

Activité 13: Les adaptations à la vie fixée: la nutrition.

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).

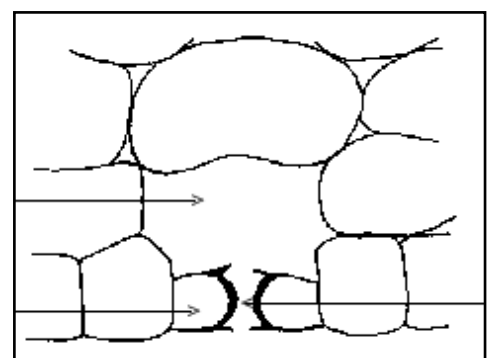
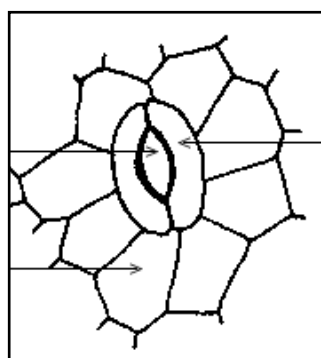
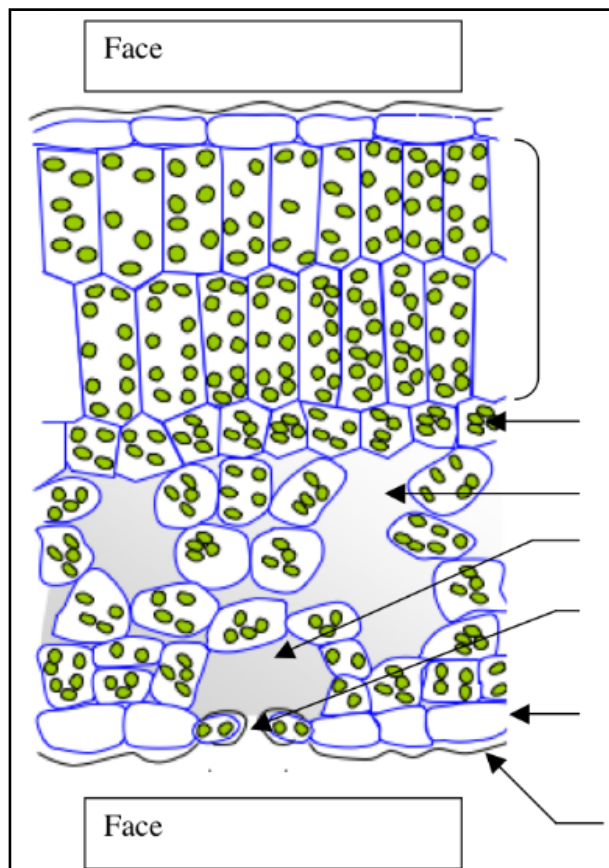
Atelier 1: Organisation de la feuille

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). La feuille assure deux types d'échanges gazeux avec l'atmosphère: (1) A la lumière, la feuille a une activité photosynthétique: elle utilise le CO_2 atmosphérique, l'eau, les sels minéraux et l'énergie lumineuse pour élaborer de la matière organique tout en libérant du O_2 . (2) A la lumière comme à l'obscurité, la feuille respire: elle utilise l' O_2 atmosphérique pour dégrader de la matière organique et produire de l'énergie tout en libérant du CO_2 .

Montrez que la feuille est un organe dont la structure est adaptée aux fonctions nutritives de la plante en relation avec ses conditions de vie fixée.

La structure foliaire

La feuille est constituée d'une partie fine, le pétiole et d'une partie élargie le limbe. Les végétaux comme la plupart des êtres vivants sont constitués d'une grande proportion d'eau, ils doivent donc lutter contre les pertes d'eau lors de période de sécheresse. La surface externe des feuilles est recouverte de couches superposées d'un dépôt cireux appelé cuticule (1) constituée d'un réseau de cires cuticulaires très hydrophobes. Le rôle de la cuticule est donc de réduire l'évaporation d'eau directement par les surfaces externes des épidermes (2) foliaires et de protéger les cellules épidermiques et les cellules des parenchymes sous-jacents contre une dessiccation qui pourrait être létale. La continuité de l'épiderme et de la cuticule est parfois interrompue par des petits pores nommés ostiole (3). Chaque pore est entouré de cellules particulières appelées cellules de garde (4) formant ensemble une structure appelée stomate (5). Ces cellules contrôlent la taille de l'ouverture du pore. Ces pores sont plus nombreux sur la face inférieure de la feuille que sur la face supérieure. Pour les feuilles les plus typiques, les stomates en face inférieure s'ouvrent sur une chambre sous-stomatique (8) en contact avec des cellules présentant entre elle des lacunes et formant un tissu appelé parenchyme lacuneux (6). Alors que sur la face supérieure de la feuille, les cellules sont alignées, de forme régulière et très riches en chloroplastes, on parle de parenchyme palissadique (7). La feuille est parcourue de nervures constituant un système vasculaire, les faisceaux conducteurs, composé de phloème et de xylème.

