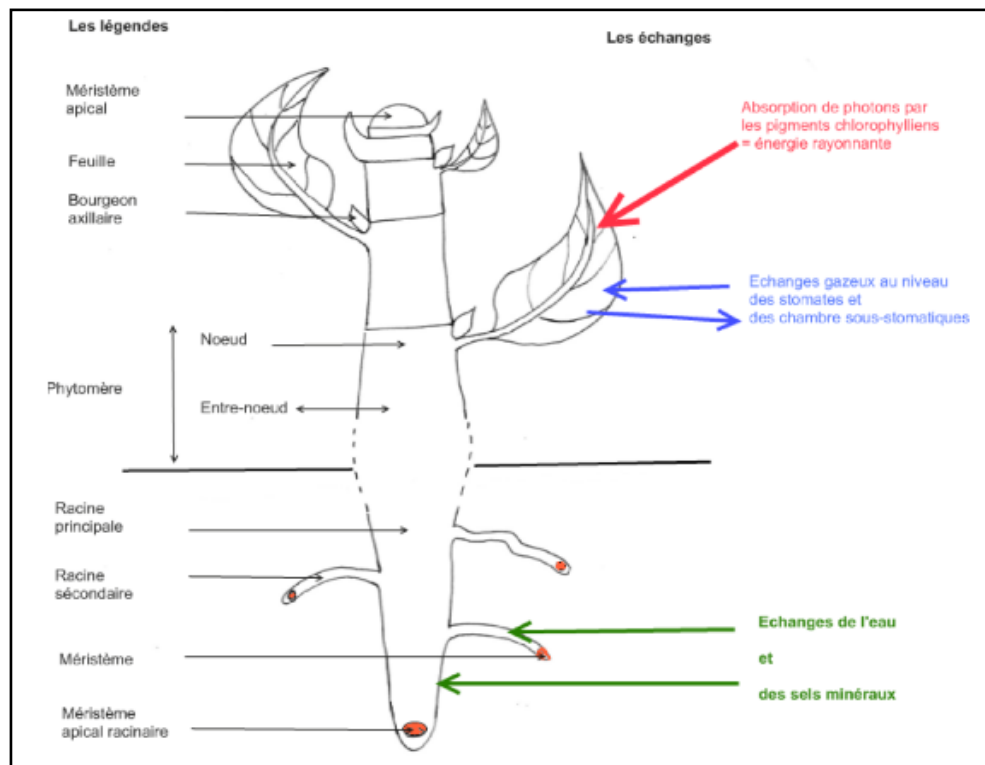


Activité 13: Les adaptations à la vie fixée: la nutrition - Correction

La vie fixée est source de contraintes liées notamment à l'impossibilité de se déplacer pour se procurer de la nourriture, se mettre à l'abri, ou se reproduire.



Les Angiospermes (plantes à fleurs) sont des organismes vivants végétaux qui ont une vie fixée pour la plupart à l'interface du sol et de l'air.

Elles ont un métabolisme autotrophe qui leur permet de produire elles même leur matière organique en utilisant uniquement des matières minérales et de l'énergie lumineuse grâce à la photosynthèse.

Leur vie fixée les contraint donc à développer des structures facilitant les échanges nécessaires à la photosynthèse:

