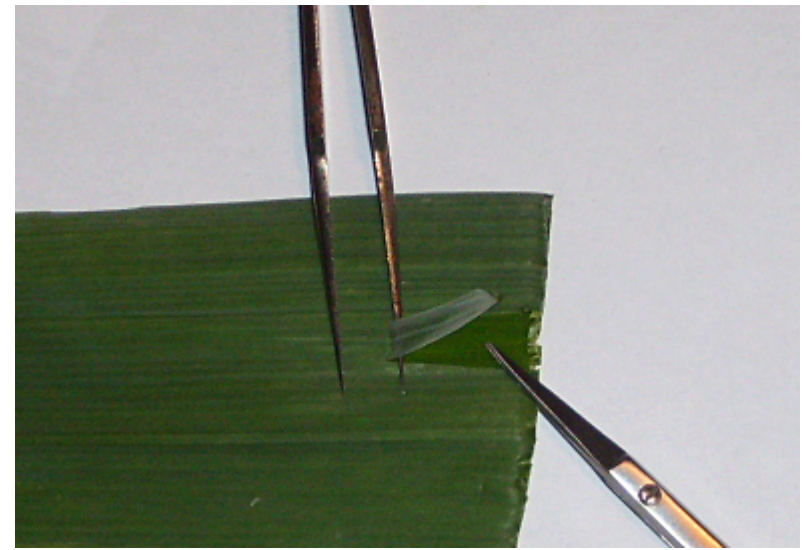
# Tableau de comparaison des surfaces d'échanges :

	Échanges			Surfaces d'échanges	
	Métabolisme	Molécules échangées	Sens des échanges	Organe et cellules particulières	Grandeur en m <sup>2</sup> /kg
Plante	Photosyn- -thèse	H <sub>2</sub> O	Entrée	Racine (poils absorbants)	300
		CO <sub>2</sub>	Entrée	Feuille (stomates)	80
O <sub>2</sub>		Sortie	Feuille (stomates)	-	
	Respiration	O <sub>2</sub>	Entrée	Feuille (stomate)	80
		CO <sub>2</sub>	Sortie	Feuille (stomate)	
		H <sub>2</sub> O	Sortie	Feuille (stomate)	
animal	Respiration	O <sub>2</sub>	Entrée	Poumon (peau)	1,85 (0,027)
		CO <sub>2</sub>	Sortie	Poumon (peau)	-
		H <sub>2</sub> O	Sortie	Poumon (peau)	-
		Mat. orga	Entrée	Intestin	2,8

# Protocole d'extraction d'épiderme de Poireau pour observation des stomates



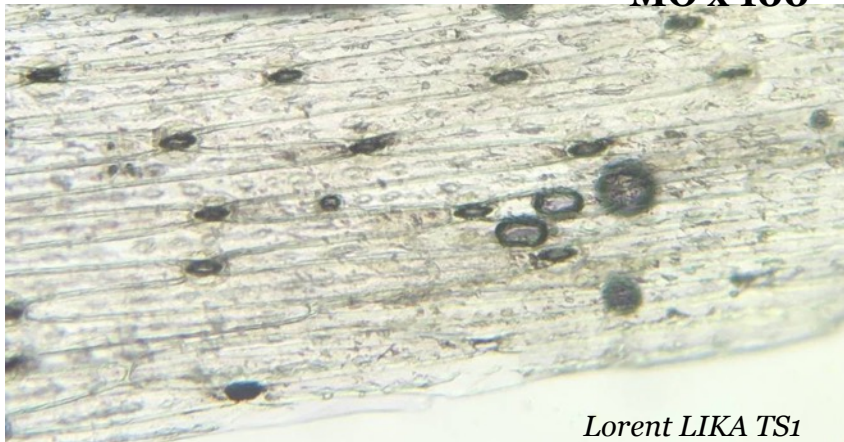
Le fragment est soulevé avec des pincettes



Détail du fragment d'épiderme

# Observation de structures adaptées à la fonction d'échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère

MO x 100

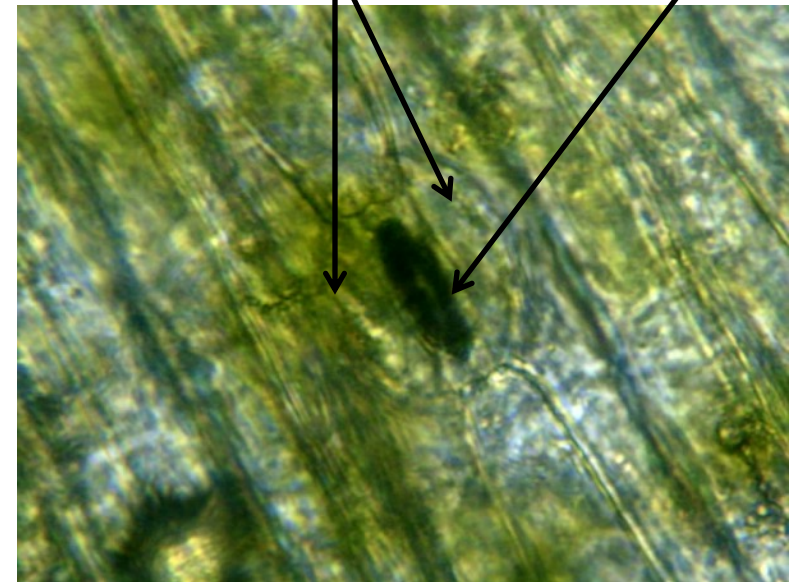


*Lorent LIKA TS1*

À la surface de la feuille, on distingue, réparties de manière régulière, des structures qui semblent aménager un espace de communication entre les tissus chlorophylliens (verts) réalisant la photosynthèse et l'atmosphère