**Titre:****Stomate de feuille de muguet (CT)**

Masse (kg)	
Surface foliaire chlorophyllienne (m^2)	
Surface foliaire chlorophyllienne / Masse (m^2 / kg)	
Estimation de la surface d'absorption de l'énergie lumineuse / Masse (m^2 / kg)	
Estimation de la surface d'absorption des gaz / Masse (m^2 / kg)	

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.

Titre:

1: Légendez les schémas et indiquez y les trajets de la lumière, des échanges gazeux photosynthétiques (entrée de CO₂, sortie de O₂), et de la vapeur d'eau.

2: Analysez le document 3 page 104 pour expliquer les rôles et le fonctionnement des stomates.

3: Mesurer la surface d'échanges feuilles / atmosphère avec Mesurim

4: Comparez les rapports surfaces/masses des fonctions assurées par la feuille avec les rapports surfaces/masses des organes remplissant des fonctions analogues chez les mammifères (complétez le tableau)

5: Rédigez une synthèse pour montrez que l'organisation des feuilles témoigne des adaptations évolutives des végétaux à la vie fixée dans le cadre de leur nutrition.

Protocole de mesure de surface avec le logiciel Mesurim:

Démarrer le logiciel Mesurim, et ouvrir le fichier à l'aide du menu « Fichier Ouvrir ».

<p>Pour définir l'échelle: Dans « image » cliquer sur « créer / modifier échelle » Cliquer sur « échelle à définir » Sur-ligner le repère sur la photo par un trait fait à la souris d'une longueur connue ou facile à mesurer Ecrire dans les cases l'unité et la longueur réelle du segment tracé. Transférer. Enregistrer temporairement l'échelle en lui donnant un nom.</p>	<p>Pour mesurer la surface (méthode 1): Menu « Choix / Outil de mesure Surface » Dans la boîte de dialogue, choisir « Alignement sur la couleur de la zone cliquée » et "Étend les conditions" Cliquer alors sur l'objet à mesurer (plusieurs fois), puis sur « Mesurer » dans la boîte de dialogue. La zone noire devient jaune (pour identifier la zone mesurée), et la superficie s'affiche dans la boîte de dialogue, au mm² près. Pour mesurer une zone d'une autre couleur, ou recommencer la mesure, choisir RAZ, et recommencer.</p>	<p>Pour mesurer la surface (méthode 2): Dans « outils » cliquer sur « schéma » Avec le « crayon » délimiter la zone de son choix La remplir avec une couleur quelconque grâce au « pot de peinture » Dans « fichier » cliquer sur « transférer » Dans « image » cliquer sur « délimiter des zones » Avec la souris tracer un trait sur la zone colorée puis cliquer sur « OK » Il apparait la surface et le pourcentage de la surface totale (et entre parenthèses la surface réelle si une échelle a été choisie au préalable)</p>
---	---	---

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)				
	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 (Thermorégulation)		Peau externe aérienne		0,027
Photosynthèse: CO ₂ entrant / O ₂ sortant					
Respiration: O ₂ entrant / CO ₂ sortant			2 Orifices nasaux externes aériens + Alvéoles pulmonaires internes et nombreuses en contact avec des capillaires sanguins		1,85

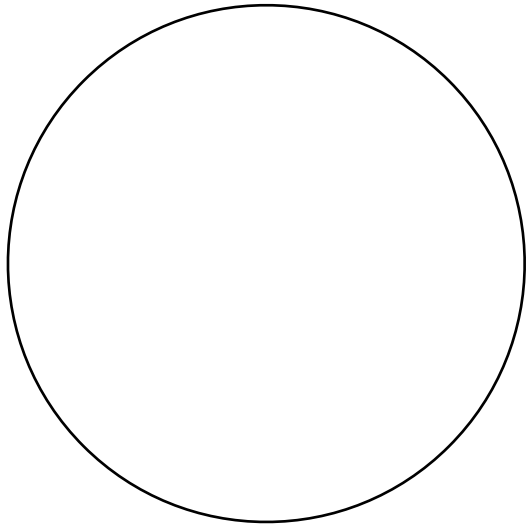
Atelier 2: Organisation de la racine et surface d'échanges racinaires

