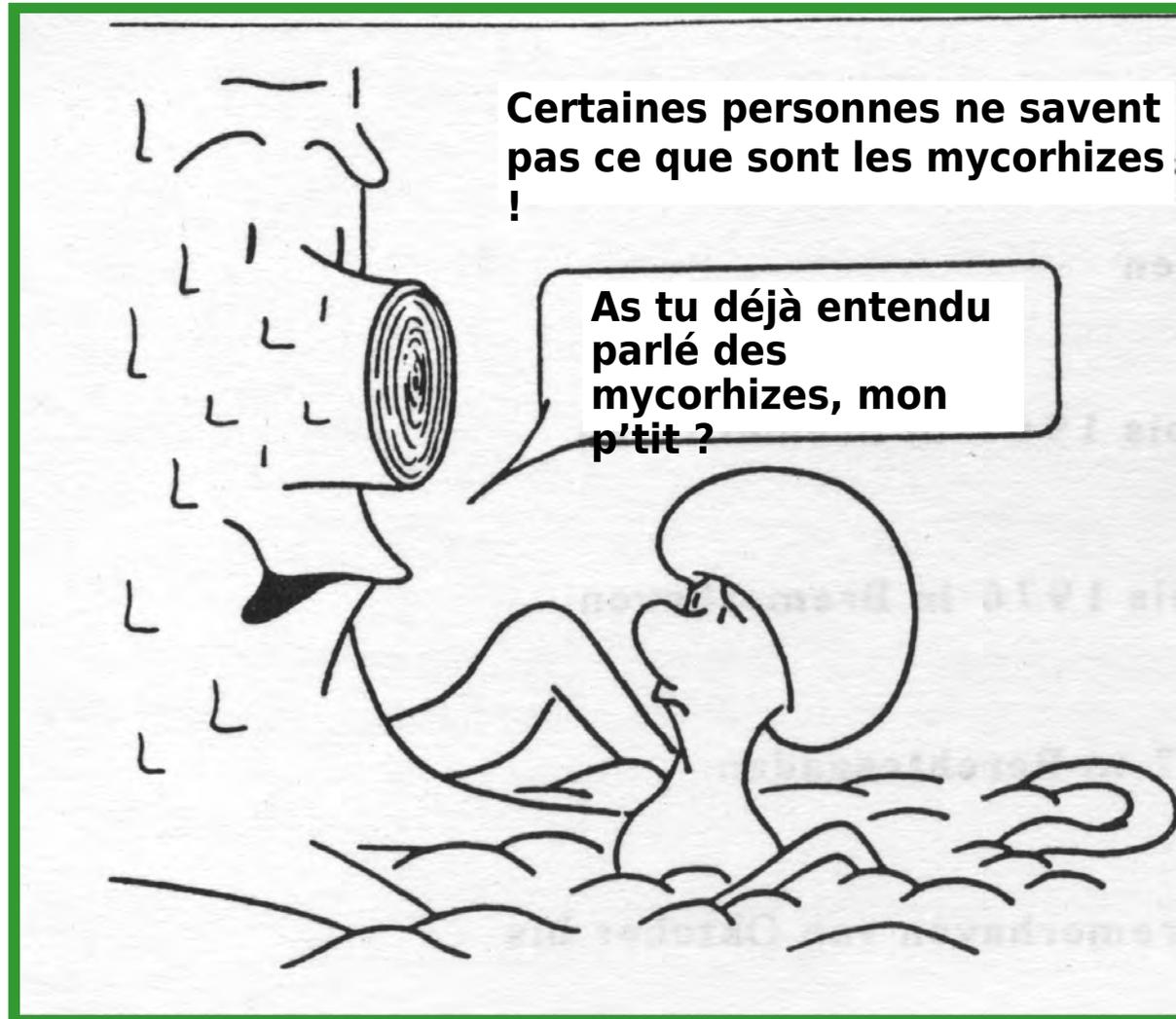


Importance des mycorhizes lors de la plantation de grands arbres



Dr. Jürgen Kutscheidt



Les Mycorhizes ?

- **Les Mycorhizes sont la coopération entre les champignons et les fines racines des grandes plantes**
- **Le nom provient de la juxtaposition de:
mykes = champignon
rhiza = racines**
- **Ecto- ou endomycorhizes sont les plus importants types de mycorhizes**



Les ectomycorhizes?

Les ecto-mycorhizes sont les plus fréquentes types de mycorhizes que nous trouvons dans nos forêts.

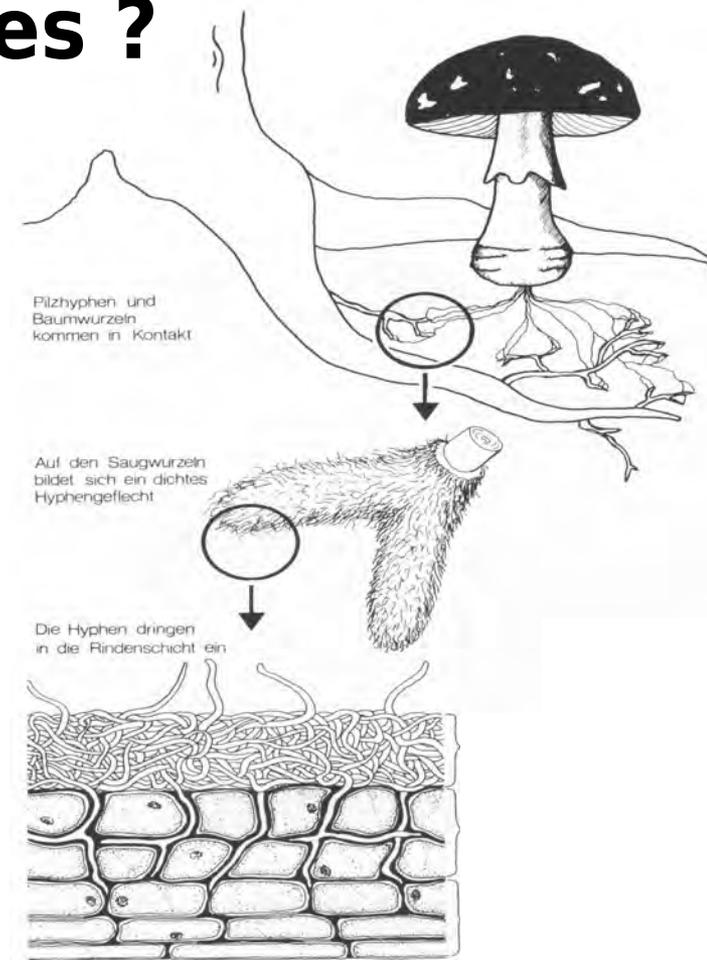
Les principaux partenaires sont les Basidiomycetes ou les Ascomycetes

