

## LES RACINES

Complément au topo du 2/2/2008

Fiche de lecture :

Des racines : face cachée des arbres

Christophe Drénou  
IDF

2 février 2008

## Les racines : leur rôle

- \* **Grosses racines = Fixation de l'arbre dans le sol** (sol plus ou moins meuble) ou sur une paroi ;
- \* **Racines fines = absorption de l'eau et des nutriments du sol**, et leur transport au reste de la plante pour sa croissance et aux feuilles pour la photosynthèse:
- \* **Toutes racines : Stockage de réserves** nécessaires à la reprise de la végétation au printemps

## Types de racines

Deux types de racines :

**Les racines ligneuses** constituent le squelette pérenne de l'arbre;

- croissance annuelle en longueur et en diamètre
- Ramification continue qui permet l'exploration du sol

**Les racines fines (< 1 mm)** très nombreuses et très fragiles dont la **durée de vie est très brève** sauf pour le petit nombre d'entre elles qui donneront naissance à de nouvelles grosses racines

*Dans un peuplement de pins sylvestres, les racines fines représentent 5 % de la masse des racines et 90 % de la longueur.*

Equivalence avec la partie aérienne

→ Tronc – Branches

→ Feuilles

## Répartition

**Les racines ligneuses** pénètrent profondément mais elles ne portent que peu de racines fines;

**Les racines fines** sont concentrées dans les 20 ou 30 cms les plus proches de la surface

## La subérisation des racines

Subérisation :

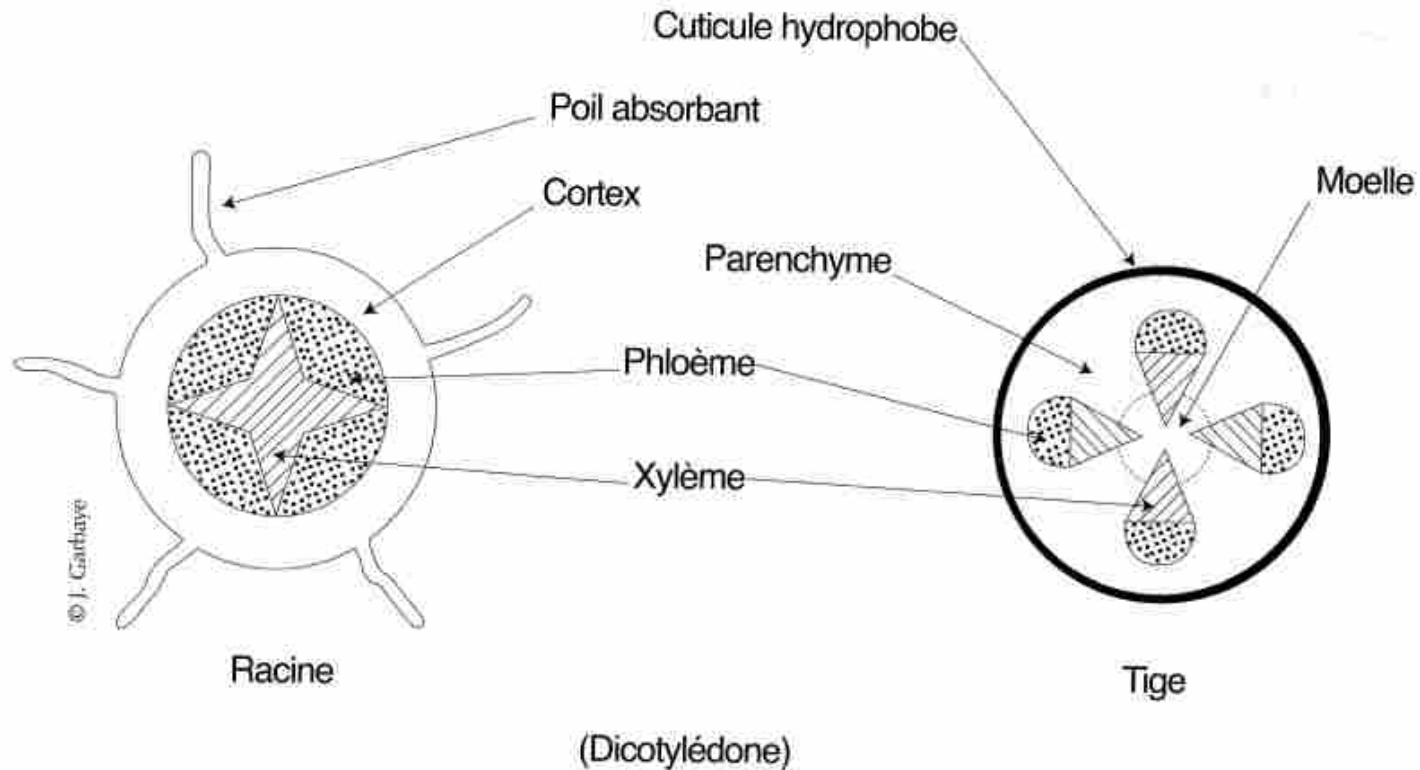
Mort et chute des pois absorbants  
Brunissement du cortex