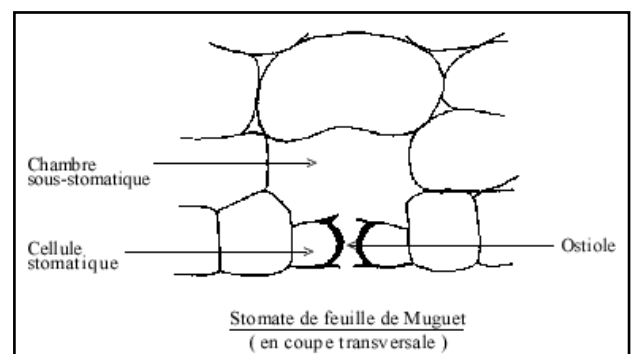
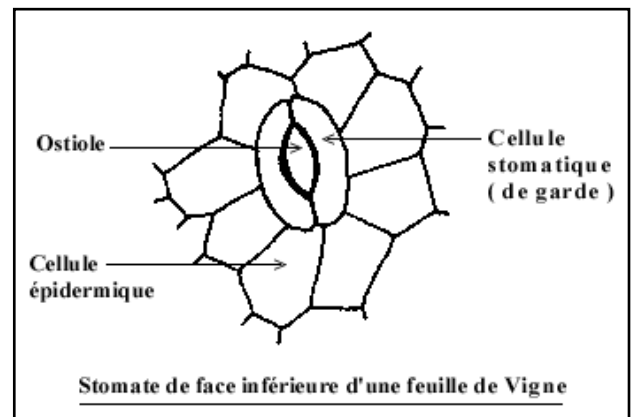
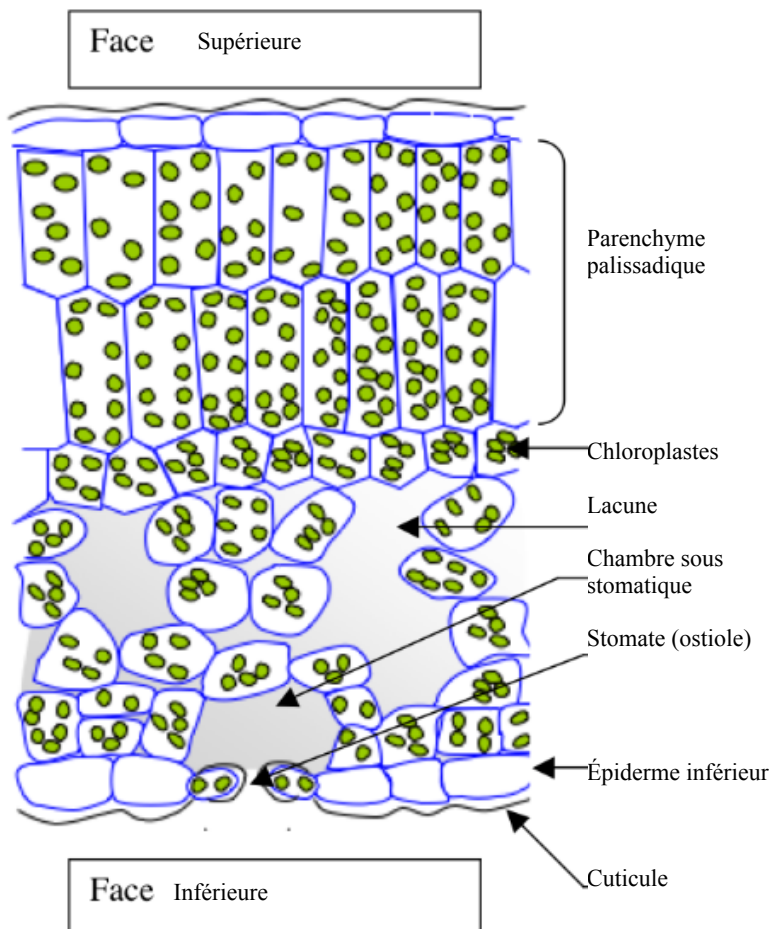
- Les feuilles sont des organes spécialisés pour les échanges entre l'atmosphère et la plante (absorption de l'énergie lumineuse, échanges de O_2/CO_2).

- Les racines sont des organes spécialisés dans l'ancrage au sol, et l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

- Les tiges assurent les échanges entre les organes autotrophes (feuilles vertes chlorophylliennes) et hétérotrophes (racines, jeunes feuilles).

Atelier 1: Organisation de la feuille

Les feuilles sont des organes spécialisés dans les échanges entre l'atmosphère et la plante (absorption de l'énergie lumineuse, échanges de O_2/CO_2)



Mesure et estimation des surfaces de la plantes aux interfaces sol / racines et atmosphère / feuilles:

Masse (kg)	0,00298
Surface foliaire chlorophyllienne (m ²)	0,0149
Surface foliaire chlorophyllienne / Masse (m ² / kg)	5
Estimation de la surface d'absorption de l'énergie lumineuse / Masse (m ² / kg)	10
Estimation de la surface d'absorption des gaz / Masse (m ² / kg)	300

L'énergie lumineuse est absorbée par les pigments chlorophylliens donc la surface d'absorption de l'énergie lumineuse correspond à la surface des parties chlorophylliennes mesurée x 2.

Les gaz sont échangés entre les cellules chlorophylliennes et les chambres sous-stomatiques donc la surface estimée est celle des feuilles x 2 puis x 30 selon F HALLE.