Les Ecto-mycorhizes peuvent être vues à l'oeil



Comment apparaissent les ecto-mycorhizes ?

MYCORHIZES



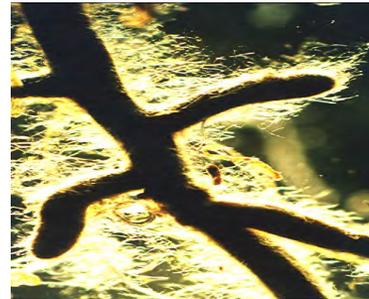
Les hyphes fongiques et les racines fines entrent en contact

Une forme des hyphes du manteau autour de la racine fine

Les hyphes fongiques pénètrent le cortex de la racine et se propagent entre les cellules de la racine

Avantages des ectomycorhizes pour l'arbre?

- amélioration de l'absorption d'eau
- amélioration de l'absorption des nutriments
- stockage des éléments nutritifs
- protection contre des éléments toxiques
- protection contre les agents pathogènes transmis par le sol



Exemple d'ecto- mycorhizes

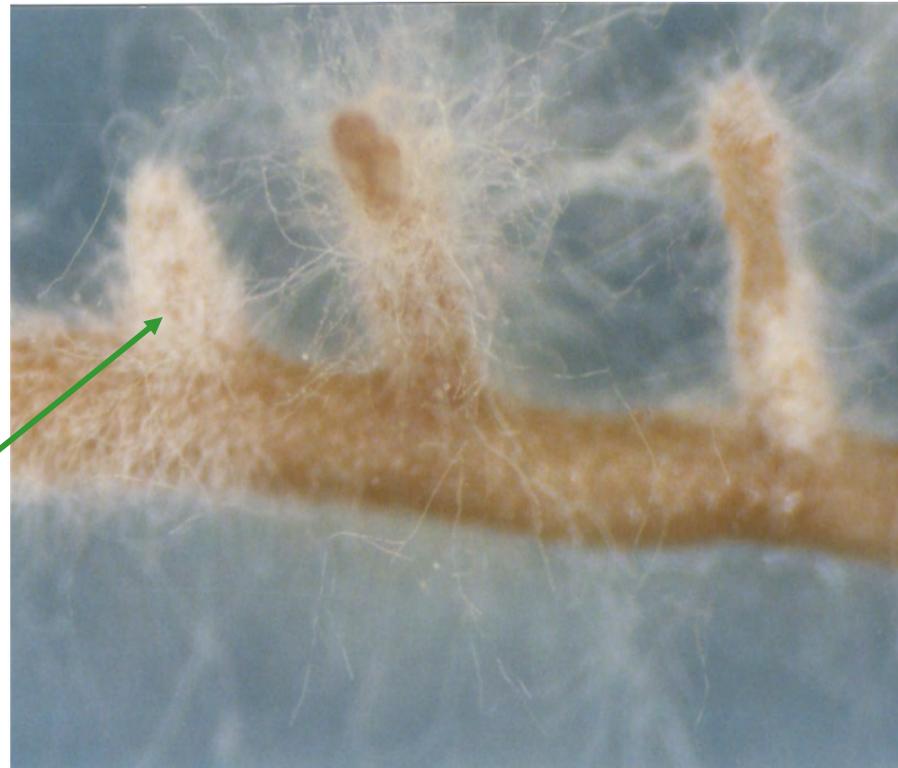
- Terminaisons racinaires épaissies
- Texture cotonneuse des hyphes
- Changement de couleur



Exemple: très jeune ecto-mycorrhize

MYCORHIZES

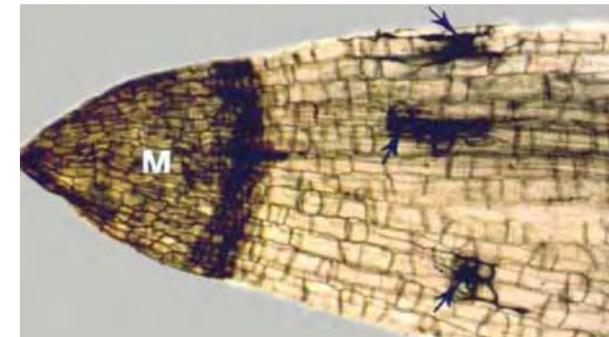
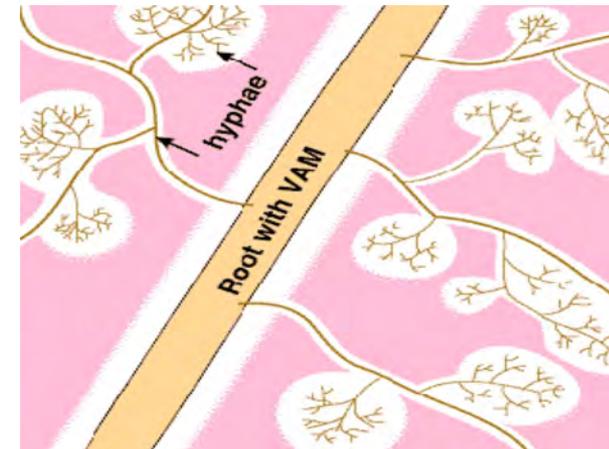
- Texture cotonneuse des hyphes
- Hyphes largement rayonnants



Très jeune mycorrhizes du champignon.

