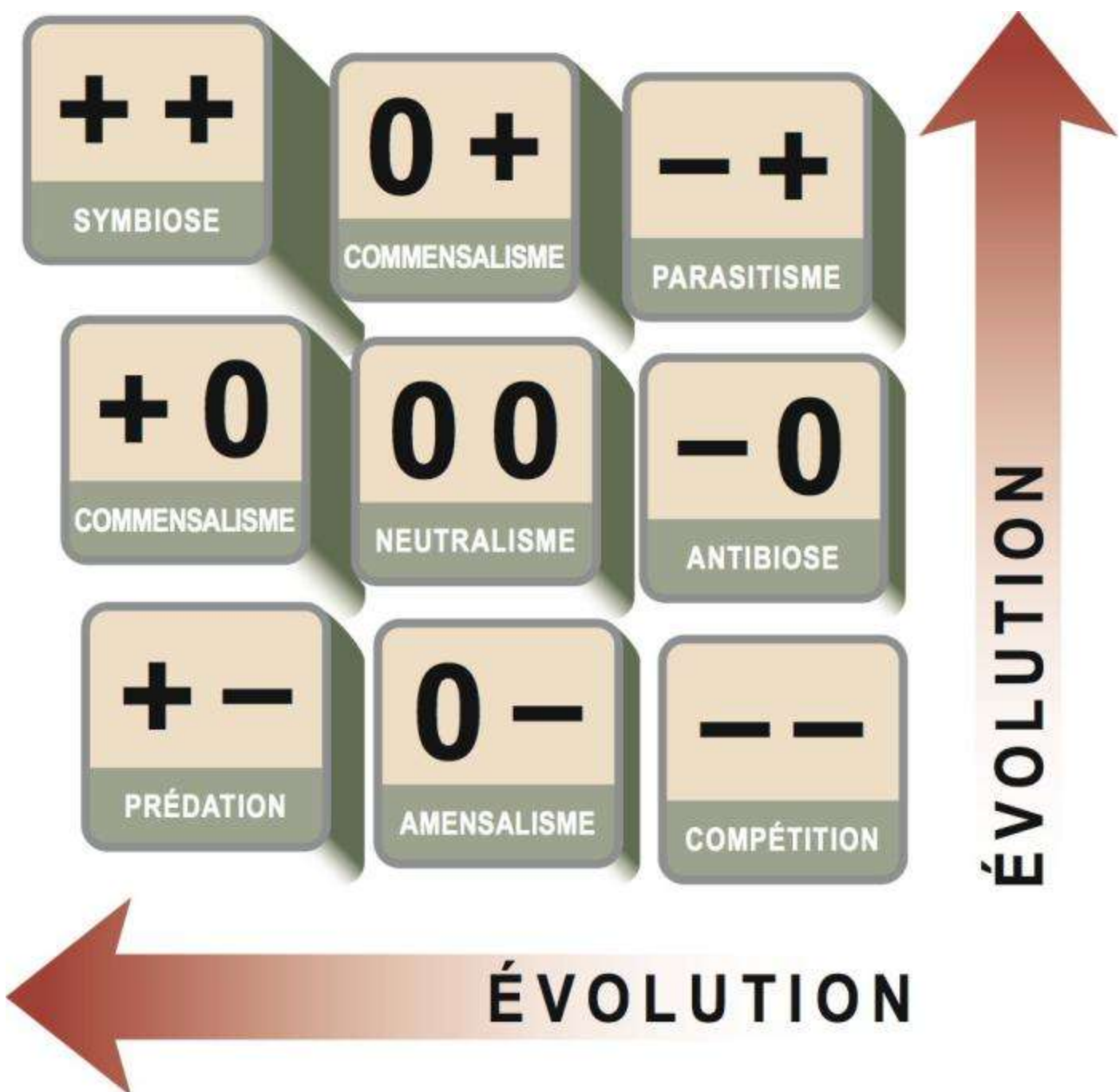


# Les mycorhizes: la nouvelle révolution verte 2ième partie

J. André Fortin  
Dîners botaniques  
Université Laval



**++**  
SYMBIOSE

**0+**  
COMMENSALISME

**--+**  
PARASITISME

**+0**  
COMMENSALISME

**00**  
NEUTRALISME

**-0**  
ANTIBIOSE

**+ -**  
PRÉDATION

**0 -**  
AMENSALISME

**--**  
COMPÉTITION

ÉVOLUTION

ÉVOLUTION

# 3- Types de symbiose végétale

TABLEAU 2.1

## LES DIFFÉRENTES SYMBIOSES VÉGÉTALES

SYMBIOSE	NATURE DES SYMBIOTES MICROBIENS	PLANTES IMPLIQUÉES	STRUCTURES MICROBIENNES	POURCENTAGE DES ESPÈCES DE PLANTES	STRUCTURE DE L'HÔTE	FONCTIONS ACQUISES OU AMÉLIORÉES
<b>Lichen</b>	Champignons ascomycètes et basidiomycètes	Algues vertes ou bleues	Mycélium entourant l'algue	na	Algues entourées du champignon	Nutrition minérale, approvisionnement en eau, résistance à la sécheresse
<b>Bactériorhize</b>	Bactérie des genres rhizobium et bradyrhizobium	Légumineuses, par ex. haricot, luzerne, acacia	Bactéroïdes dans les cellules corticales des racines	5 %	Nodules racinaires souvent fugaces, production de leghémoglobine	Fixation de l'azote atmosphérique
<b>Actinorhize</b>	Actinomycètes du genre frankia	Divers genres, par ex. aulnes, myriques, dryades, casuarina	Mycélium, vésicules septées dans les cellules corticales des racines	1 %	Nodules pérennes sans leghémoglobine	Fixation de l'azote atmosphérique
<b>Phycorhize</b>	Algues cyanophycées	Cycadales, par ex. cycas	Algues intracellulaires dans les cellules corticales des racines	<1 %	Dichotomie de racines, à géotropisme négatif	Fixation de l'azote atmosphérique
<b>Mycorhizes</b>	Champignons ascomycètes, basidiomycètes et glomérormycètes	Nombreuses plantes vasculaires	Mycélium associé aux racines	>85 %	Complexe racine-champignon	Voir tableau 2.2

TABLEAU 2.2

## LES DIFFÉRENTS TYPES DE MYCORHIZES

TYPES DE MYCORHIZES	CHAMPIGNONS IMPLIQUÉS	PLANTES HÔTES	STRUCTURES FONGIQUES	STRUCTURES DE L'HÔTE	IMPACTS PHYSIOLOGIQUES