Comparaison des surfaces d'échanges de la plante et d'un mammifère:

Les échanges		Nature, position, et caractéristique de l'organe remplissant la fonction		Surface/Masse (m ² /kg)	
		Végétal	Mammifère	Végétal	Mammifère
Énergie	Rayonnante entrante: photons (Photosynthèse)	Feuilles chlorophylliennes Externes. Aériennes		10 (5)	
	Chimique entrante (Nutrition)		Intestin grêle Interne avec villosités et microvillosités qui augmentent la surface d'échange en contact avec des capillaires sanguins		2,8
	Thermique sortante: IR		Peau externe aérienne		0,027
Photosynthèse: CO ₂ entrant / O ₂ sortant		Stomates externes aériens + chambres sous somatiques et lacunes internes		300 (150)	
Respiration: O ₂ entrant / CO ₂ sortant		Stomates externes aériens + chambres sous somatiques et lacunes internes	2 Orifices nasaux externes aériens + Alvéoles pulmonaires internes et nombreuses en contact avec des capillaires sanguins	300 (150)	1,85

La feuille est un organe spécialisé dans la photosynthèse; elle utilise le CO₂ atmosphérique, l'eau, les sels minéraux et l'énergie lumineuse pour élaborer de la matière organique. Sa structure est adaptée à sa fonction nutritive en relation avec ses conditions de vie fixée:

1: La face supérieure assure la capture de l'énergie lumineuse

La feuille utilise l'énergie rayonnante (lumière: photons) qui est ubiquiste; elle la capture par sa face supérieure particulièrement exposée aux photons, et au niveau de laquelle se trouve le parenchyme palissadique riche en cellules chlorophylliennes dont les chloroplastes absorbent l'énergie lumineuse et la transforme en énergie chimique.

Sa forme plate lui offre une grande surface entrante de l'énergie rayonnante (rapport surface entrante énergie rayonnante / masse de la plante = 10)

Chez les mammifères, mobiles, l'énergie utilisée est chimique contenue dans des nutriments qui proviennent de l'alimentation qui doit être recherchée, elle entre par des surfaces internes (intestin) plus faibles (rapport surface entrante énergie chimique / masse du mammifère = 2,8)

2: Les besoins en eau et en sels minéraux

Des vaisseaux conducteurs assurent l'approvisionnement en eau et en sels minéraux. Un épiderme recouvert d'une cuticule imperméable protège les deux faces de la feuille contre les pertes en eau; la plante qui ne peut fuir et se protéger des fortes chaleurs évite ainsi la dessiccation.

3: La face inférieure assure les échanges gazeux

L'épiderme de la face inférieure, moins exposé à la lumière et à la chaleur est interrompu par les stomates qui assurent les échanges gazeux entre l'atmosphère et le milieu intérieur de la feuille (entrée de CO₂, sortie d'O₂ et évaporation d'eau). Les stomates sont formés par deux cellules de garde entourant un orifice appelé ostiole. L'ouverture de l'ostiole est variable et peut être contrôlée. Ils s'ouvrent à la lumière et se ferment à l'obscurité ou lors de fortes chaleurs.

Les stomates s'ouvrent sur des chambres sous stomatiques qui communiquent avec le parenchyme lacuneux dans lequel les cellules sont disjointes (méats) ce qui accroît la surface d'échange des gaz entre l'atmosphère (interne) et les cellules chlorophylliennes.

• Les échanges gazeux de la photosynthèse correspondent à une fonction nutritive analogue à l'absorption intestinale (énergie chimique entrante) chez le mammifère. Chez la plante le rapport surface d'échange des gaz / masse est de 300 m²/kg; alors que chez le mammifère le rapport surface intestinale / masse est de 2,8 m²/kg.