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

Montrer que la racine est un organe dont la structure est adaptée aux fonctions nutritives de la plante en relation avec les conditions de vie fixée

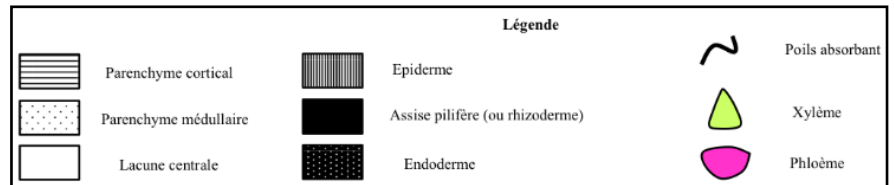
1: La structure racinaire

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 péri-cycle, composé d'un parenchyme central sclérifié et de massifs alternés de xylème primaire centripète et de phloème primaire.

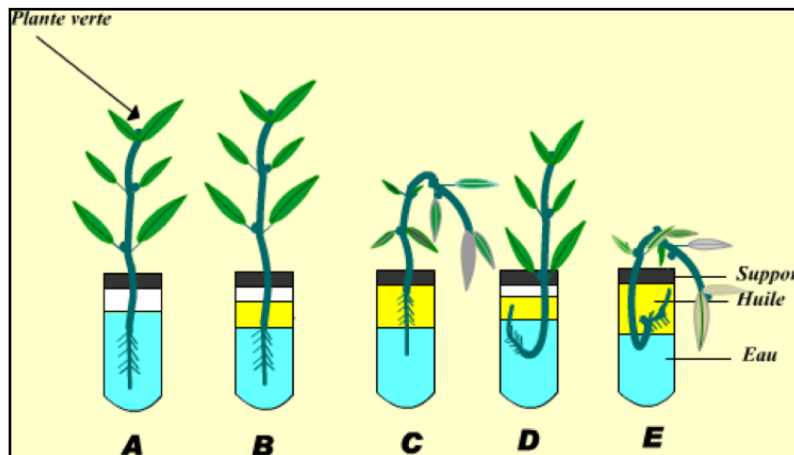


Observer une coupe transversale de racine d'iris colorée au carmin vert d'iode (colore les parois celluliques du phloème en rose et les parois lignifiées du xylème en vert)

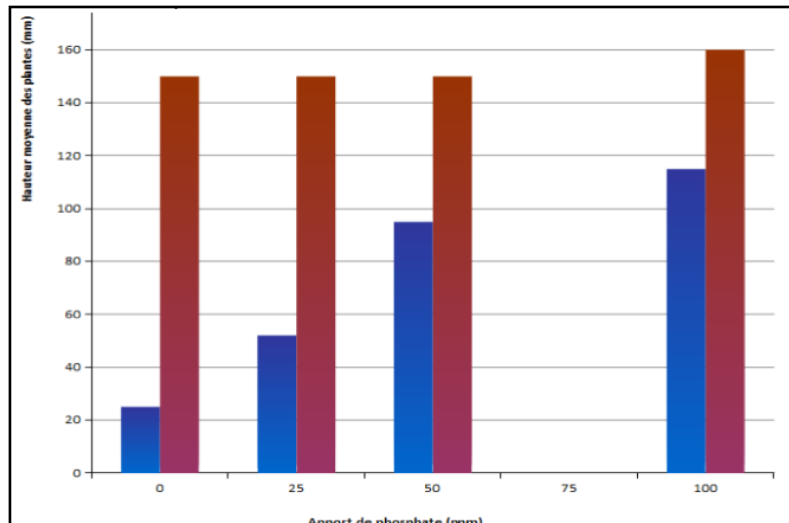
Repérez les différents tissus, et compléter le schéma en respectant la légende imposée.



2: Analyser les résultats des expériences ci dessous et répondre aux questions 3 et 4 page 105



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



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

(En bleu à gauche: non inoculé. En rouge à droite: inoculé)

3: Mesurer la surface d'échanges racines / sol d'un plant de seigle avec le logiciel Mesurim à partir de la photo des poils absorbants

Données: 14 milliards de poils absorbants chez un plant de seigle de 4 mois
Formule de la surface d'un cylindre: $Pi \times D \times H$

4: Estimez la surface d'absorption de l'eau et des ions, et calculez le rapport Surface absorption eau-ions / Masse (m^2/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		Intestin Interne		2,8