Qu'es-ce qu'une endomycorrhize?

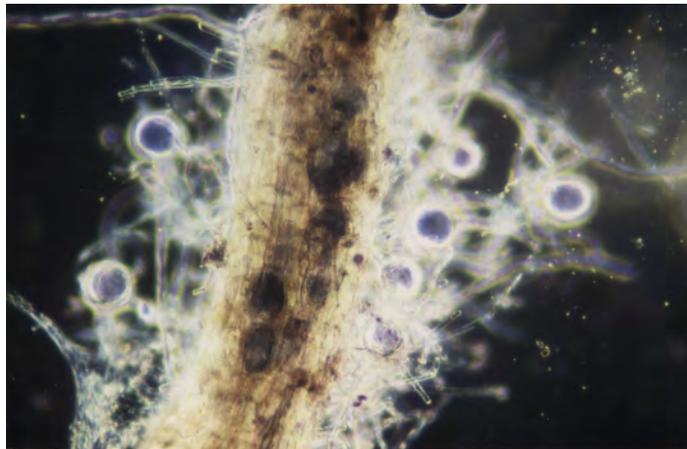
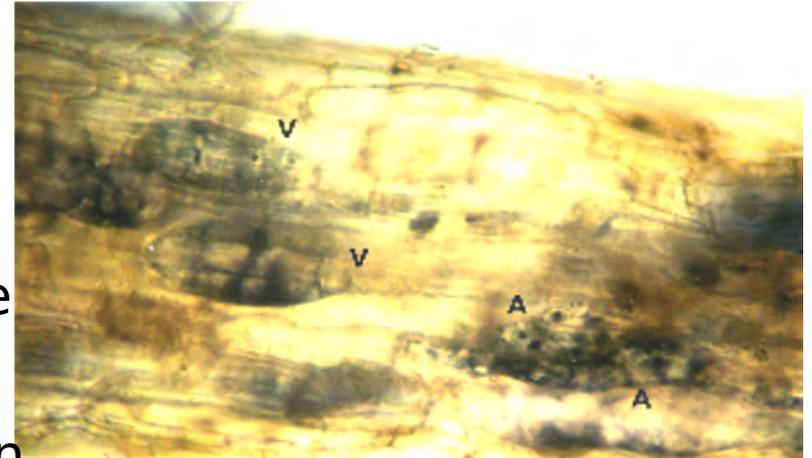
- Le type le plus fréquent de mycorhizes des plantes terrestres (environ 80%)
- Formé par le genre fongique Glomales (Zygomycetales)
- Pénètre dans les cellules des racines.
- Ne peut pas être vu par l'oeil nu, seulement par examen microscopique.



Avantages des endomycorhizes pour les arbres?

• Absorption améliorée de l'eau et les nutriments.

- Résistance améliorée à la sécheresse et d'humidité.
- Augmentation de la résistance aux maladies des plantes.
- Augmentation de la production de la biomasse.



V = Vesicules

A = Arbuscules

Conclusion:

La mycorhize est une symbiose naturelle.

Elle augmente la vitalité et l'efficacité.

On retrouve des mycorhizes en qualité et en quantité suffisante dans les habitats naturels non perturbés.

Mais où se trouvent les mycorhizes?

- dans les rues et les routes
- dans les villes
- dans les sols des anciens parcs et jardins
- dans des habitats pollués
- dans des "mauvais" habitats
- près d'arbres stressés

Inconvénients des plantations en ville comparés aux plantations en forêt

- Inconvénients climatiques causés par la chaleur, la pluie et le rayonnement.
- Inconvénient pédologique dû au scellement, à la condensation, au pH. Le développement racinaire limité par l'absence d'humus
- Incorporation de substances nocives, dûes à la pollution.
- Les arbres issus de pépinières n'ont pour la plupart qu'un seul type de mycorhize.
- Habitats endémiques empêchent un échange d'espèces de champignons.

Dans les forêts, plus de 20 espèces de mycorhizes peuvent être trouvées au pied d'un seul arbre.

Les arbres en milieu urbain ne disposent pour la plupart que de deux ou trois espèces.

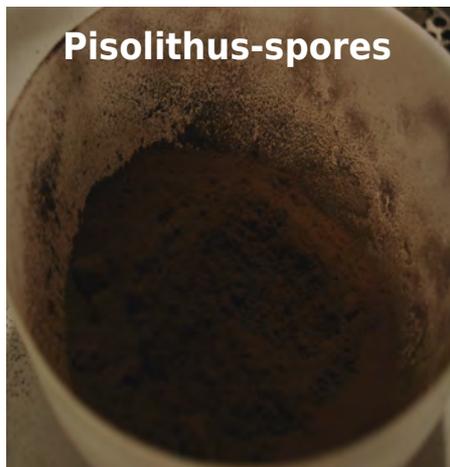
le but:

**L'utilisation des mycorhizes pour
une
amélioration à long terme de
l'état biologique des sols**

Différents types d'inoculation:

Ectomycorhize:

- inoculum sous forme de spores: souvent issus d' espèces de champignons non-autochtones
- inoculum stérile: adapté pour des améliorations sélectives du sol
- inoculum non-stérile: idéal pour une inoculation en compétition avec d'autres organismes dans le sol