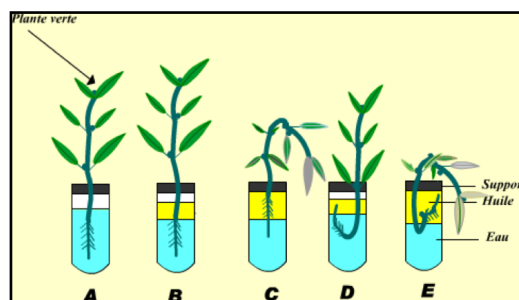
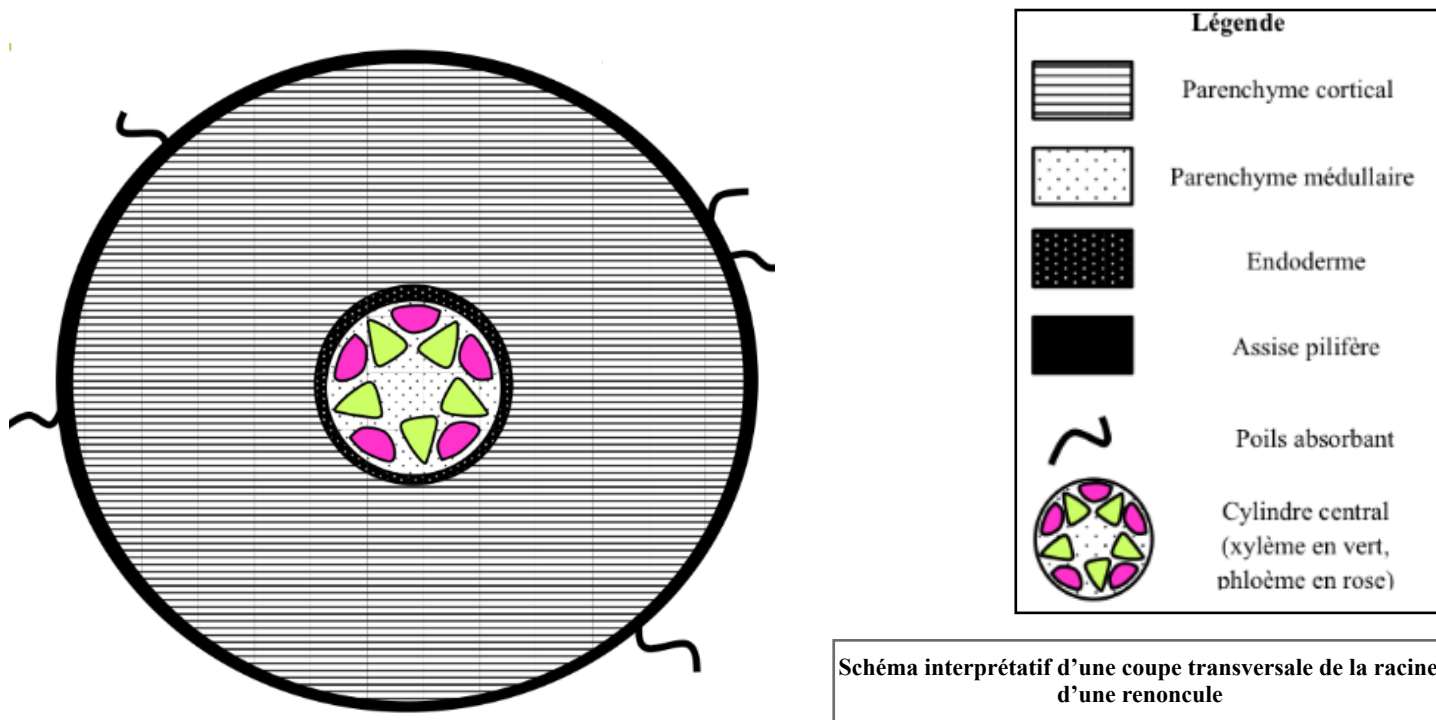
• Les échanges gazeux de la respiration sont aussi assurés par la feuille qui remplit une fonction analogue aux poumons. Chez la plante, le rapport surface d'échange des gaz / masse est de 300 m²/kg; alors que chez le mammifère le rapport surface d'échange des gaz / masse est de 1,85 m²/kg

Atelier 2: Organisation de la racine et surface d'échanges racinaires

Les racines sont des organes spécialisés dans l'ancrage au sol, et l'absorption de l'eau et des sels minéraux.

La structure racinaire

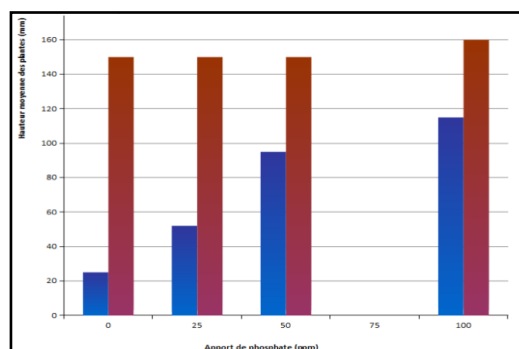
L'extrémité des racines est structurée en trois zones : A l'apex racinaire se trouve une zone de prolifération de cellules qui permet à la racine de s'allonger puis vient une zone pilifère et une zone de différenciation cellulaire. Au niveau de la zone pilifère, les cellules épidermiques prennent une forme particulière : elles s'allongent et forment alors les poils absorbants. La différenciation de faisceaux conducteurs commence à apparaître également à ce niveau. La coupe transversale de la racine permet d'observer de l'extérieur vers l'intérieur: un rhizoderme, une écorce, constituée d'un parenchyme cortical ou cortex abondant et d'un endoderme lignifié en U, un cylindre central, séparé de l'écorce par un péricycle, composé d'un parenchyme central sclérifié et de massifs alternés de xylème et de phloème.