Deux cellules  
stomatiques  
réniformes

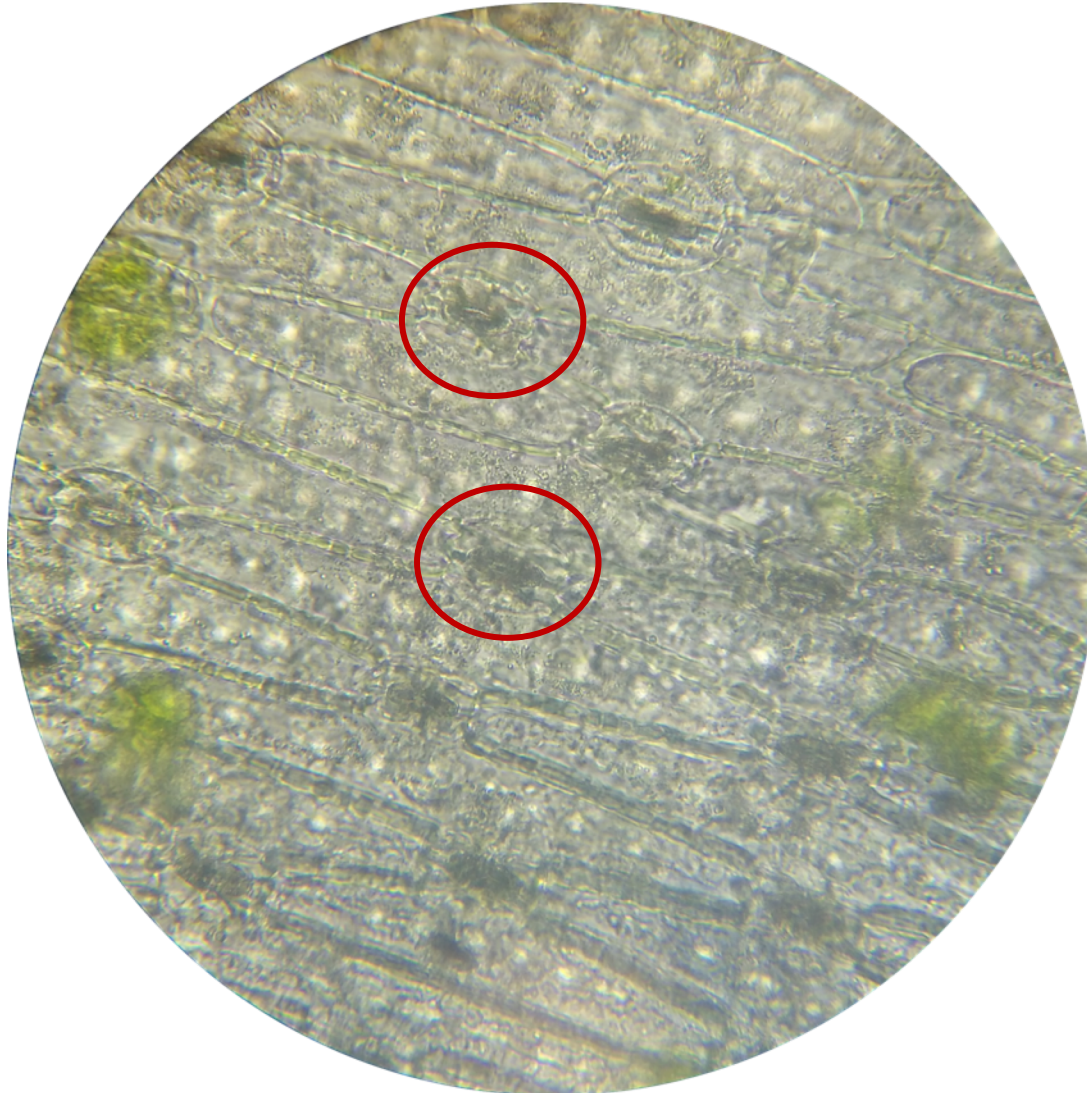
Ouverture =  
ostiole



MO x 400

*S. Dalaine*

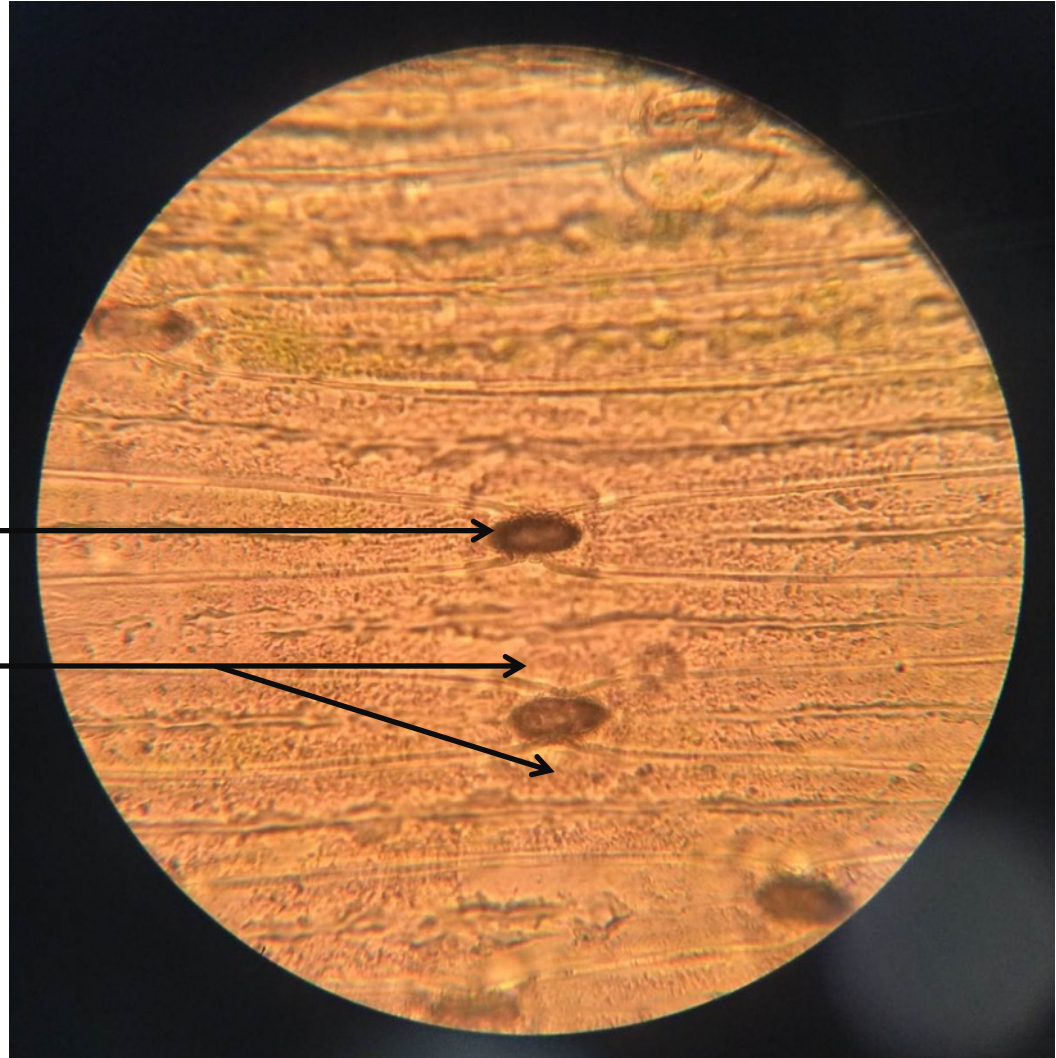
# Observation au MO (X400) de stomates d'épiderme de feuille de poireau