<b>Arbusculaires</b>	Champignons microscopiques glomérormycètes ~200 espèces	Bryophytes et plantes vasculaires : 70 % des espèces actuelles	Arbuscules et vésicules intracellulaires, mycélium et spores extraracinaires	Peu de changements, coloration jaune	Accès à l'eau et aux minéraux peu mobiles accru, résistance aux maladies, phytophagie et phénologie modifiées
<b>Ectomycorhizes</b>	Champignons supérieurs : basidiomycètes ascomycètes : milliers d'espèces	Arbres gymnospermes et angiospermes : 5 % des espèces actuelles	Manchon, mycélium intercellulaire, rhizomorphes, sclérotés, ascomata, basidiomata. Absence de pénétration intracellulaire	Hypertrophie corticale, ramifications dichotomiques ou racémeuses	Accès accru aux minéraux, utilisation de l'azote organique, résistance aux maladies et nématodes, tolérance aux pH acides et aux métaux lourds
<b>Ectendomycorhizes</b>	Deutéromycètes : quelques espèces	Pins, rares	Manchon mince, mycélium intercellulaire, pénétration intracellulaire, ascomata	Hypertrophie corticale, ramifications	<i>idem</i>
<b>Arbutoides</b>	Basidiomycètes : quelques espèces	Éricacées, rares	Manchon mince, pénétration intracellulaire, basidiomata	Hypertrophie corticale	<i>idem</i>
<b>Éricoïdes</b>	Ascomycètes : quelques dizaines d'espèces	Éricacées : 5 % des espèces actuelles	Mycélium intracellulaire, ascomata	Peu de modifications	<i>idem</i>
<b>Orchidoïdes</b>	Basidiomycètes et mycéliums stériles peu connus	Orchidées : 10 % des espèces actuelles	Mycélium intracellulaire pelotonné; basidiomycètes	Peu de modifications	Souvent essentiel à la morphogénèse, nutrition saprophytique de la plante, protection contre les pathogènes
<b>Sebacinoïdes</b>	Piriformospora ; basidiomycètes : quelques espèces	Variées	Mycélium intracellulaire	Peu de modifications	Peu connus