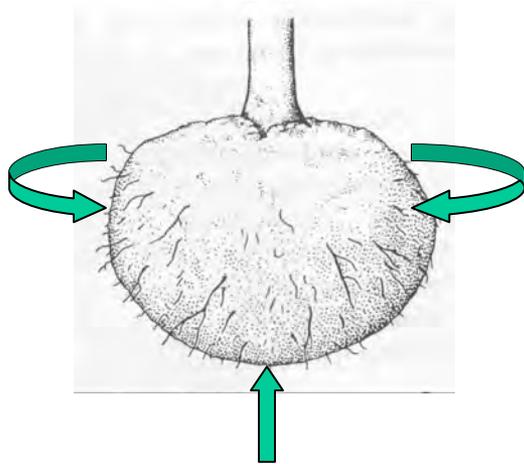
mélanges d'inoculum de mycorhizes

- L'utilisation de «généralistes» peut entraîner une réduction de l'efficacité pour l'arbre.
- Les composants de l'inoculum ecto- ou endomycorhize sont redondants.
- Eventuelles interactions inhibitrices

mycorrhizes spécifiques

- L'inoculum est un partenaire symbiotique efficace testé et adapté aux espèces d'arbres et aux habitats naturels

Application de l'inoculum pour une plantation:



- 2/3 application sur les côtés et en surface

- 1/3 à placer dans le trou de plantation



Une gamme de machines adaptée à tous types d'arbres:

MYCORHIZES



DGG
international

Großbaumverpflanzung
Baumpflege



Mycorization après plantation:

- les zones d'inoculation sont définis à proximité des racines fines
- La profondeur de vaccination est de 5 à 30 cm
- Chaque insert réalisé à la bêche doit être rempli avec 100 ml d'inoculum
- L'insert est rebouché en douceur au pied pour recouvrir l'inoculum.



exemple: chêne de force 18-20 = 300 ml

Mycorhization pour une revitalisation des arbres:

- Le site de vaccination doit être réparti sur toute la surface du système racinaire.
- Chaque insert sera rempli par 125 ml d'inoculum
- Rester attentif pour ne pas endommager le système racinaire
- Laisser une distance minimal entre le tronc et les premiers inserts de 1m (0,5m, si la zone de terre est limitée)

Exemple: Hêtre diamètre 80 cm = 3.000 ml



Exemple 1: Niederholzklau

- Vieux chêne de 650 ans caractérisé par «des lésions progressives»
- L'inoculation de mycorhizes par les "plantes de dépôt" avec involutus Paxillus
- Amélioration de la vitalité dès la première année
- Augmentation des espèces mycorhiziennes et le degré de mycorhization (environ 40%)
- Après 10 ans "l'évolution très positive continue" (Prof. Lelley, FD aD Becker, en 2004)

„Chêne ours“ de



Les arbres témoins: Administration forestière d'Etat de Rhénanie du Nord-Westphalie

„ Chêne ours“ de Niederholzklau: évolution de la vitalité

MYCORHIZES



Exemple 2: (2003)

- Transplantation de gros ifs de 150 ans
- Vaccination avec des Endomycorhizes rhizal inoculum sur le système racinaire
- Mis à part un soucis d'arrosage, tous les ifs ont très bien repris
- Aujourd'hui, la mycorhization a été intégré dans l'offre de la DGG pour toutes les transplantations

Transplantation d'ifs à Essen



Exemple 3: Wiesbaden

- 4 Chênes de 500 ans
- 1994: L'inoculation avec *involutus Paxillus* (plantes de dépôt et l'inoculum) et décompaction du sol
- 2000: L'inoculation avec *Laccaria laccata*
- Augmentation significative de la vitalité par rapport à son voisin, chênes non traités (Prof. Fröhlich)
- Nette augmentation de la biomasse
- Augmentation des champignons mycorhiziens et du degré de mycorhization (environ 77 à 96%)

„Altan-chênes“ à



Exemple 4: **Mycorhization d'oliviers**

- après une année, +120% de production de biomasse création
- les arbres inoculés mesurent après 3 ans de 3,0 à 4,2 m de haut (K. max. 2,5 m)
- seuls les arbres inoculés ont produit leurs premiers fruits la troisième année



après 1 an



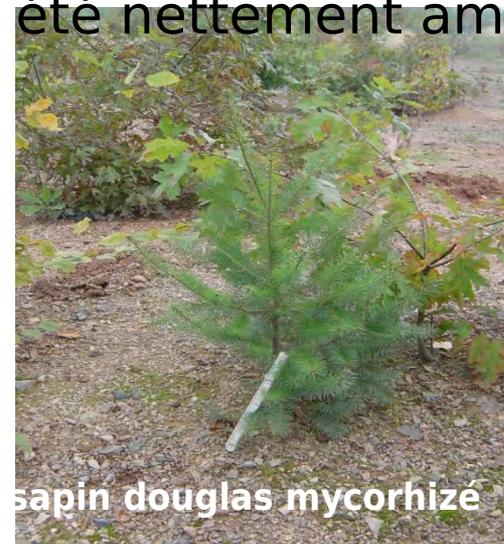
après 3 ans

Exemple 5:

Érables, sapins Douglas et chênes mycorhizés ont survécu dans les sols toxiques d'une ancienne mine d'uranium et des décharges houillères