Processus très rapide :  
une semaine en été  
un mois en hiver

La proportion de surface racinaire non subérisée (les bouts blancs) est inférieure à 1% chez un arbre adulte.

Une racine subérisée conserve ses capacités d'absorption.

## Coupe schématique d'une jeune racine



Représentation ▲  
schématique de la  
structure primaire  
d'une racine et  
d'une tige vues en  
coupe transversale.

## Les mycorhizes

Les **racines fines** absorbantes sont en fait des organes **mixtes** formés par l'association entre un champignon et les tissus du cortex racinaire.

Ce sont ces organes (ces symbioses) qui portent le nom de **mycorhizes** (et non pas les champignons)

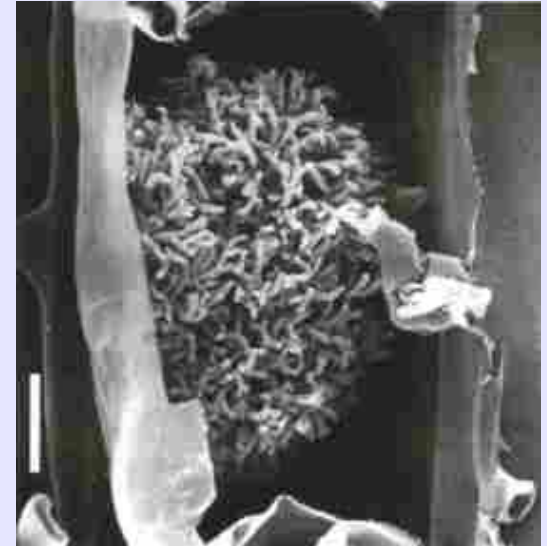
**Cette symbiose est obligatoire dans les conditions naturelles : ni le champignon ni l'arbre ne peuvent vivre indépendamment l'un de l'autre.**

Les champignons extraient l'eau et les minéraux. Ils sont d'ailleurs les seuls à pouvoir rendre les minéraux solubles.

Les arbres fournissent les sucres photosynthétisés.

## Les types de mycorhizes (2)

Les **endomycorhizes** (platanes, érables, frênes, fruitiers) dites à arbuscules parce qu'elles se développent à **l'intérieur** des cellules du cortex formant des "arbres". Elles ne sont donc pas visibles à l'oeil nu.