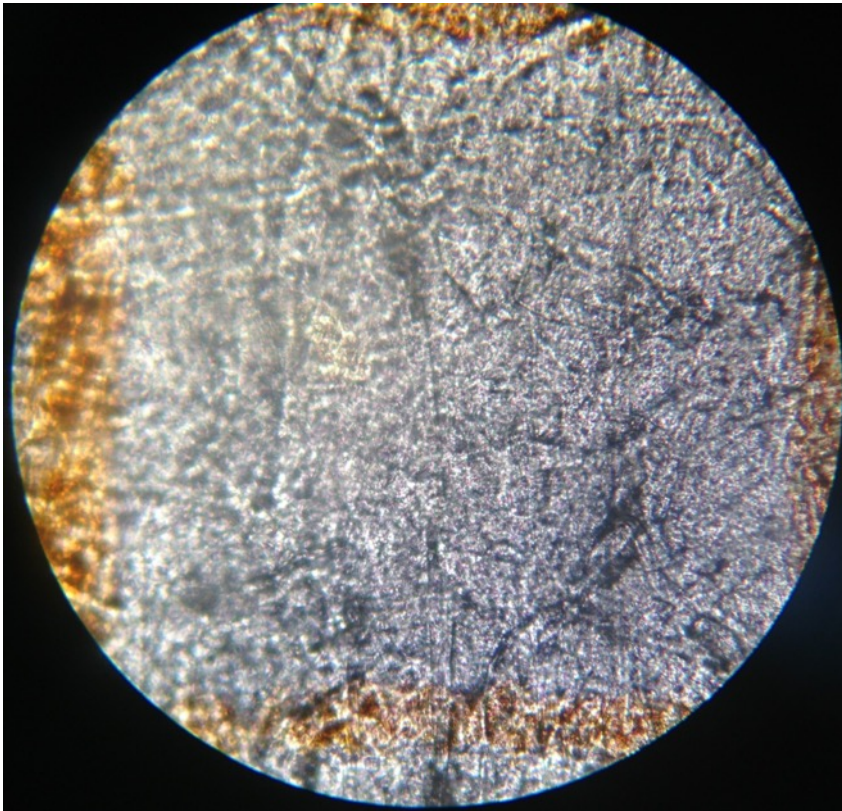
# Observation de stomates d'épiderme de Poireau (MO X600)

Ostiole: ouverture  
permettant les échanges  
gazeux (entrée CO<sub>2</sub>  
sortie O<sub>2</sub>)