**Figure 3.1** – Les lichens ont été les premiers organismes symbiotiques à coloniser les rochers maritimes.

Photo : J. André Fortin, Université Laval

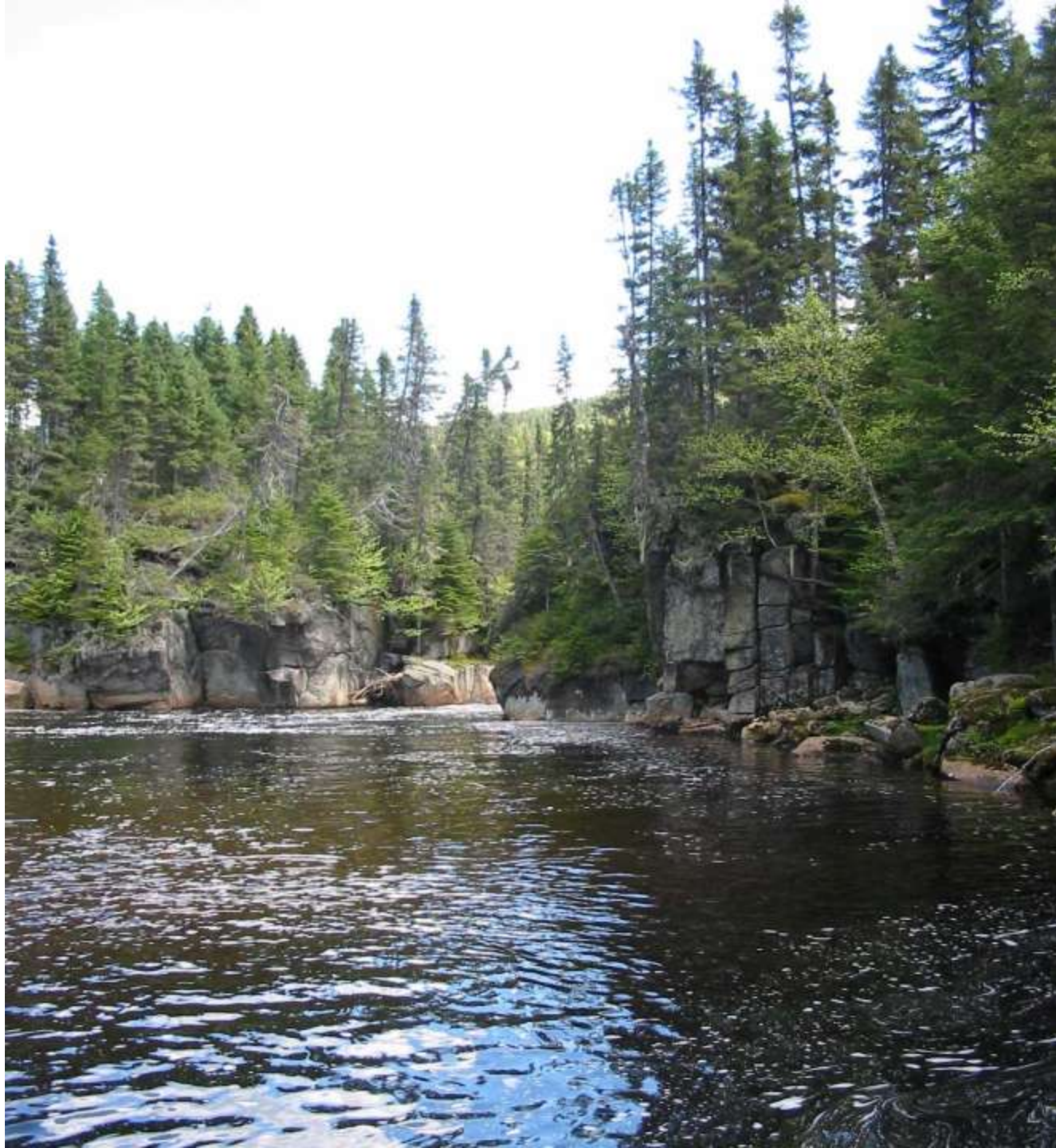
















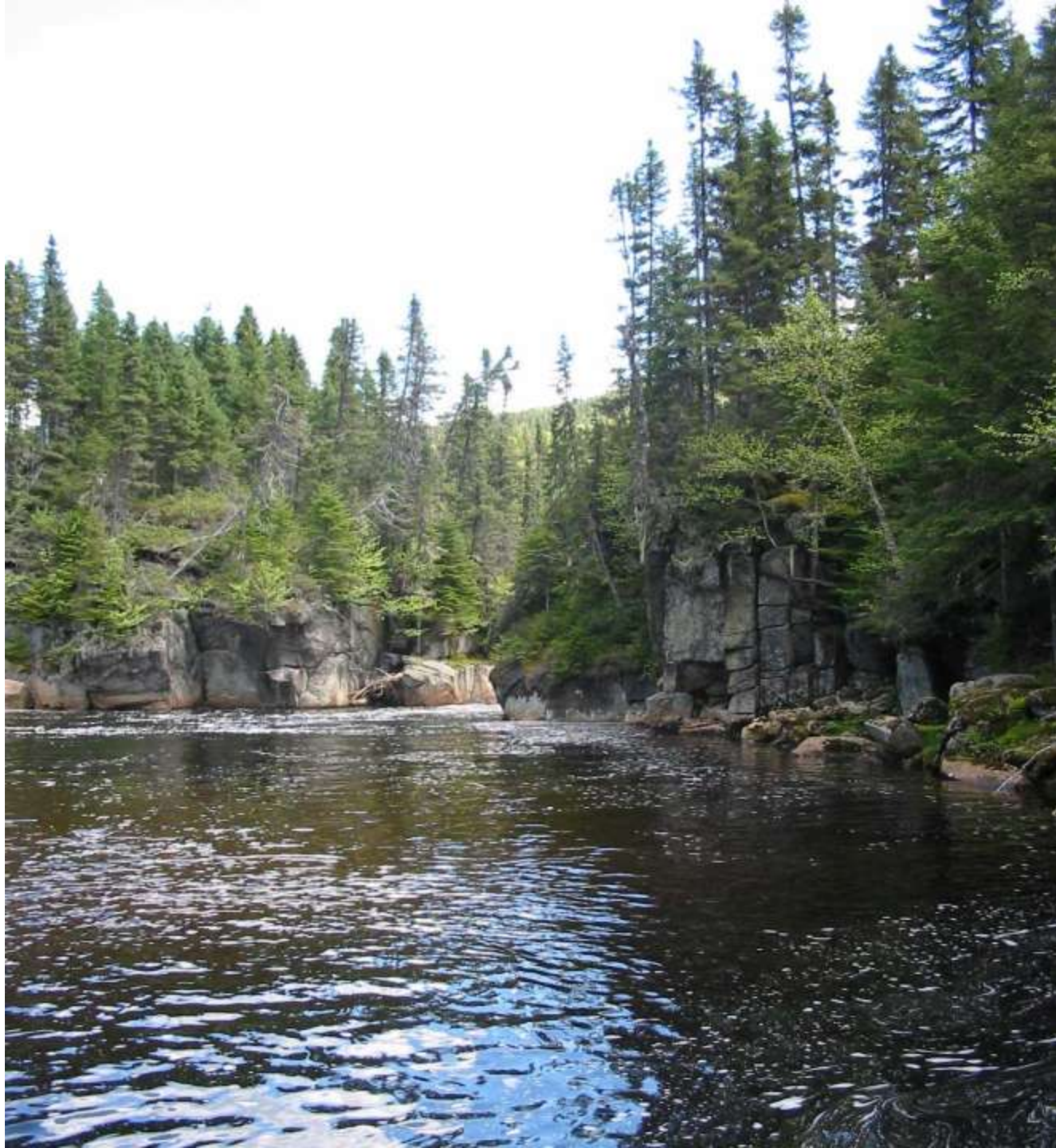


## À retenir:

- Le mutualisme (symbiose au sens strict) est un terme évolutif: la sélection naturelle favorise les organismes qui s'associent.
- La symbiose a joué un rôle dans l'évolution des cellules eucaryotes: les chloroplastes, les mitochondries et les cinétochores (e.g. fuseau achromatique) des organismes actuels proviennent de symbioses ancestrales.
- **Le rôle fondamental et universel des symbioses dans l'évolution et le fonctionnement des espèces végétales et des écosystèmes terrestres.**