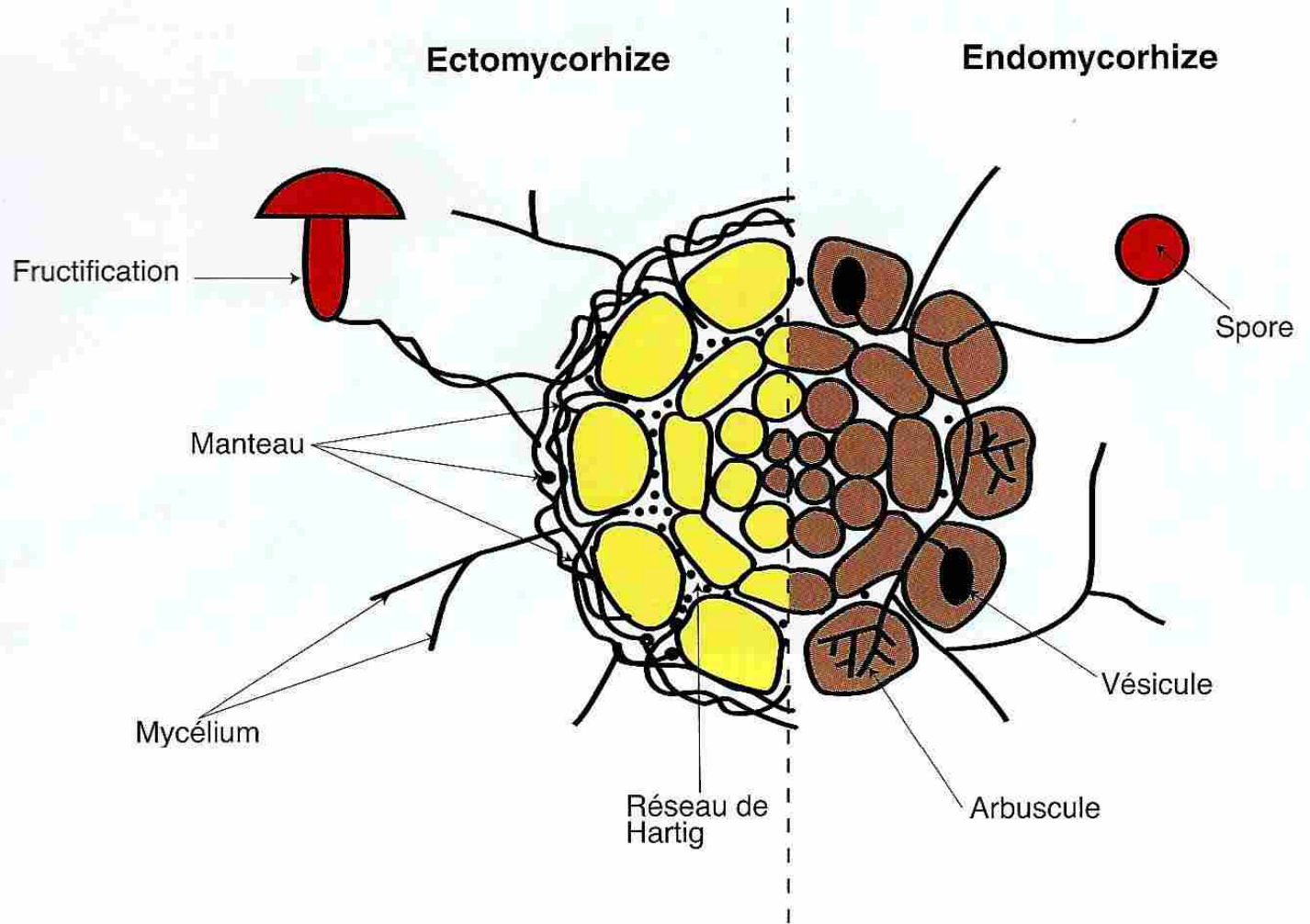


Les **ectomycorhizes** (hêtres, chênes, épicéas) sont visibles puisqu'elles fructifient (truffes, bolets, chanterelles, etc..). Les filaments forment un manteau compact, de couleur et texture variable qui gaine et recouvre complètement l'extrémité de la racine fine. Des filaments s'insinuent dans le cortex sans pénétrer dans les cellules. Ils restent à **l'extérieur** des cellules.





## SCHÉMA COMPARATIF DE LA STRUCTURE DES DEUX GRANDS TYPES DE MYCORHIZES EN COUPE TRANSVERSALE.



## Les types de mycorhizes (3)

À gauche, l'ectomycorhize, sans pénétration du champignon dans les cellules de la racine mais avec un réseau de Hartig (prolifération mycélienne entre et autour des cellules du cortex