Deux cellules  
stomatiques réniformes

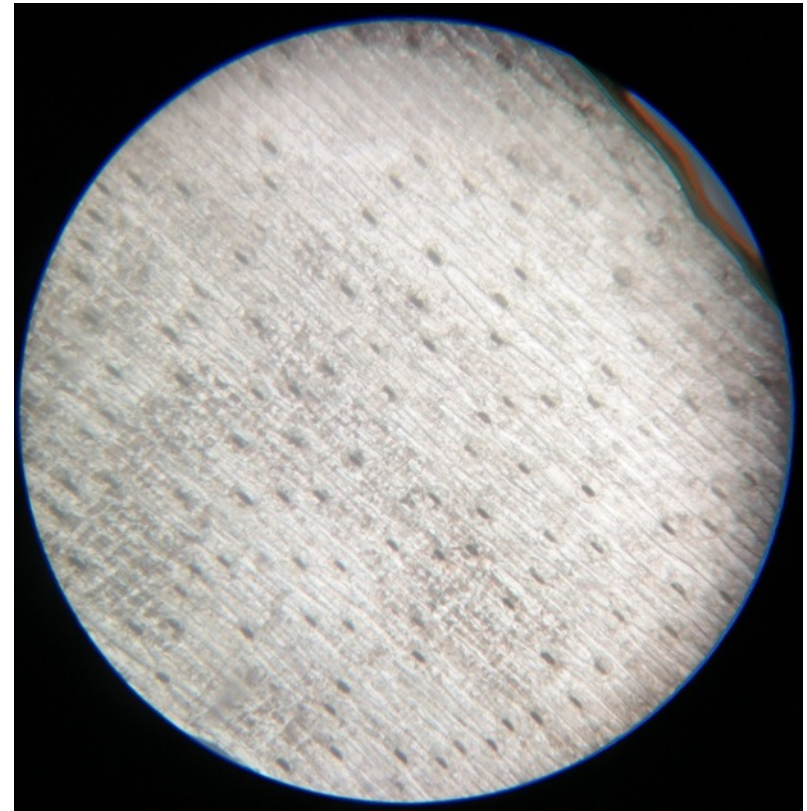


# Calcul de densité stomatique sur épiderme de Poireau (MOX100)



*V. TIMSIT (TS3)*

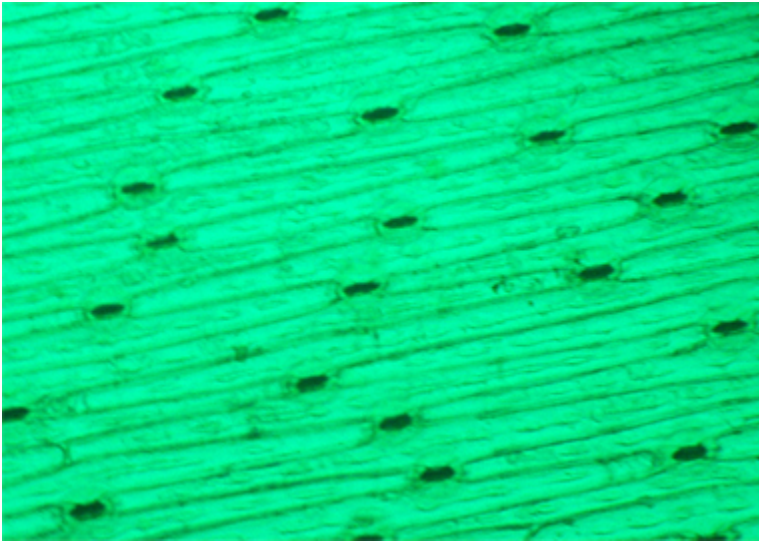
Papier millimétré (transparent) au MO X100  
=> La surface observée mesure  $1\text{mm}^2$



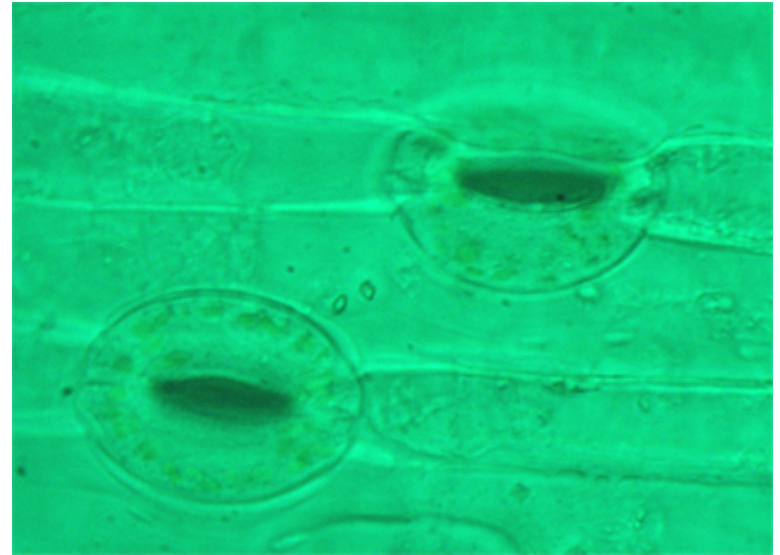
*L. PERDRIGE (TS3)*

Densité stomatique de la surface  
épidermique de Poireau: 80  
stomates /  $\text{mm}^2$

# Observation de stomates d'épiderme foliaire au MO



**Epiderme de feuille de poireau**  
(microscope optique X 100)  
*Noter les cellules épidermiques non chlorophylliennes très allongées et les nombreux stomates.*



**Détail de deux stomates** (microscope optique X 600)  
*Chaque stomate est formé par deux cellules de garde réniformes portant un épaissement interne. Elles délimitent l'orifice de l'ostiole. Noter la présence de chloroplastes à l'intérieur des cellules de garde.*

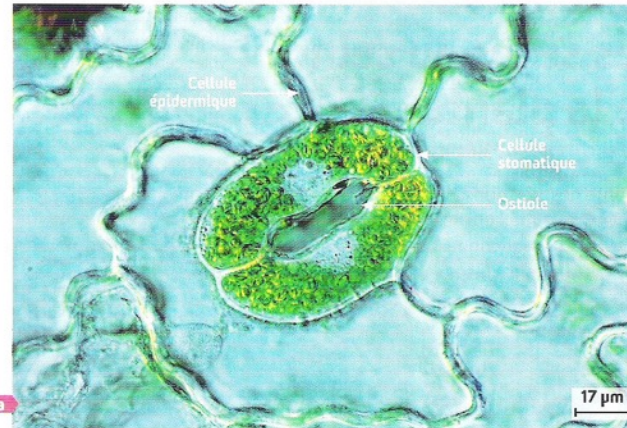
# Les stomates, des structures adaptées aux échanges gazeux avec l'atmosphère

## 3 Une surface d'échanges dans l'air

La feuille réalise des échanges gazeux ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  et vapeur d'eau) avec l'atmosphère grâce à de minuscules orifices présents à la surface de ses feuilles : les stomates. Ceux-ci sont constitués de deux cellules stomatiques encadrant un orifice, l'ostiole.