Meike Kirscht, Université de Göttingen

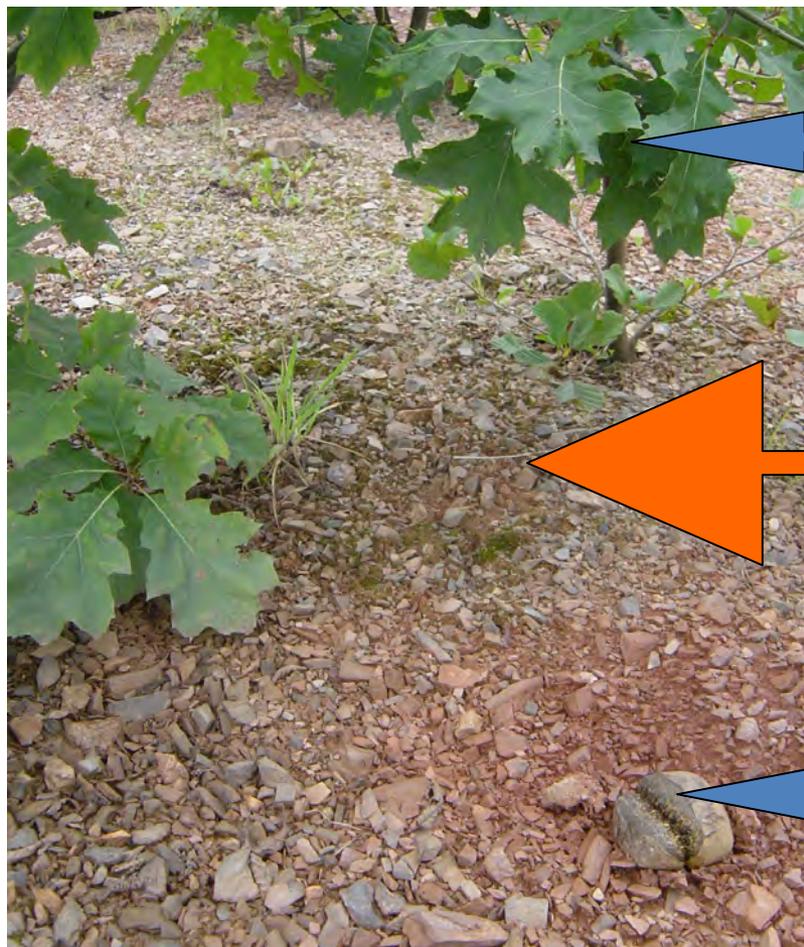
- Les arbres ont été inoculés avec la mycorhize adaptée à leur espèce
- Le taux de survie a augmenté (seuls les chênes mycorhizés ont survécu)
- La croissance et la vitalité ont été nettement améliorées



Les mycorhizes formées après 2 années de fructifications

Meike Kirscht, Forêt-Université de Göttingen

MYCORHIZES

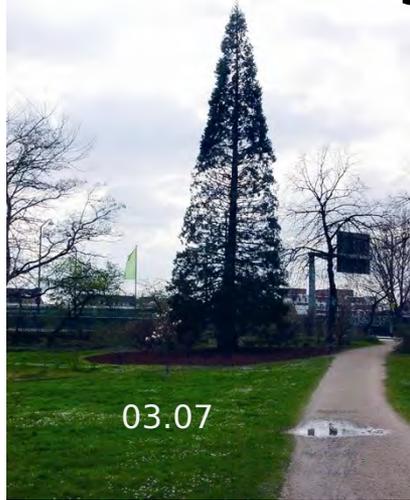


Chêne mycorhizé

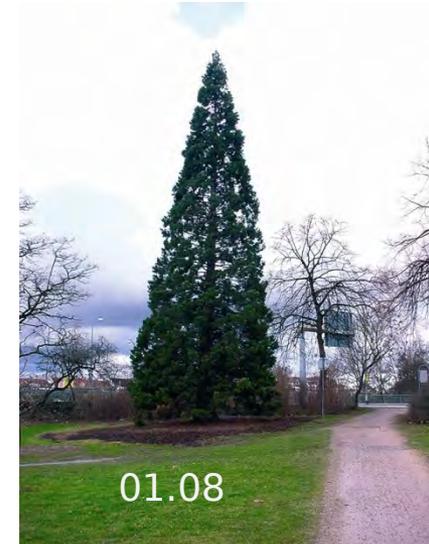
- pas d'Humus
- pH très faible
- toxicité en Souffre, Cuivre, Cadmium
- extrême compactage du sol
- faible rétention d'eau

Sclerodermie fructification

Exemple 6: Sequoiadendron à Heidelberg



- un arbre de 40 ans
- depuis 2003 perte significative de la vitalité
- 2007: Aspect terne couleur grise des aiguilles



Traitement avec:

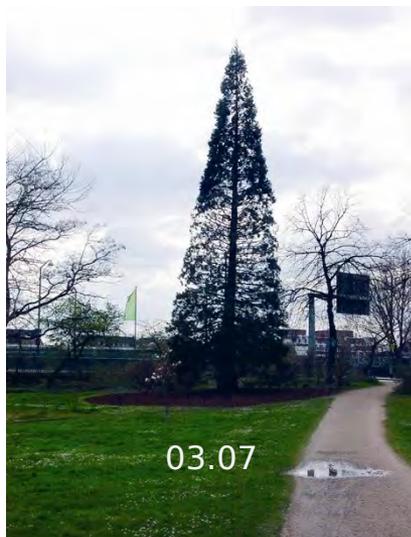
- Endomycorhizes à base d'aiguilles de séquoia
- Hydrorétenteur
- Acides humiques
- 3 x Arrosages



Poursuite du développement

(September 2010)

MYCORHIZES



- Poursuite de la régénération de l'arbre
- Croissance vigoureuse des aiguilles
- Vitalité retrouvée des aiguilles



Important !

**Pour de bons résultats, la
mycorhization doit répondre à
certaines demandes**

Caractéristiques d'une mycorhization adaptée

Importance du choix du „bon“ inoculum

1. **Le choix de l'inoculum doit être compatible avec la capacité de l'arbre pour développer des endo- ou ecto-mycorhizes!**
2. **Les espèces de champignons doivent être en mesure de former une véritable symbiose avec son partenaire végétal. Plusieurs espèces de champignons ont un spectre restreint de partenaires-arbres (conifères exclusivement).**
3. **Aucune modification artificielle du patrimoine naturel de la «flore fongique» par les champignons non-autochtones (les exceptions sont des habitats particuliers ou des espèces d'arbres non indigènes)**
4. **L'inoculum ne doit pas être cultivé à partir de substrats stériles, parce l'inoculum stérile ne peut pas se développer dans les sols non-stériles**

Exemples d'espèces d'arbre et du type de mycorhizes adapté: ecto- ou endo- mycorhizes

Partenaires

ectomycorhiziens:

- Hêtre
- Chêne
- Bouleau
- Pin
- Epicea
- Sapin

Partenaires

endomycorhiziens:

- Erable
- Arbres fruitiers
- Marronnier d'Inde
- Robinier
- If
- Thuya

Spécialités:

Certaines espèces d'arbres comme les tilleuls et les saules peuvent avoir deux types de mycorhizes.