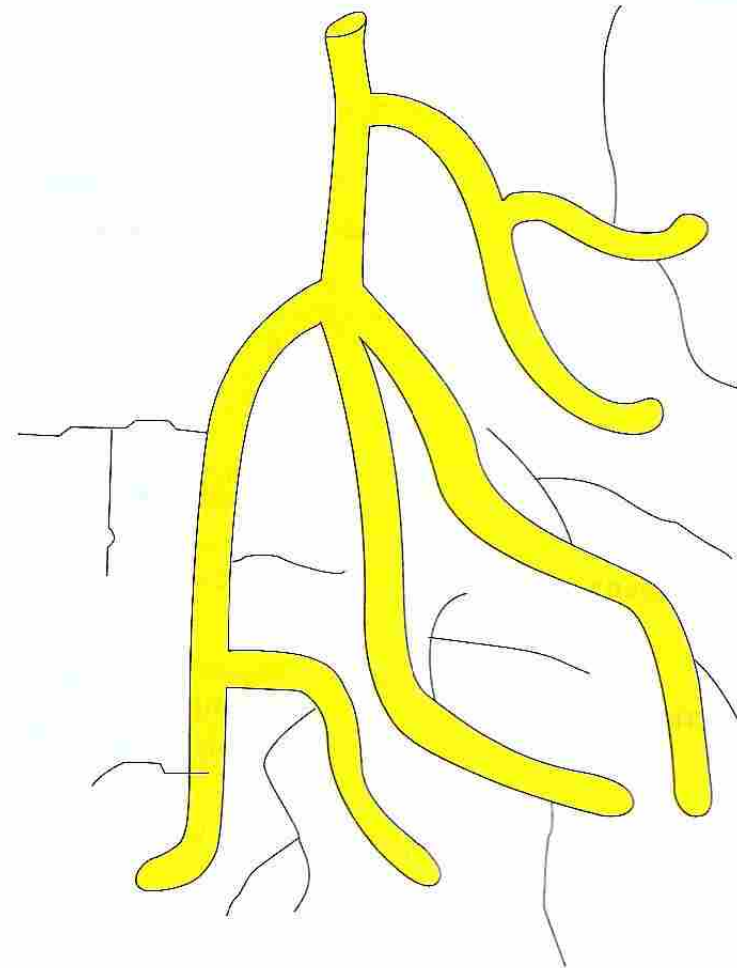
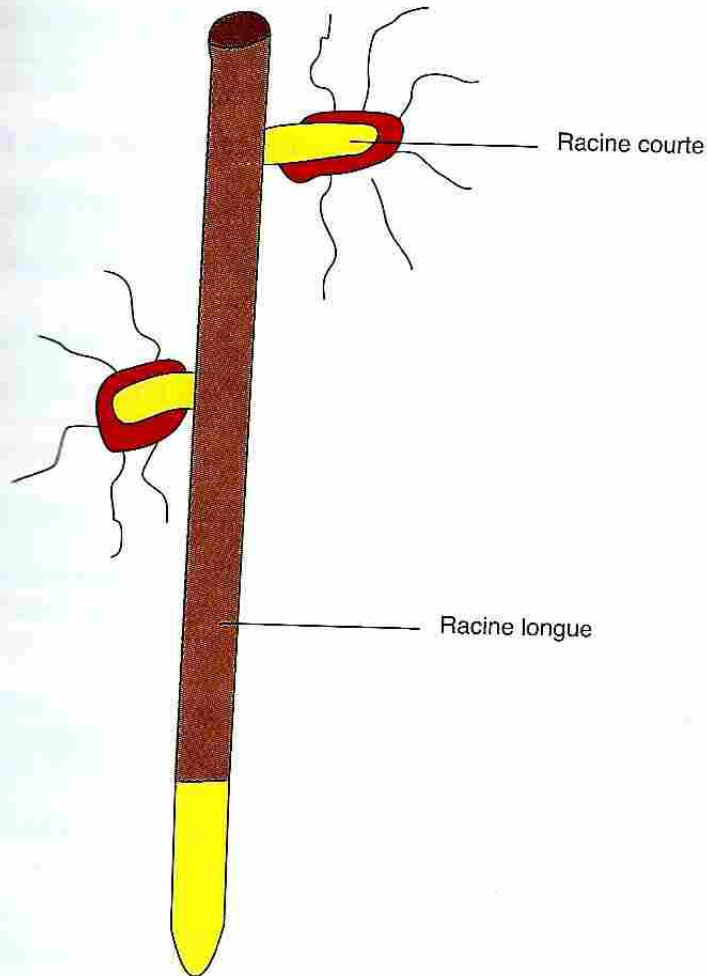


SCHÉMA COMPARATIF DE LA LOCALISATION DES SITES ABSORBANTS  
SELON LE TYPE DE SYMBIOSE MYCORHIZIENNE.