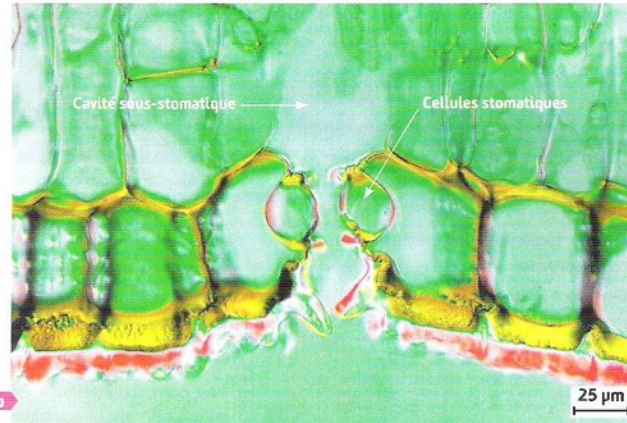
L'atmosphère contient 0,038 % de  $\text{CO}_2$ .

Fragment d'épiderme inférieur de feuille (MO).



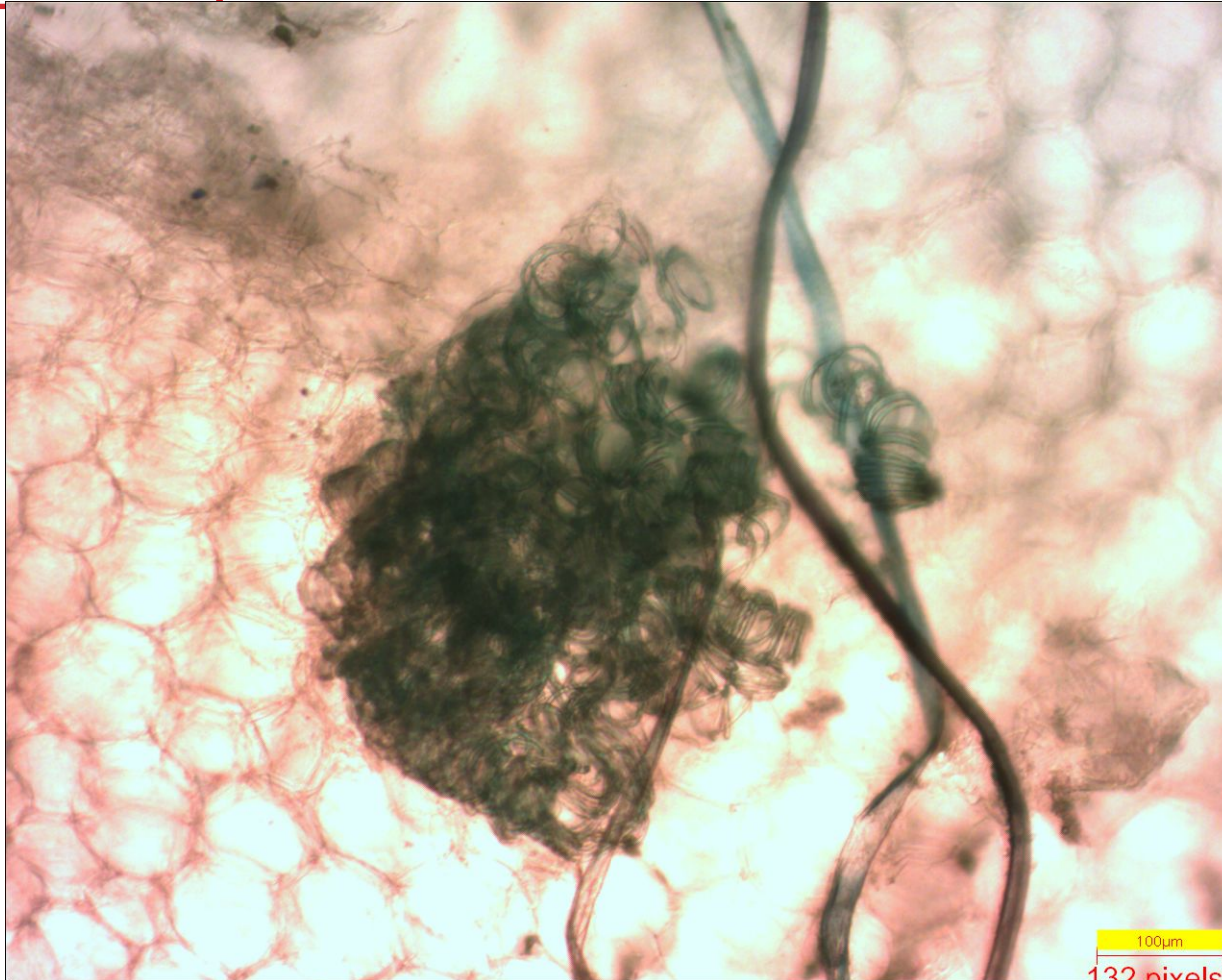
La feuille comporte en fait une atmosphère interne contenue dans tous les espaces entre cellules et cavités sous-stomatiques. La surface d'échanges gazeux ne correspond donc pas seulement aux ostioles des stomates mais à toutes les surfaces exposées à cette atmosphère interne.

Coupe transversale de feuille d'aloès au niveau d'un stomate (MO).