Ectomycorrhizal fungi grow on rocks



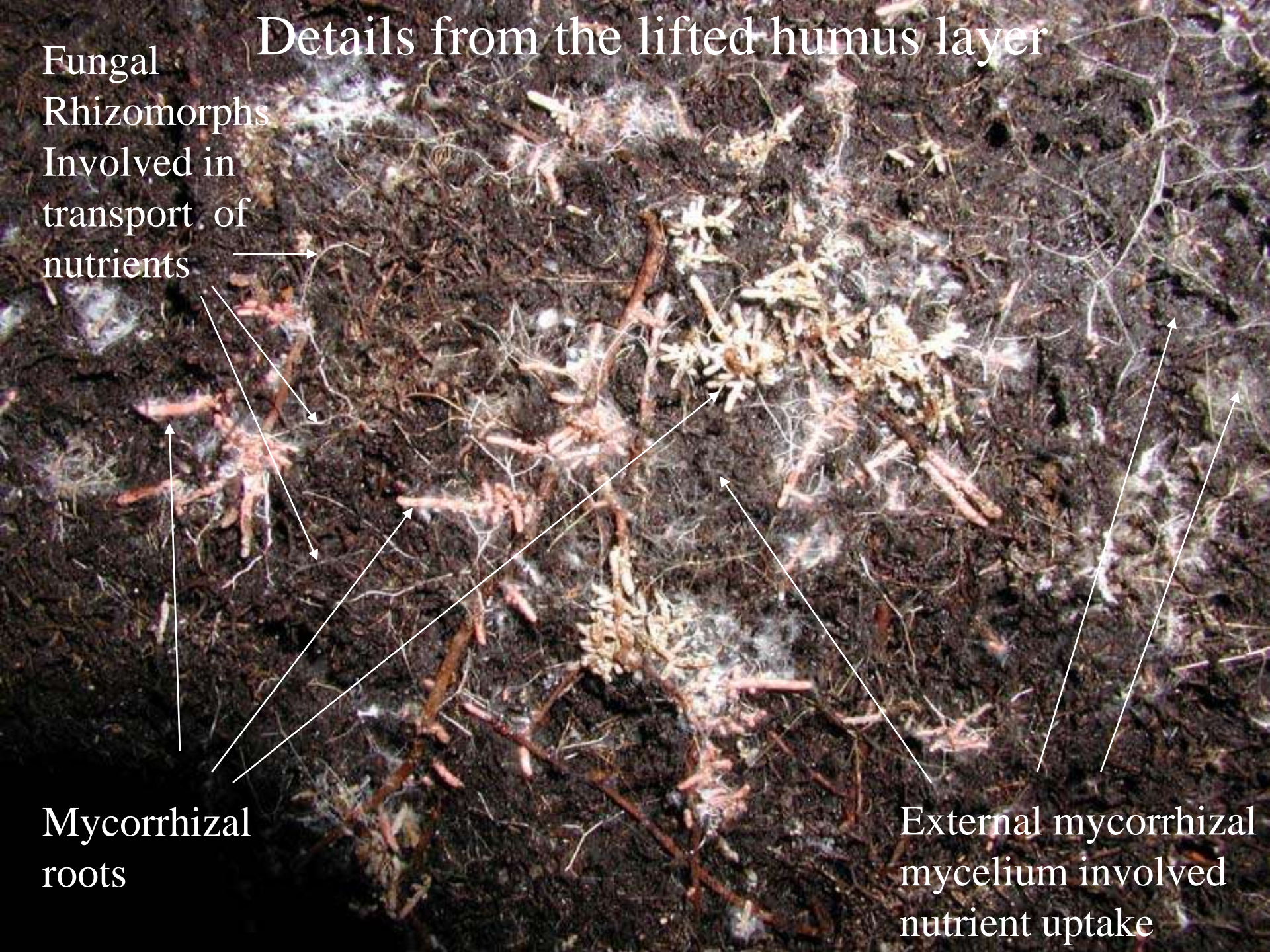


# Details from the lifted humus layer