Les endomycorhizes apprécient les zones humides alors que les ectomycorhizes préfèrent les endroits secs.

Les endomycorhizes sont très efficaces sur des jeunes arbres, alors que les ectomycorhizes ont de meilleurs résultats sur des arbres adultes.

Vérification de la pertinence de la symbiose

MYCORHIZES

inoculum bien adapté



inoculum inapproprié



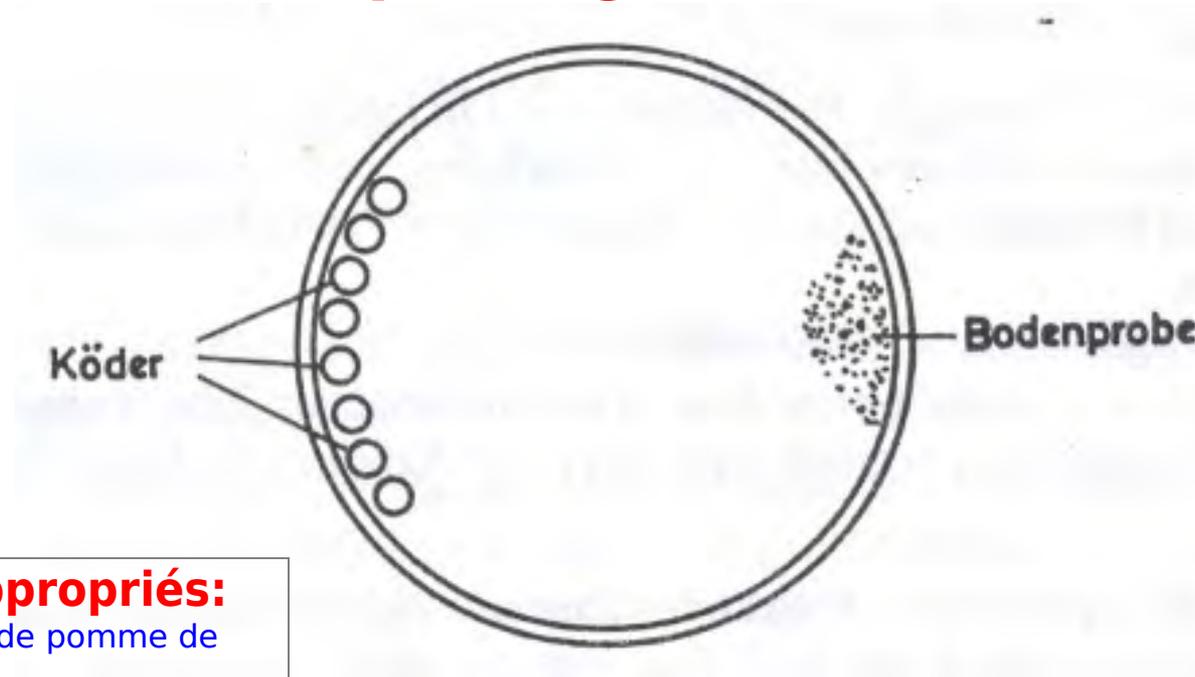
Exigences de qualité en inoculum ectomycorhizien

- 1. L'absence de production de spore de champignons pathogènes doit être démontrée**
- 2. L'inoculum doit pouvoir être conservé pendant une période minimum de 30 jours**
- 3. Selon le test MPN (le nombre le plus important), l'inoculum doit permettre une dilution de 1:25**

(Feldmann et Idczak, 1992)

FLL „Baumpflanzung Part 2“

Examen de l'inoculum lors de la contamination par des agents pathogènes.



Appâts appropriés:
des morceaux de pomme de terre
racines fraîches

Test «Le nombre le plus probable» (MPN-Test)



Avec cette procédure, l'inoculum est testé pour identifier son **contenu en organes fongiques infectieux** (spores, vésicules, hyphes).

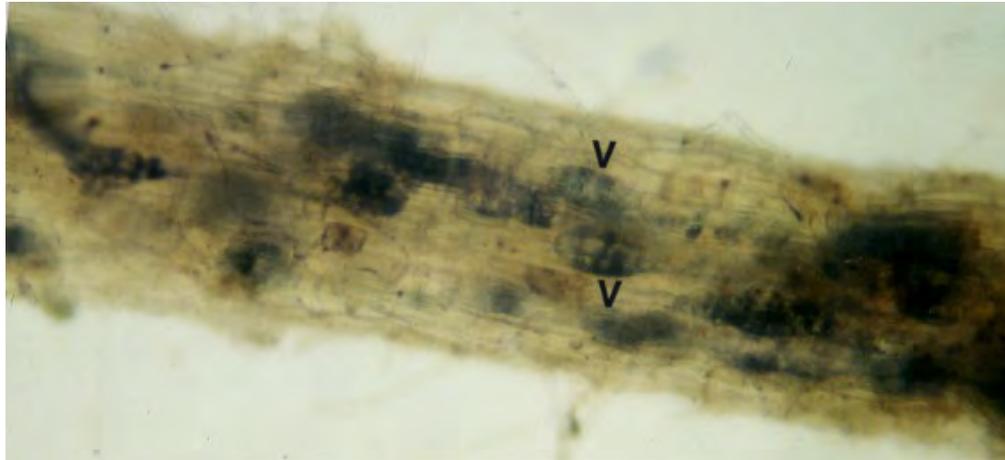
C'est pourquoi, les graines des plantes d'essai ou des plants pré-germées **asymbiotique** sont plantés dans un substrat aseptisé contenant différentes quantités d'inoculum à tester.