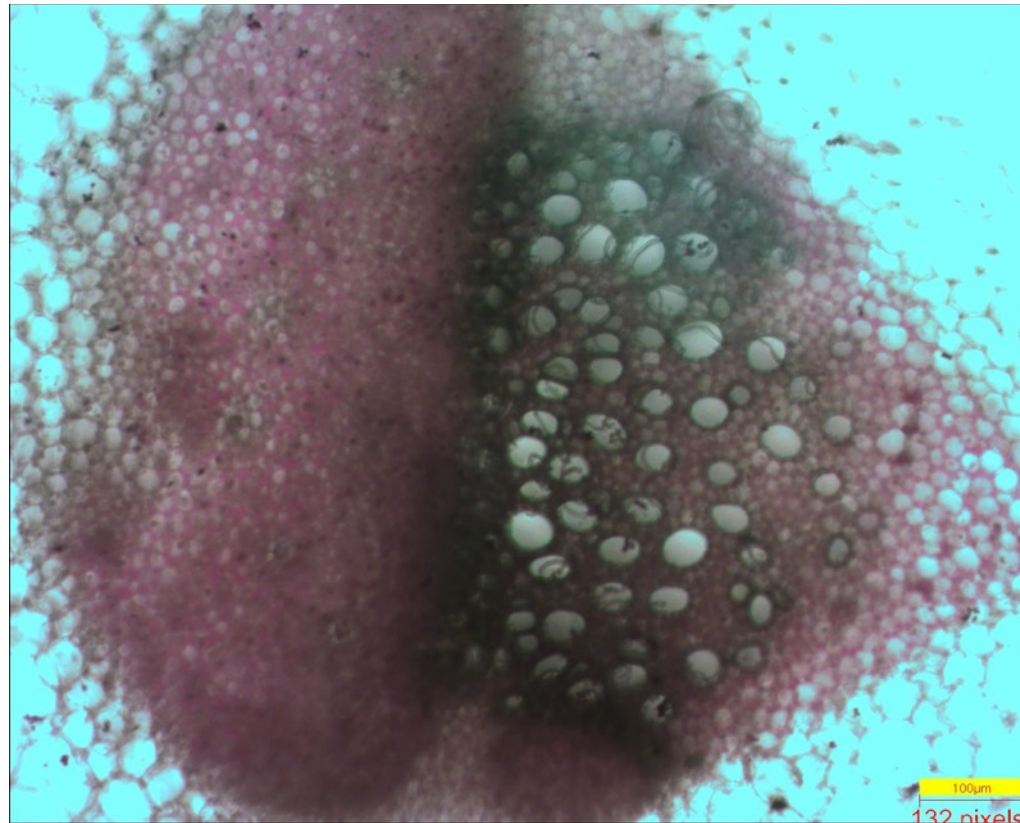


# Mise en évidence d'une continuité racine-tige-feuille au niveau vasculaire

Photographie des vaisseaux de xylème, conduisant la sève brute mettant en évidence une lignification spiralée participant à la rigidification des vaisseaux. Xylème de la racine (MO X100)

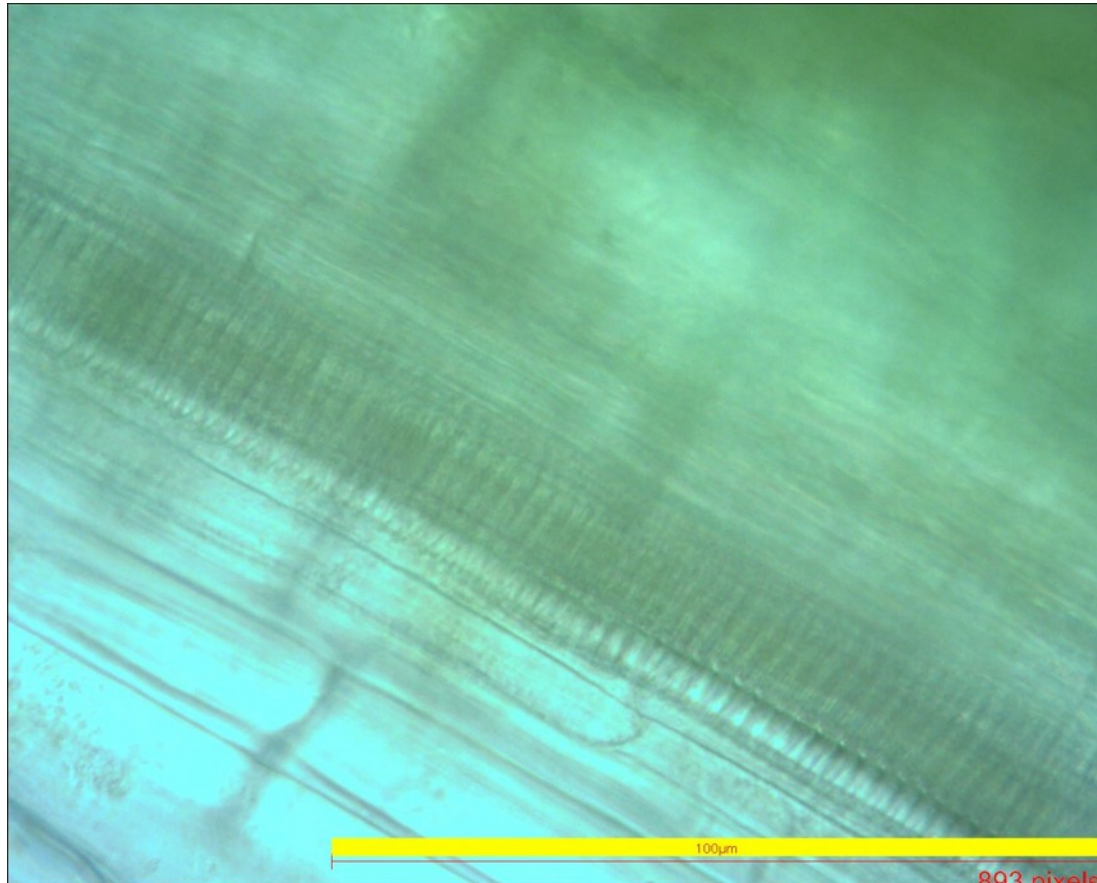


Photographie AU MO X100 Coloration Carminouvert de Mirande, mise en évidence des vaisseaux de xylème (vert) à paroi rigidifiée par lignine dans la tige