**Ectomycorhizes**

**Endomycorhizes**

Pin,  
Chêne



Erable,  
Frêne

## Les types de racines sur les arbres ectomycorhizés (pin, chêne)

COMPARAISON ENTRE LES DEUX TYPES DE RACINES  
CHEZ LES ARBRES À ECTOMYCORHIZES

Caractère	Racines longues	Racines courtes
<b>Longueur</b>	Plusieurs mètres	Quelques millimètres
<b>Diamètre</b>	Illimité	De l'ordre du millimètre
<b>Structure</b>	Secondaire (croissance en diamètre, production de bois)	Primaire (pas de croissance en diamètre, pas de lignification)
<b>Apex</b>	Long, renflé, pointu (« bout blanc »)	Court et arrondi
<b>Coiffe</b>	Oui	Non
<b>Poils racinaires</b>	Oui	Rares ou absents
<b>Mycorhization</b>	Non	Oui
<b>Durée de vie</b>	Plusieurs années	Quelques saisons
<b>Allongement</b>	Rapide et indéterminé	Lent et déterminé (limité à quelques millimètres)
<b>Direction</b>	Déterminée, verticale ou horizontale	Perpendiculaire à la racine longue
<b>Réaction à la mort de l'apex</b>	Émission de racines relais	Mort et chute de la racine courte
<b>Absorption de l'eau</b>	Faible	Forte

## Savoir gérer la mycorhization

**Nuisent** à la mychorization :

- **L'abus d'engrais** azotés et/ou phosphatés;
- **L'utilisation de certains fongicides**, en particulier ceux qui ont des propriétés systémiques descendantes ou à large spectre;

La **mycorization artificielle fait ses preuves** en sylviculture.

➔ Constat à la ville de Paris : retard dans la chute des feuilles en automne pour les arbres inoculés.

➔ Mais inoculation de quel champignon ?

## Les racines face aux contraintes hydriques

Un **déficit hydrique** peut avoir plusieurs origines :

- **Croissance forte** : besoins importants
- **Sécheresse du sol** : les arbres sont plus ou moins bien adaptés
- **Excès d'eau** : Asphyxie des racines
- Il faut y ajouter : **le gel**



## Les racines face aux contraintes hydriques

Le **trajet de l'eau dans l'arbre** :

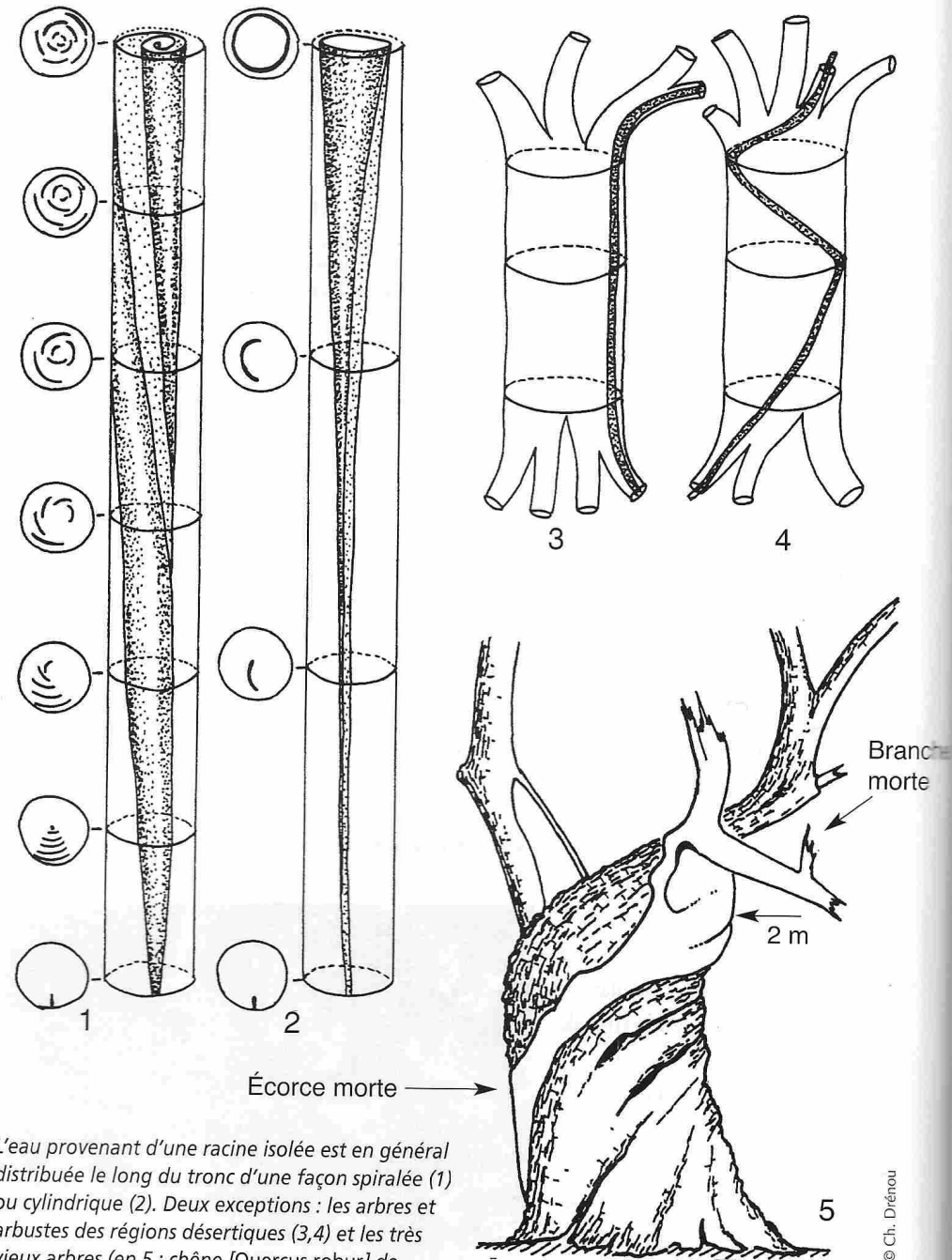
- l'eau provenant d'une racine isolée est distribuée de façon diffuse dans toutes les parties de l'arbre.