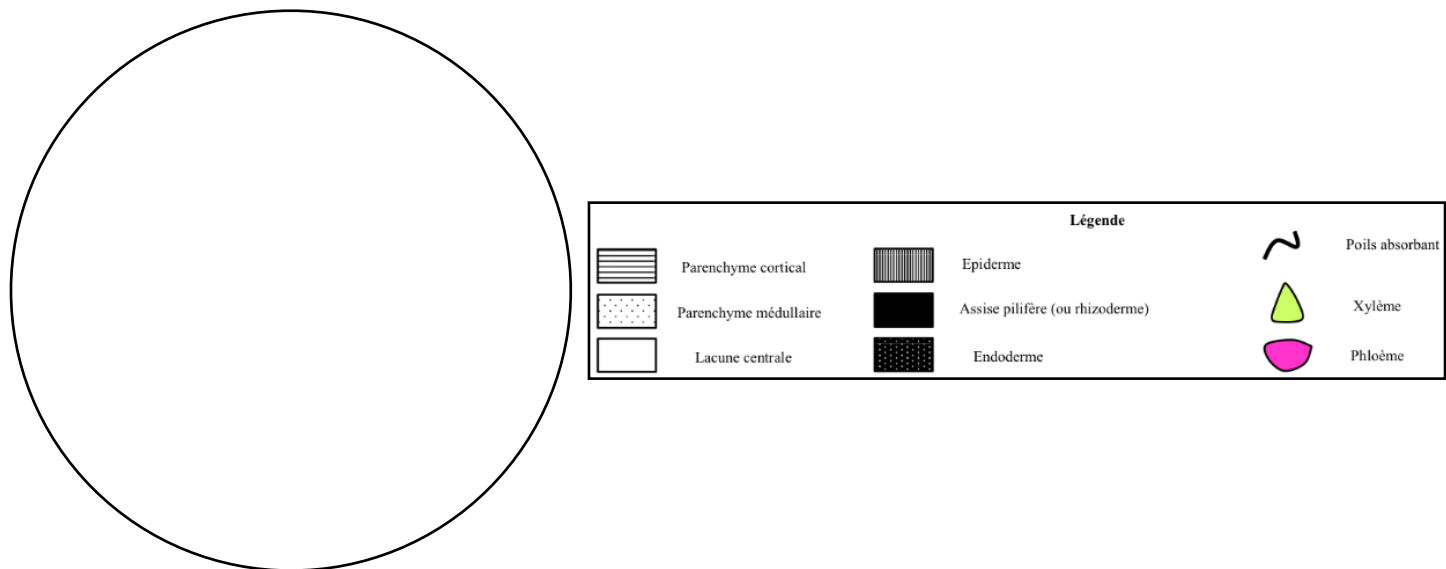
5: Rédigez une synthèse pour montrez que l'organisation des racines témoigne des adaptations évolutives des végétaux à la vie fixée dans le cadre de leur nutrition.

Atelier 3: Organisation de la tige et conduction des sèves

Montrer que la racine est un organe dont la structure est adaptée aux fonctions nutritives de la plante en relation avec les conditions de vie fixée

Les tiges doivent assurer les échanges entre:

- Les feuilles vertes chlorophylliennes (autotrophes) qui réalisent la photosynthèse grâce à l'eau et aux sels minéraux prélevés par les racines
- Les racines (hétérotrophes) qui utilisent, pour leur métabolisme, la matière organique élaborée lors de la photosynthèse dans les feuilles



1: Observez la coupe transversale de tige de renoncule colorée au carmin vert d'iode. Faire un schéma légendé.

2: Répondre aux questions de l'activité pages 106-107

3: Rédigez une synthèse pour montrer que l'organisation de la tige témoigne des adaptations évolutives des végétaux à la vie fixée dans le cadre de leur nutrition.

Extrait du livre : Éloge de la plante de F HALLE

La plante, une vaste surface fixe (p 42 à 44)

Chacun sait que l'énergie qu'elle utilise provient directement du Soleil. C'est une énergie véhiculée par des photons, une énergie rayonnante et de haute qualité ; mais son flux est faible seulement 1 kilowatt par mètre carré en moyenne, sur la moitié éclairée de la Terre.

Une conséquence de la faiblesse relative de ce flux est que la plante, comme tout capteur solaire, doit privilégier ses dimensions linéaires et sa surface au détriment de son volume, une autre conséquence est que le capteur, doit fonctionner aussi fréquemment que possible, et de ce fait, il ne s'arrête que la nuit.

Puisque l'énergie rayonnante arrive directement jusqu'au capteur et quelle est pratiquement ubiquiste (présent partout), un déplacement n'en garantirait pas une meilleure appropriation et, en d'autres termes, la fixation du capteur ne présente pas d'inconvénient. Au demeurant, la mobilité active d'une vaste surface soulèverait d'insolubles problèmes de fardage (prise au vent) et la fixation a l'avantage supplémentaire de permettre l'alimentation en eau à partir du sol par les racines; toutefois, là aussi, la ressource étant faible, la surface de captation doit être très importante.