Expérience 1: Les régions racinaires avec ou sans poils absorbants sont placées dans l'eau et ou dans l'huile

La plante survie seulement si la portion racinaire possédant des poils absorbants se trouve dans l'eau.

-> L'absorption de l'eau et des sels minéraux se fait uniquement au niveau des poils absorbants.



Expérience 2: Des semis d'aulne sont réalisés dans des pots de même taille remplis d'humus forestier pauvre en phosphate et préalablement stérilisés. La moitié des pots sont inoculés avec un champignon mycorhize. Dans chaque pot, inoculé ou non, un apport plus ou moins important de phosphate est réalisé. La taille des plants est mesurée au bout de huit mois de culture en serre (histogramme) + Documents page 46

(Barre de gauche: non inoculé. Barre de droite: inoculé)

Le développement des plants non inoculés est fonction de l'apport en P: plus l'apport en P augmente et plus le développement des plants non inoculés augmente.

Le développement des plants inoculés est indépendant de l'apport en P: lorsque l'apport en P augmente, le développement des plants inoculés n'augmente pas ou très peu.

Les plants inoculés développent des mycorhizes (symbiose plante / champignon); le mycelium du champignon pénètre entre ou dans les cellules du rhizoderme, ce qui augmente la surface d'échanges et permet un meilleur approvisionnement de la plante en eau et en sels minéraux.

Mesure de la surface d'échanges racines / sol d'un plant de seigle

Hauteur d'un PA (mm)	0,087
Diamètre d'un PA (mm)	0,046
Pi	3,142
Surface d'un PA (mm ²). Formule de la surface d'un cylindre: $Pi \times D \times H$	0,012
Surface absorption racinaire plante (m ²) Données: 14 milliards de poils absorbants chez un plant de seigle de 4 mois.	174,065

Estimation la surface d'absorption de l'eau et des ions, et calculez le rapport Surface absorption eau-ions / Masse (m²/kg).

L'eau et les sels minéraux sont échangés au niveau des racines mais on observe sur les racines des poils absorbants ou des mycorhizes (symbiose entre un champignon et des racines) qui augmentent considérablement cette surface d'échange donc la surface d'échange est estimée selon HALLE à la surface aérienne x 130.

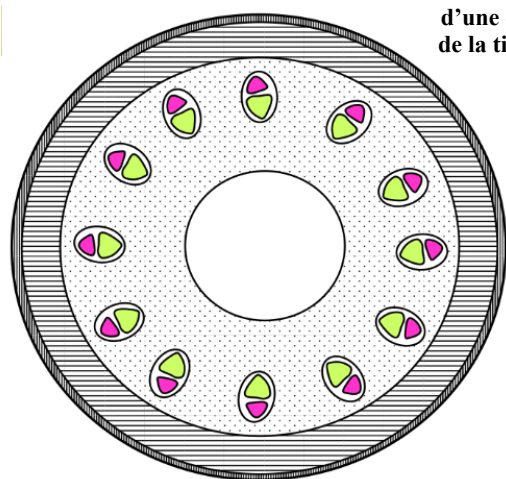
Les échanges	Nature, position, et caractéristique de l'organe remplissant la fonction		Surface/Masse (m ² /kg)	
	Végétal	Mammifère	Végétal	Mammifère
Nutrition: Eau et sels minéraux entrant	Racines ramifiées, PA, mycorhizes Externes souterraines	Intestin Interne	1300 (650)	2,8

La racine assure l'absorption de l'eau et des sels minéraux qui sont des ressources rares et inégalement réparties dans le sol. L'absorption a lieu au niveau des zones pilifères par les poils absorbants; ceux ci, très nombreux offrent une vaste surface d'échanges entre le sol et la plante (174 m² pour un plant de seigle de 4 mois). La surface d'absorption est encore davantage augmentée par les symbioses mycorhiziennes avec les champignons.