Après 3 à 4 semaines, l'infectiosité du concentré peut être calculé par le nombre de **plants mycorhizés**.

Exigences de qualité en inoculum endomycorhizien

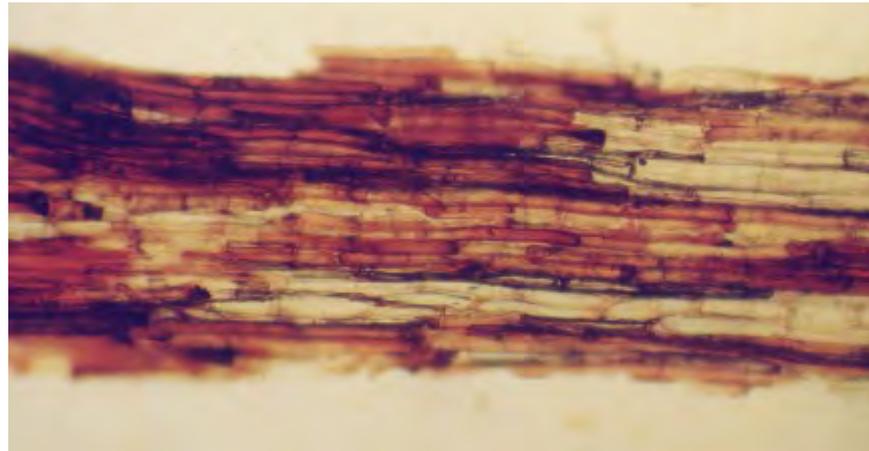
1. **L'absence de producteurs de spores de champignons pathogènes doit être démontrée**
2. **L'inoculum doit pouvoir être conservé pendant une période minimum de 30 jours**
 - **Selon le NPP-Test (nombre le plus probable), l'inoculum doit contenir au moins 200.000 unités spores par litre.**
 - **Selon le test de Trouvelot et le test d'activité succinate déshydrogénase, l'inoculum doit contenir au moins 50% des arbuscules vitaux.**
 - **Au moins 50% d'arbuscules vitaux doivent présenter une activité phosphatase alcaline.**

Examen d'arbuscules vitaux



L'évaluation de la fréquence mycorhizée par des **procédures classiques de coloration (bleu trypan)** n'est pas suffisante pour déterminer la qualité et l'efficacité d'une certaine souche de champignons. Les caractéristiques décisives sont la quantité, et en particulier **la vitalité d'une mycorhize**. La **réaction succincte de déshydrogénase** détermine les parties vitales des mycorhizes.

L'examen des arbuscules essentielles concernant l'activité des enzymes clés



MYCORHIZES

Les preuves d'une amélioration de l'assimilation du phosphore par les plantes se fait par analyse histochimique de l'**activité enzymatique des phosphatases alcalines fongiques**. Il est d'une grande importance d'intégrer ce critère dans le contrôle de la qualité de l'inoculum de mycorhizes. Les informations résultant des **avantages nutritionnels du partenaire fongique** ont une importance pratique.

Test d'inoculum en horticulture

MYCORHIZES



Inoculum très prometteur

MYCORHIZES



control

endomycorrhiza



Rhododendron-Mycorrhiza control

Test des «substrats pour les arbres en ville» pour examiner le développement des mycorhizes

Premiers résultats:

- Les plants montrent une bonne croissance
- Les mycorhizes se propagent le long des racines fines
- Le champignon se propage dans le substrat



inoculum actuellement disponible

Arbres à feuilles caduques:

Endomycorhizes
feuillage

Ectomycorhizes
feuillage

- Chêne

- Hêtre

- Bouleau

Conifères:

Endomycorhizes
Aiguilles

Ectomycorhizes
Aiguilles

- Plantes grimpantes et ligneuses

- Palmier

- Toiture végétale

- Rhododendron

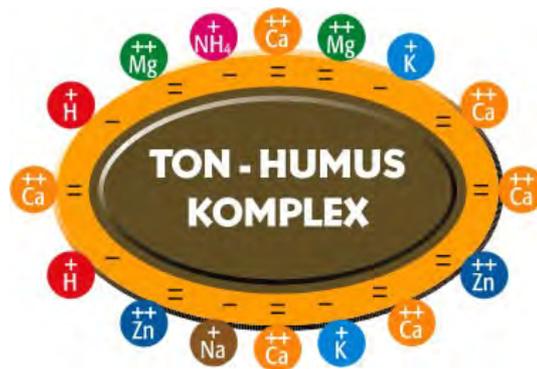
- „Calluna/Erica“ special

- „Olea“ special

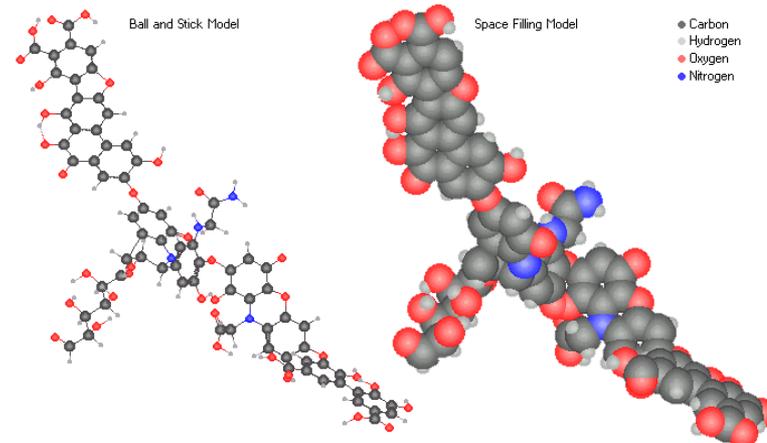
Emplacements difficiles:

Combinaison mycorhizes / améliorateurs de
sol

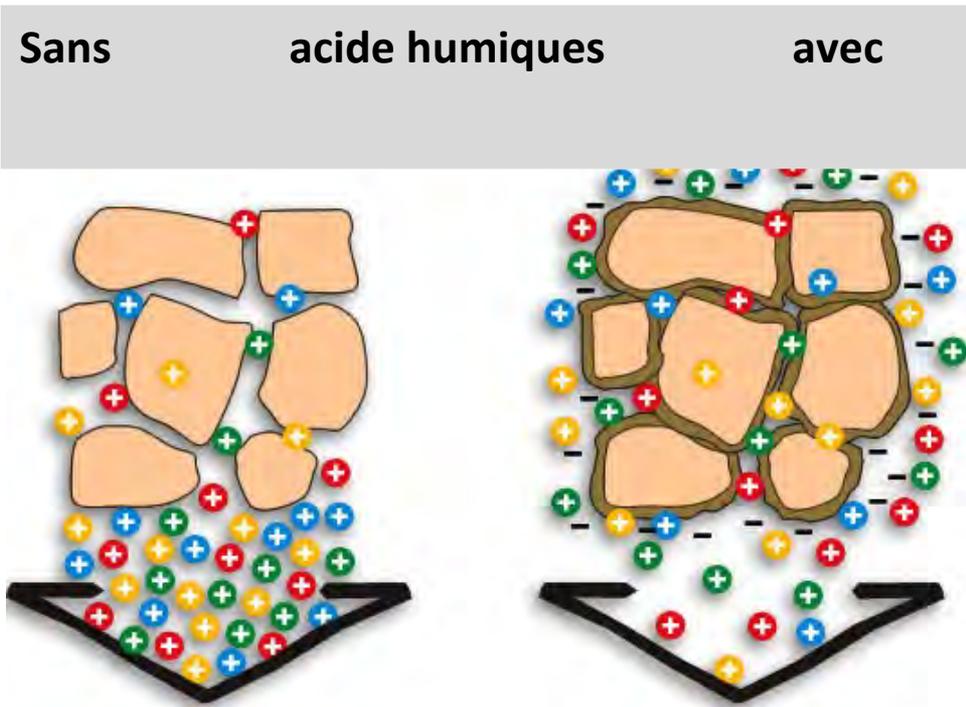
- Améliore la structure des sols
- Neutralise la valeur pH à 7
- Améliore la capacité d'échange cationique des sols
- Optimise l'utilisation de l'eau des sols par les plantes
- Aide à neutraliser des toxicités



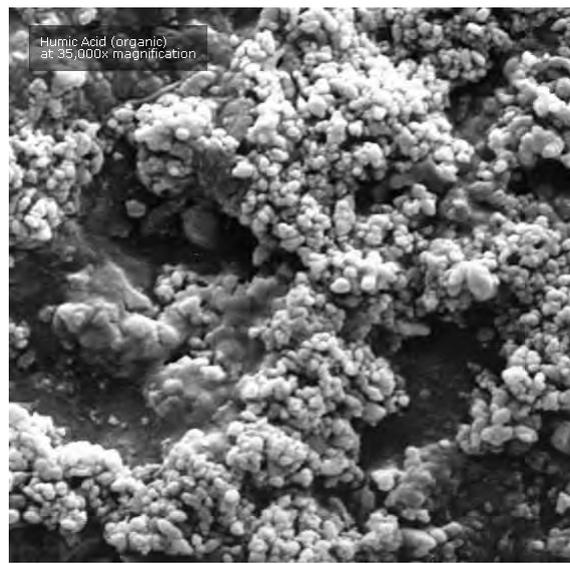
Humic Acid Fragment



Acide Humiques



Lessivage dans l'eau souterraine



Observation au microscope électronique d'acide humiques du sol

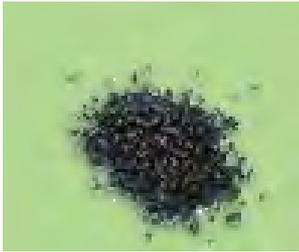
Perlhumus pour les sols et les substrats



- Perlhumus se compose de 60 – 75% d'acide humiques (*Leonardite*)
 - *Se compose de 1/3 d'humus nutritif immédiatement disponible et 2/3 d'humus permanent*
 - Favorise la respiration et le développement des racines
 - Améliore l'admission d'éléments nutritifs par le système des racines
 - Réduit la perte de nutriments
 - Améliore l'aération des sols
 - Augmente l'activité microbologique des sols
- 5-20 kg Perlhumus par m³ substrat

Powhumus, humate de potassium granulé

Acide Humiques



- Substance concentrée avec une teneur de 85% d'acides humiques bio-actifs
- 100% soluble dans l'eau
- application au sol ou foliaire



- Réduit les restes des herbicides et des substances toxiques dans les sols
- Retarde la décomposition des substances actives instables vers des rayons ultraviolets
- Favorise le développement des racines
- Augmente l'efficacité des engrais et réduit le lavage des éléments nutritifs

Superabsorber, le réservoir d'eau

- Copolymère réticulé d'acide acrylique et d'acrylamide, sel de potassium
- Retiens l'eau et les éléments nutritifs dissous
- Empêche le lessivage des engrais
- Naturellement dégradable



Exemple: Wassergewinn in der Rezone bei der Großbaumverpflanzung:

- Beim 3-Meter-Ballen hat die Rezone 6 m³ Volumen
- Je m³ werden 2 kg „Pampers“ eingemischt
- Je kg „Pampers“ werden 100 – 150 l Bodenwasser zusätzlich gespeichert
- Gewinn: 1.200 – 1.800 l zusätzliches Wasser

STOCKSORB verlängert die Überlebenszeit der Pflanzen unter Trockenstressbedingungen



MYCORHIZES