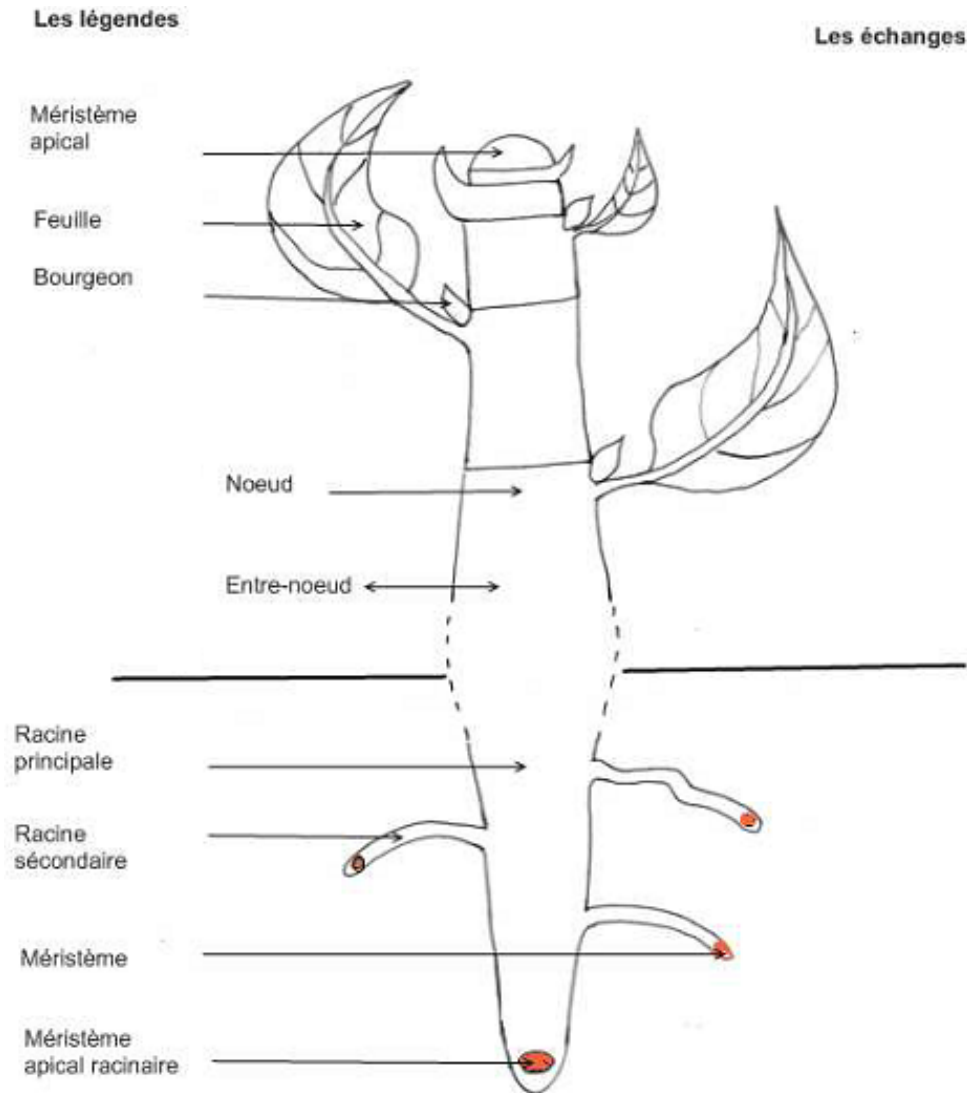


# Mise en évidence d'une continuité racine-tige-feuille au niveau vasculaire

Photographie des vaisseaux de xylème, conduisant la sève brute mettant en évidence une lignification spiralée participant à la rigidification des vaisseaux. Xylème de la feuille (MOX100)