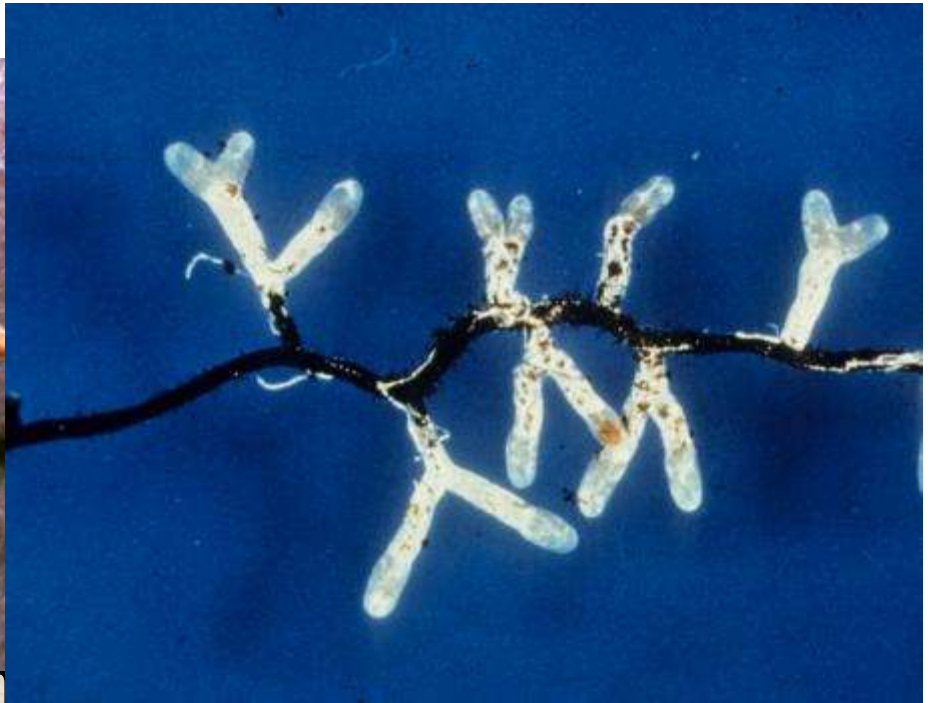
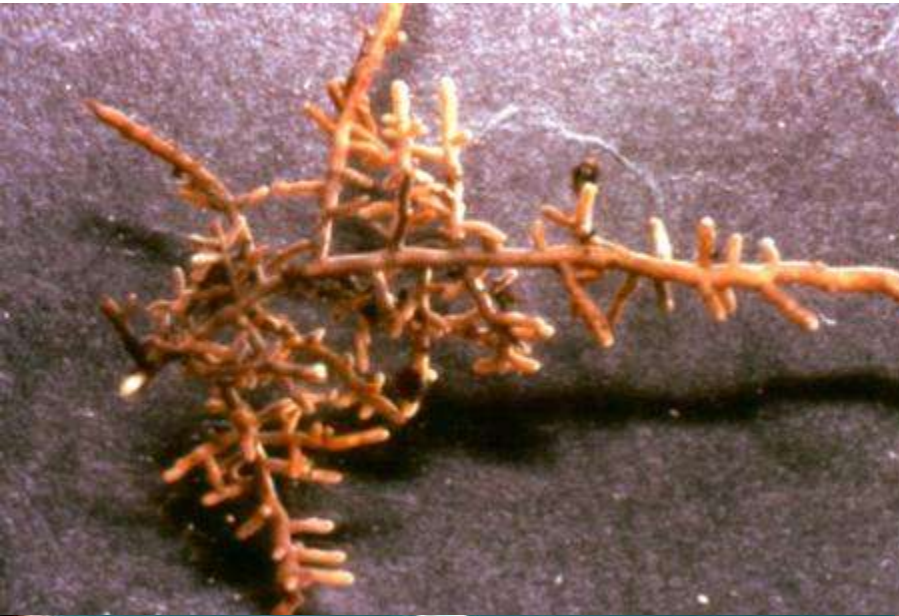
Fungal  
Rhizomorphs  
Involved in  
transport of  
nutrients