**Deux exceptions :**

- les arbres des milieux désertique
- de vieux arbres.

De même, il n'y a pas de lien prouvé entre la suppression d'une branche et la mortalité d'une racine précise

CIRCULATION DE L'EAU ENTRE LES RACINES ET LE HOUPPIER  
(D'APRÈS WAISEL ET AL., 1972)



L'eau provenant d'une racine isolée est en général distribuée le long du tronc d'une façon spiralee (1) ou cylindrique (2). Deux exceptions : les arbres et arbustes des régions désertiques (3,4) et les très vieux arbres (en 5 : chêne [Quercus robur] de 2 000 ans au Danemark, d'après Bourdu et Viard, 1988). Dans ces cas, les mouvements d'eau sont sectoriels.



## Les racines face à la sécheresse exceptionnelle

En cas de sécheresse, **les racines donnent l'alerte :**

Elles synthétisent une hormone (acide abscissique) qui, véhiculée jusqu'aux feuilles **ferment les stomates.**

D'autre part, en début de stress hydrique, la croissance des racines fines reste inchangée, voire stimulée dans les zones encore humides du sol.

En complément, les **réserves d'eau stockées au niveau des racines** peuvent être sollicitées. Chez les résineux, ces réserves peuvent assurer la transpiration pendant **8 jours.**

Rôle capital des mycohryzes dans la protection des racines fines contre la dessiccation.

## La teneur en eau des racines

Il s'agit du rapport entre le poids d'eau contenu dans les racines et le poids sec. Cette teneur diminue lorsque les racines sont exposées à l'air, et cela d'autant plus facilement que les racines sont fines.

***Lorsque la teneur en eau de l'extrémité du pivot racinaire chez de jeunes chênes rouges est inférieure à 60 % par exemple, les plants ne survivent pas à la transplantation.***



## Les racines face aux excès d'eau

### Un sol saturé entraîne :

- **Un déficit en oxygène (hypoxie)** : surtout l'eau stagnante (y compris aulne et saule);
- **Risque de toxicité** : concentrations trop fortes d'un élément;
- **Tassement du sol;**