Une plante est donc essentiellement un volume modeste, une vaste surface aérienne et souterraine, portée par une infrastructure linéaire de très grande dimensions.

L'animal, un petit volume mobile (p 45 à 46)

Il s'approprie par sa bouche, puis par son tube digestif, l'énergie contenue dans les aliments ou dans ses proies. L'animal n'a pas besoin comme la plante de se nourrir toute la journée puisque l'aliment ou la proie contiennent beaucoup d'énergie ; par contre, il utilise cette énergie chimique qu'avec un rendement franchement mauvais. En général, ni les aliments, ni les proies ne se présentent spontanément à l'entrée de l'appareil digestif ; il faut donc se les procurer, ce qui requiert la mobilité active. Cette dernière, à son tour, implique une surface modeste, puisque le fardage est proportionnel à la surface. Pour minimiser la surface et les dimensions linéaires, il suffit de privilégier le volume ; cela met en outre tout point du corps à une courte distance de la source d'énergie, d'où une forme qui rappelle la sphère. On sait que cette dernière représente un maximum de volume abrité sous un minimum de surface. Ajoutons à cela la double nécessité de se procurer des proies et d'échapper aux prédateurs.

Un animal, c'est donc essentiellement un volume enveloppé dans une surface externe modeste. Avec des vastes surfaces internes.

La surface digestive est énorme ; la muqueuse intestinale porte des villosités visibles à l'œil nu, elles mêmes recouvertes de microvillosités de 1 à 3 μm de longueur. Ces niveaux d'expansion représentent une énorme surface de contact avec les particules alimentaires. Une homologie indiscutable unit la surface interne et digestive de l'animal à la surface externe et assimilatrice de la plante. Sur le plan de l'appropriation de l'énergie ces deux surfaces s'équivalent. L'animal ? Une plante ahurissante, retournée comme un gant, qui aurait enfoui ses feuilles et ses racines dans son tube digestif . La plante ? Une sorte d'animal fabuleux, retourné dedans-dehors, et qui porterait ses entrailles en guise de pelage.

Document : Extrait du livre : Éloge de la plante de F HALLE

La plante, une vaste surface fixe (p 42 à 44)

Une plante est donc essentiellement un volume modeste, une vaste surface aérienne et souterraine, portée par une infrastructure linéaire de très grande dimension.

Mesurer la surface d'un végétal n'est pas chose facile. Dans le cas d'un arbre, il faut évaluer le nombre de rameaux, et celui des feuilles, mesurer la surface de la feuille recto-verso, et celle d'un rameau, cumuler ces différentes surfaces partielles avec celles du tronc. On comprend que ce travail n'ait été fait que sur des arbres jeunes et de hauteur modeste.

Les données sont rares :

- 340 m² pour un jeune châtaignier de 8 m de haut ;
- 400 m² pour un petit palmier à huile de 3 m ;
- 530 m² pour un épicéa de 12 m.

Il manque une loi allométrique qui permettrait de passer des mesures sur un jeune arbre à une approximation pour les plus grands. Quelle peut-être la surface aérienne d'un arbre de 40 m de haut ? Une estimation de 10 000 m² (1 ha) n'est certainement pas exagérée ; peut-être est-elle largement sous estimée ; il faut reconnaître que nous ignorons presque tout de la surface aérienne des plantes, d'autant que la surface externe ne représente qu'un aspect de la question. Il a été suggéré de considérer aussi la surface interne permettant les échanges gazeux dans les poches sous- stomatiques, qui serait 30 fois supérieure à la précédente : pour un jeune oranger portant 2 000 feuilles, la surface externe est de 200 m² et la surface interne s'élèverait à 6 000 m².

En ce qui concerne les surfaces racinaires, les investigations sont encore plus difficiles et les données encore plus rares. La surface d'un simple plan de seigle s'élèverait à un total de 639 m² ; sa surface souterraine serait 30 fois plus grande que la surface aérienne, et ses racines mises bout à bout représenteraient 622 km, avec un accroissement quotidien de 5 km. Pour les poils absorbants, les chiffres deviennent énormes 10 620 km de longueur cumulée avec un accroissement de 90 km par jour. On ignore si les deux facteurs indiqués ici ont une valeur générale. En admettant que ce soit le cas et en estimant à 1ha la surface aérienne externe d'un grand arbre, la surface interne est de 30 ha, la surface racinaire de 130 ha et le total des surfaces d'échanges avec le milieu se monte à 160 ha !