Mycorrhizal  
roots

External mycorrhizal  
mycelium involved  
nutrient uptake







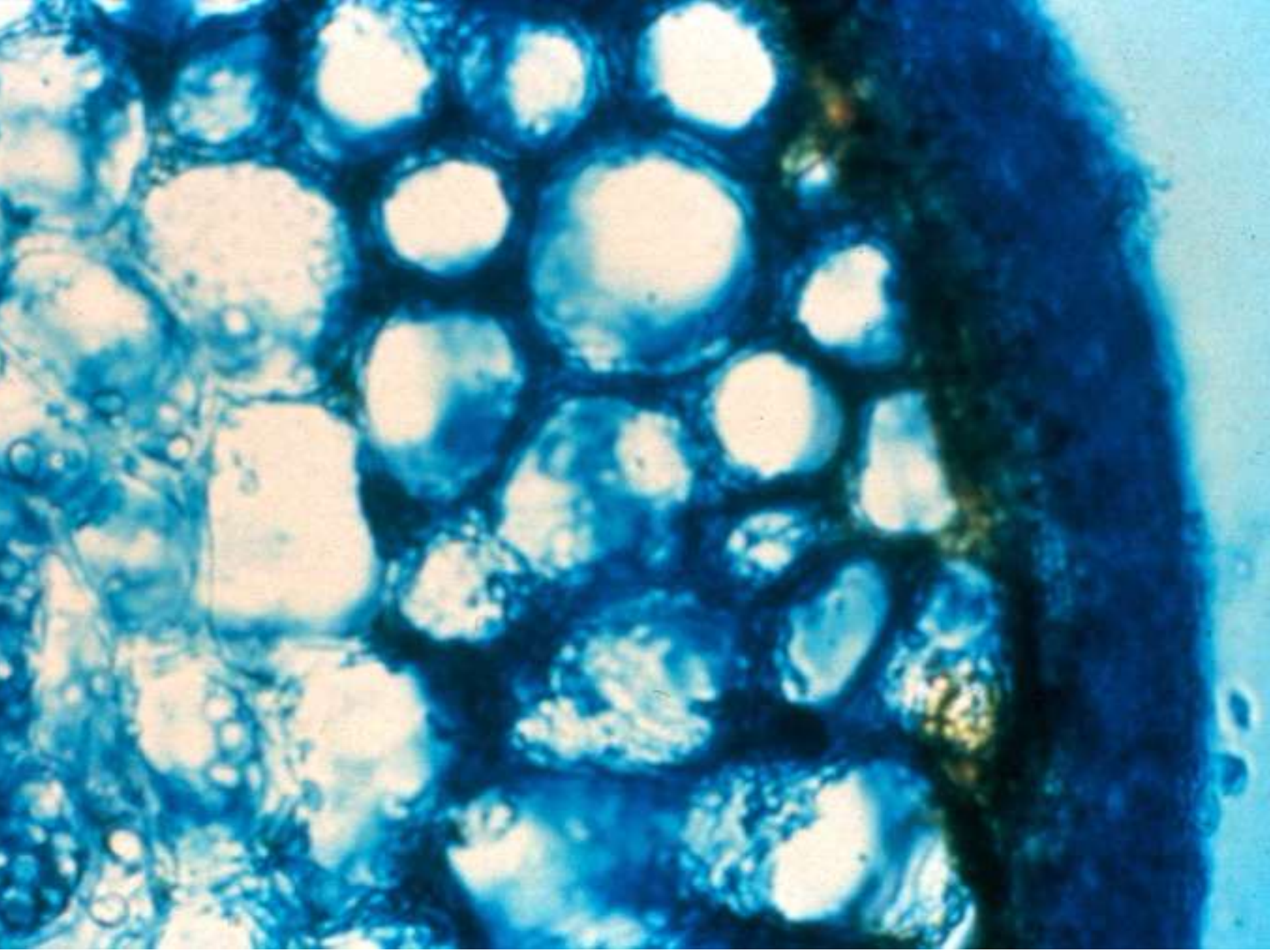