### Classement des espèces des moins tolérantes aux plus tolérantes :

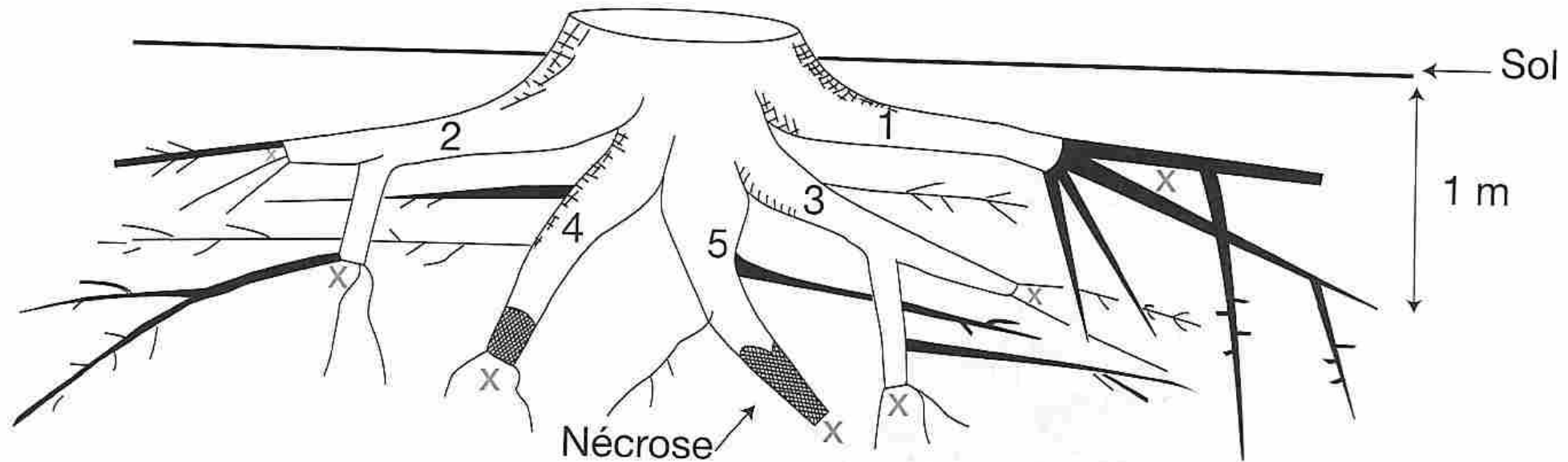
- Fagus sylvatica < Quercus rubra < ..... < Betula < Quercus petrae < Quercus robur
- Abies < Larix < Picea < Pinus nigra < Pinus sylvestris

## Les racines face à l'eau

Classification	Définition	Espèces forestières
Espèces xérophiles	Conditions pédoclimatiques très sèches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)</li> <li>• Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>)</li> </ul>
Espèces xérophiles à mésoxérophiles	Espèces supportant les milieux secs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alisier de Fontainebleau (<i>Sorbus latifolia</i>)</li> <li>• Chêne liège (<i>Quercus suber</i>)</li> <li>• Chêne pubescent (<i>Quercus pubescens</i>)</li> <li>• Érable à feuille d'obier (<i>Acer opalus</i>)</li> <li>• Érable de Montpellier (<i>Acer monspessulanum</i>)</li> <li>• Cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i>)</li> <li>• Pin noir (<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>nigra</i>)</li> <li>• Pin laricio (<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>laricio</i>)</li> </ul>
Espèces mésoxérophiles	Conditions pédoclimatiques sèches	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alisier blanc (<i>Sorbus aria</i>)</li> <li>• Cormier (<i>Sorbus domestica</i>)</li> </ul>
Espèces mésoxérophiles à mésophiles	Supportent les sécheresses estivales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chêne rouge (<i>Quercus rubra</i>)</li> <li>• Chêne sessile (<i>Quercus petraea</i>)</li> <li>• Érable champêtre (<i>Acer campestre</i>)</li> </ul>
Espèces mésophiles	Habitats ni extrêmement secs ni extrêmement humides	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouleau verruqueux (<i>Betula pendula</i>)</li> <li>• Charme (<i>Carpinus betulus</i>)</li> <li>• Épicéa commun (<i>Picea abies</i>)</li> <li>• Épicéa de Sitka (<i>Picea sitchensis</i>)</li> <li>• Érable sycomore (<i>Acer pseudoplatanus</i>)</li> <li>• Hêtre (<i>Fagus sylvatica</i>)</li> <li>• Merisier (<i>Prunus avium</i>)</li> <li>• Tilleul (<i>Tilia</i> sp.)</li> <li>• Douglas vert (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)</li> <li>• Mélèze d'Europe (<i>Larix decidua</i>)</li> <li>• Pin sylvestre (<i>Pinus sylvestris</i>)</li> <li>• Pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>)</li> <li>• Sapin pectiné (<i>Abies alba</i>)</li> </ul>
Espèces mésohygrophiles	Sols constamment alimentés en eau (bords de cours d'eau)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aulnes (<i>Alnus cordata</i>, <i>A. incana</i>, <i>A. glutinosa</i>)</li> <li>• Chêne pédonculé (<i>Quercus robur</i>)</li> <li>• Érable negundo (<i>Acer negundo</i>)</li> <li>• Frênes (<i>Fraxinus</i> sp.)</li> <li>• Orme lisse (<i>Ulmus laevis</i>)</li> <li>• Peupliers (<i>Populus</i> sp.)</li> </ul>
Espèces hygrophiles	Sols saturés en eau (sols alluviaux, tourbières...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouleau pubescent (<i>Betula pubescens</i>)</li> <li>• Pin à crochets (sur tourbière) (<i>Pinus uncinata</i> var. <i>rotundata</i>)</li> <li>• Saules (<i>Salix</i> sp.)</li> </ul>