Le rapport surface d'absorption racinaire de l'eau et des sels minéraux / masse d'un végétal est ainsi estimé à 1300 m² / kg; alors que le rapport surface d'absorption intestinale de l'eau et des minéraux / masse d'un mammifère n'est que de 2,8 m² / kg

Atelier 3: Organisation de la tige et conduction des sèves

Schéma interprétatif
d'une coupe transversale
de la tige d'une renoncule



Légende	
	Parenchyme cortical
	Parenchyme médullaire
	Lacune centrale
	Epiderme
	Faisceau conducteur (xylème en vert, phloème en rose)

La sève brute est une solution aqueuse riche en eau et en sels minéraux mais extrêmement pauvre en matière organique. La sève élaborée est une solution aqueuse riche en matières organiques (saccharose, protéine..)

Hypothèses:

- La sève brute serait issue de la solution du sol absorbée par les racines.
- La sève élaborée serait issue des feuilles qui réalisent la photosynthèse.

L'observation de la coupe transversale de la tige d'un rameau d'impatience plongé pendant 3 heures dans une solution de fuschine, montre une coloration rouge (fuschine) au niveau des faisceaux conducteurs de la tige. On en déduit que la tige réalise un transport ascendant de la solution du sol absorbée par les racines.

L'autoradiographie (mesure de la radioactivité) d'une plante dont l'une des feuilles a été exposée à un air enrichi en CO₂ radioactif, montre que la tige et les racines sont elles même devenues radioactives. On en déduit que la tige réalise un transport des photo-assimilés (matière organique élaborée lors de la photosynthèse) de la feuille autotrophe vers les organes hétérotrophes (tige et racine... Mais aussi jeunes feuilles).

Lorsque qu'une plante est exposée à une substance fluorescente verte au niveau de ses feuilles, et à une substance fluorescente rouge au niveau de ses racines, on observe sur la coupe transversale des faisceaux conducteurs que le xylème est coloré en rouge tandis que le phloème est coloré en vert. On en déduit que le xylème transporte la sève brute des racines vers les feuilles, et que le phloème transporte la sève élaborée des feuilles vers les organes hétérotrophes.

Dans un végétal, l'évolution a conduit à une séparation des fonctions nutritives en relation avec une adaptation à la vie fixée. Les feuilles aériennes chlorophylliennes et autotrophes au carbone élaborent de la matière organique grâce au CO_2 qu'elles prélèvent dans l'atmosphère et à l'énergie lumineuse. Elles ont cependant besoin, pour assurer leur fonction, de l'eau et des sels minéraux prélevés par les racines. La sève brute est une solution aqueuse riche en eau et en sels minéraux mais extrêmement pauvre en matière organique; son transport ascendant (des racines vers les feuilles) dans les vaisseaux du xylème apporte l'eau et les sels minéraux nécessaires à la réalisation de la photosynthèse dans les feuilles. Les racines hétérotrophes au carbone ont besoin de la matière organique élaborée par les feuilles. La sève élaborée est une solution aqueuse riche en matière organique (saccharose); son transport descendant (des feuilles vers les racines) dans les tubes criblés du phloème apporte la matière organique nécessaire au métabolisme hétérotrophe des racines.

Conclusion

La plante utilisant une énergie ubiquiste n'a pas besoin de se déplacer à sa recherche, la vie fixée n'est donc pas une contrainte à la capture de l'énergie entrante. Le grand nombre de feuilles, leur disposition, et leur forme plate confère une grande surface d'absorption de l'énergie lumineuse.

Les ressources nutritives (CO_2 , eau, sels minéraux) sont rares et ou inégalement réparties dans le milieu. Au cours de l'évolution les plantes se sont adaptées à la vie fixée en développant une interface atmosphère/plante et une interface sol/plante séparées pour aller puiser ces ressources là où elles sont les plus abondantes:

- À l'interface atmosphère/plante: les stomates, chambres sous stomatiques, et lacunes des feuilles, offrent une très vaste surface d'absorption du CO_2 atmosphérique.
- À l'interface sol/plante: les racines, les poils absorbants et les mycorhizes offrent une très vaste surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux.

La séparation de ces deux interfaces d'échanges entre la plante et le milieu extérieur impose des échanges internes entre les feuilles aériennes autotrophes, et les racines souterraines hétérotrophes. Ces échanges d'eau, sels minéraux, matière organique sont assurés par les vaisseaux du xylème (sève brute) et par les tubes criblés du phloème (sève élaborée)