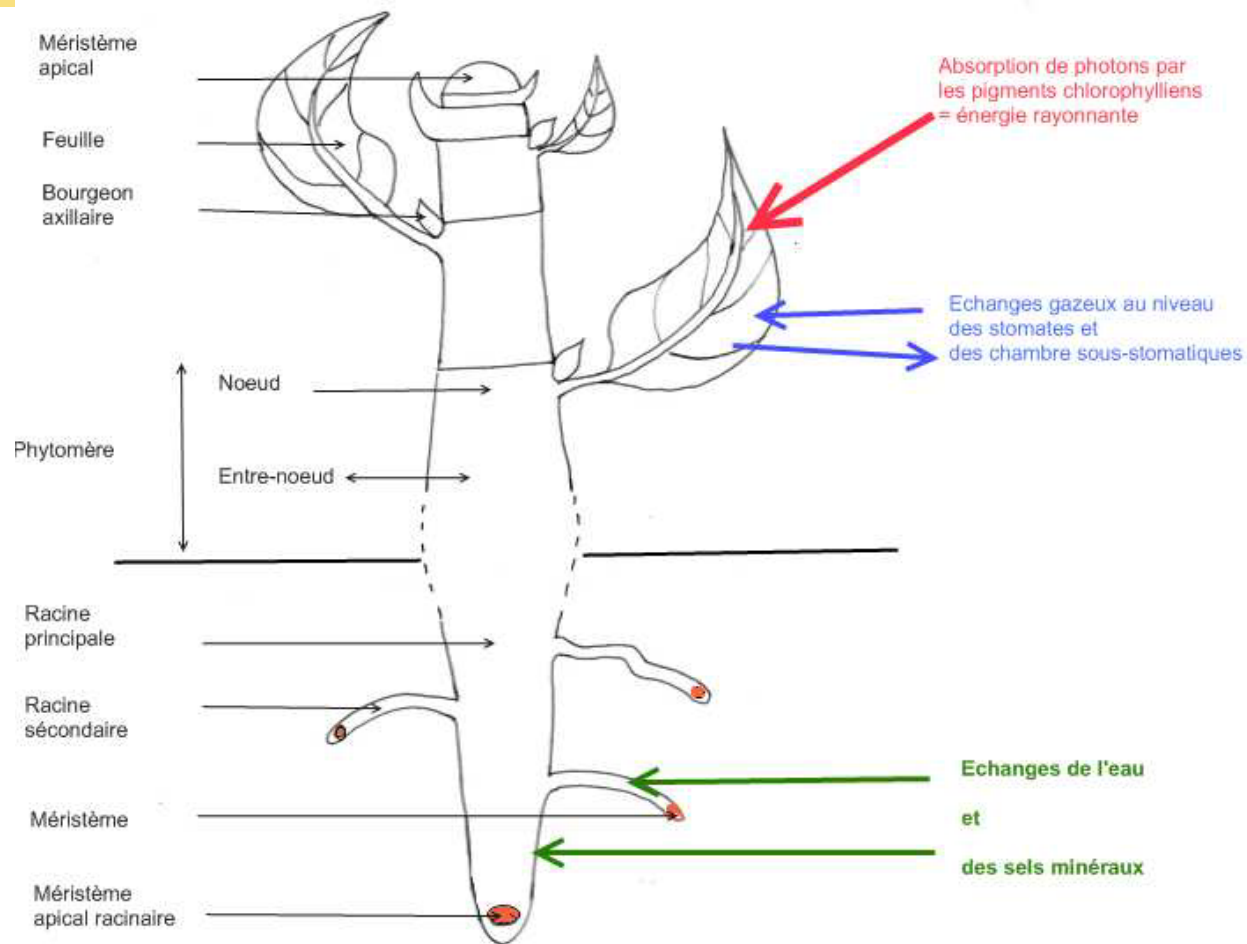


# Les surfaces d'échanges de la plante, interface sol/air



## Les légendes

## Les échanges



Titre : **schéma fonctionnel des surfaces d'échanges d'une plante**

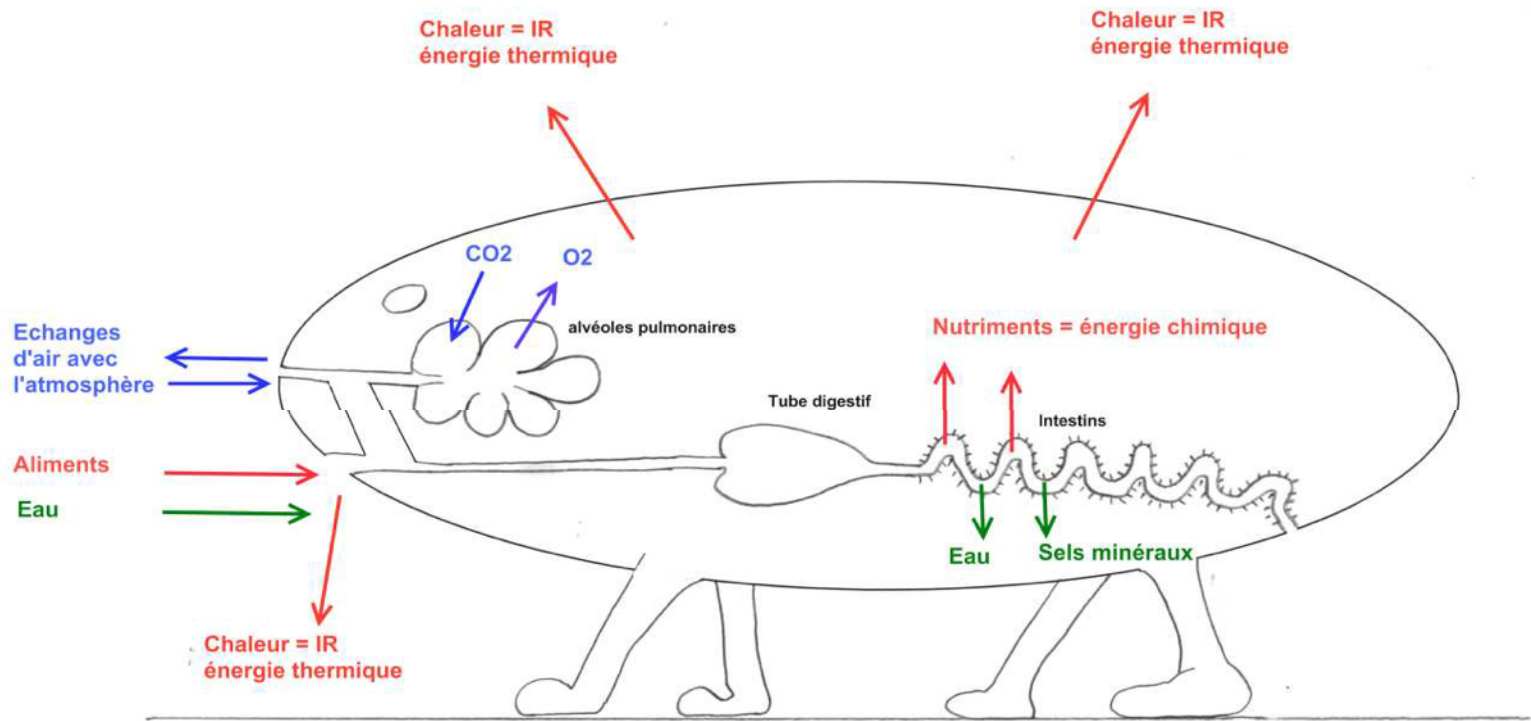
### Quelques définitions :

L'entre-noeud : zone du phytomère qui s'allonge le plus souvent et ne produit aucun éléments à sa périphérie

le noeud: partie du phytomère qui ne s'allonge pas mais porte, feuilles et bourgeons ou fleurs

Phytomère: ou module; unité d'organisation de la plante

Méristème: groupes de cellules qui se divisent par mitoses à l'origine de la croissance.



Titre : Schéma des surfaces d'échanges d'un mammifère

# Traces écrites

## B. Adaptation structure fonction dans le cas de la capture de lumière nécessaire à la photosynthèse par les feuilles

- A l'interface air/végétal, un appareil foliaire très développé : une très grande surface d'échanges (mais aussi inconvenient car pertes hydriques... nécessaire adaptation dans les milieux secs, dans le désert ou en montagne par ex)
- A la surface des feuilles des stomates, forment des structures adaptées aux échanges gazeux