## Les réactions aux coupes

### 3. INFLUENCE DE LA PROFONDEUR DES RACINES (D'APRÈS RAIMBAULT, 1999)



Plus une racine est profonde (4,5), moins elle réagit aux coupes.  
Les nouvelles racines sont en noir.

## Favoriser l'installation des racines

**La croissance racinaire**, comme de très nombreux processus physiologiques, est **liée à l'état hydrique du végétal** : elle est d'autant plus perturbée que les tissus sont déshydratés.

### **Résineux :**

Suite à la suppression d'une partie de leur système racinaire, les résineux arrachés en pépinière subissent après plantation un stress hydrique. Leurs pertes en eau par évaporation au niveau aérien ne sont en effet pas compensées par les prélèvements racinaires. Les études réalisées en conditions contrôlées montrent que ce stress est d'autant plus long et intense que les plants étaient déjà en déficit hydrique avant leur plantation. Par ailleurs, l'apparition des premières racines intervient d'autant plus rapidement que le stress est modéré.

***Ce n'est qu'après l'apparition des premières nouvelles racines (sur les réserves) et l'amélioration concomitante de l'état hydrique des plants que l'assimilation photosynthétique devient significative.***

## Favoriser l'installation des racines

**La croissance racinaire**, comme de très nombreux processus physiologiques, est **liée à l'état hydrique du végétal** : elle est d'autant plus perturbée que les tissus sont déshydratés.

### **Feuillus :**

- **Réserves beaucoup plus importantes;**  
→ **Redémarrage des racines sans photosynthèse**

## Favoriser l'installation des racines

### Impact de la température :

La croissance racinaire :

- est optimale autour de 20 degrés;
- s'arrête en dessous de 2° et au dessus de 40°
- Rappel : plus les températures sont élevées plus l'évaporation est grande
- Ne pas soumettre des plants à racines nues à des températures élevées.

Le gel peut détruire les racines mais il y a des différences :

- Selon les espèces;
- Selon l'origine géographique des plants;
- Selon la période de l'année;
- Selon la vitesse de chute de la température.

## **Favoriser l'installation des racines**

**Arracher au bon moment :**

**Arrachés au bon moment et stockés dans de bonnes conditions jusqu'au printemps, les plants présentent au moment de la plantation une capacité de croissance racinaire plus élevée que celle de plants fraîchement arrachés.**



## Favoriser l'installation des racines

PÉRIODES D'ARRACHAGE LES PLUS FAVORABLES POUR UNE ANNÉE CLIMATIQUE NORMALE\* (D'APRÈS MC KAY ET AL., 1994)

	Fenêtre d'arrachage	Optimum
Mélèzes	décembre / mi janvier	mi-décembre
Pin sylvestre	décembre / début mars	janvier
Pin laricio	décembre / février	janvier
Douglas vert	mi décembre / début février	janvier
Épicéa commun	décembre / début mars	janvier
Sapins	décembre / début mars	janvier
Feuillus	décembre / février	janvier

\* Dans le cas d'automne doux, les arrachages débutent plus tard.