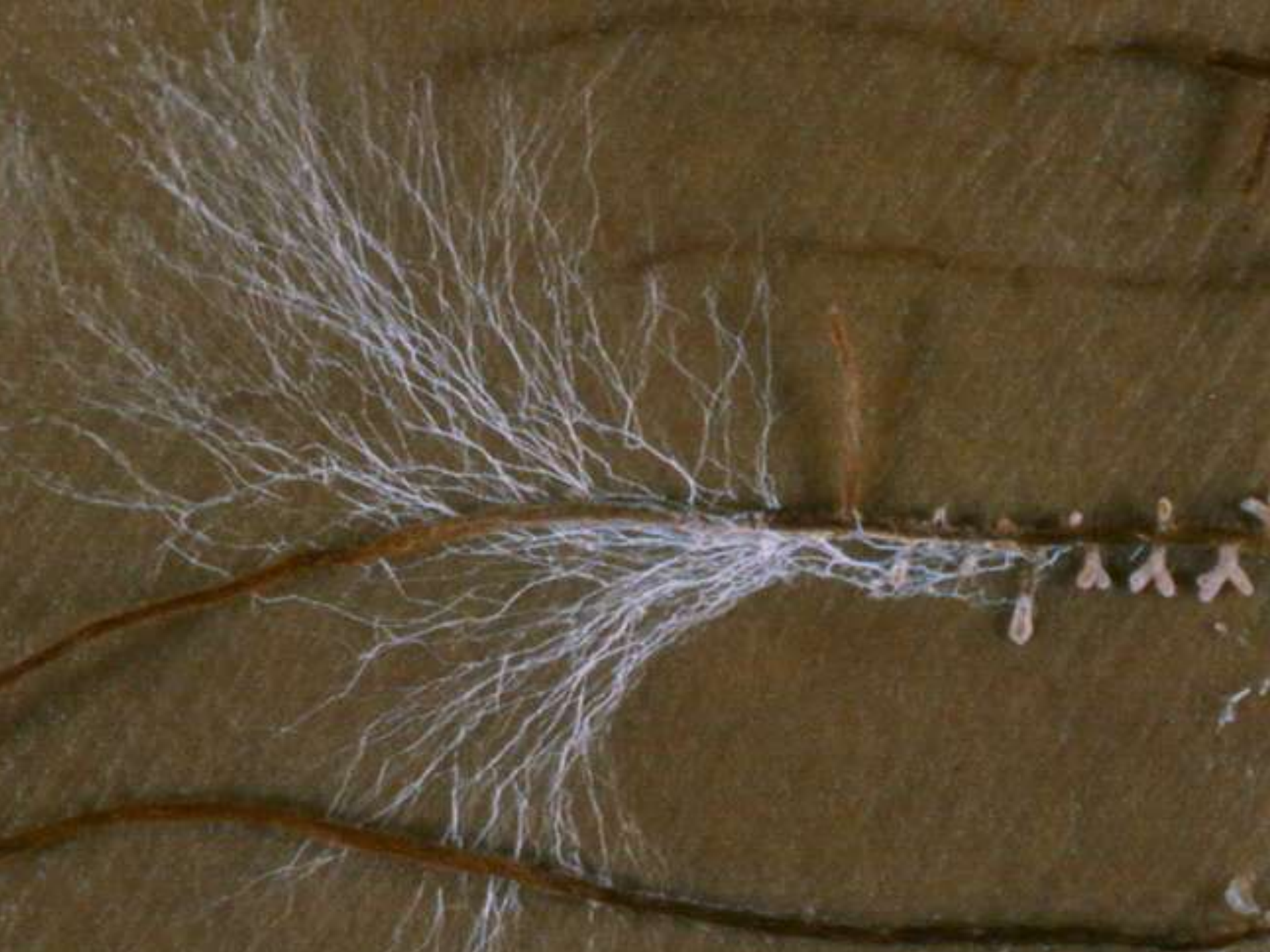




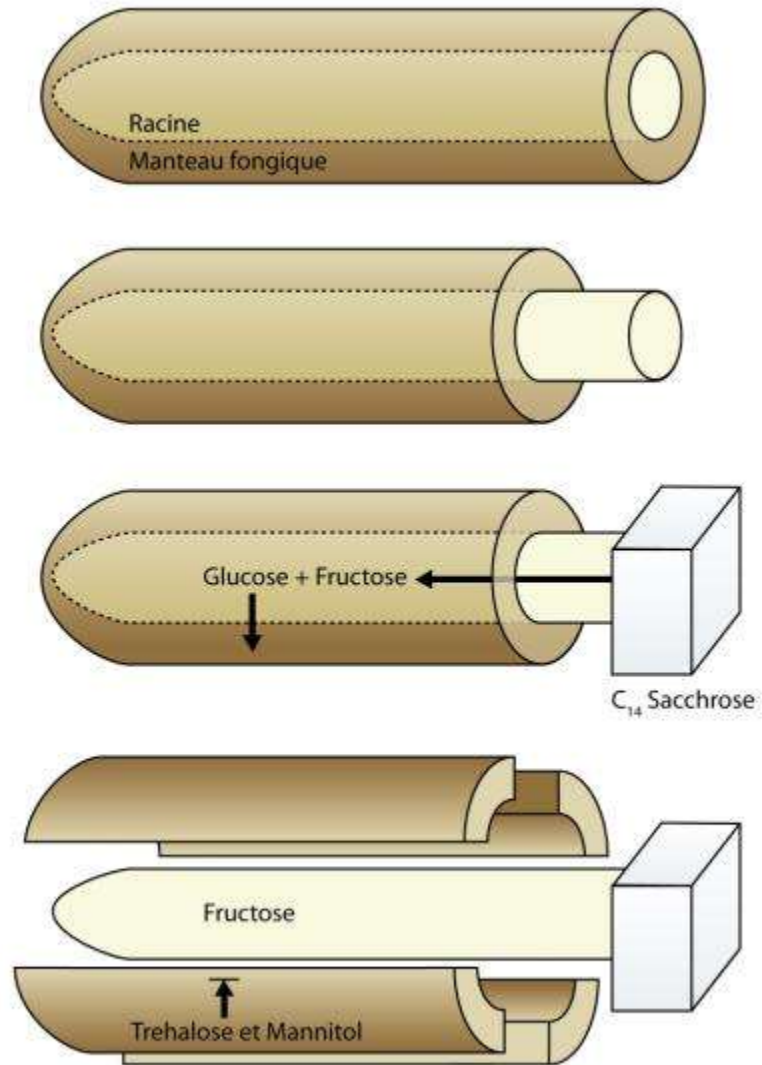




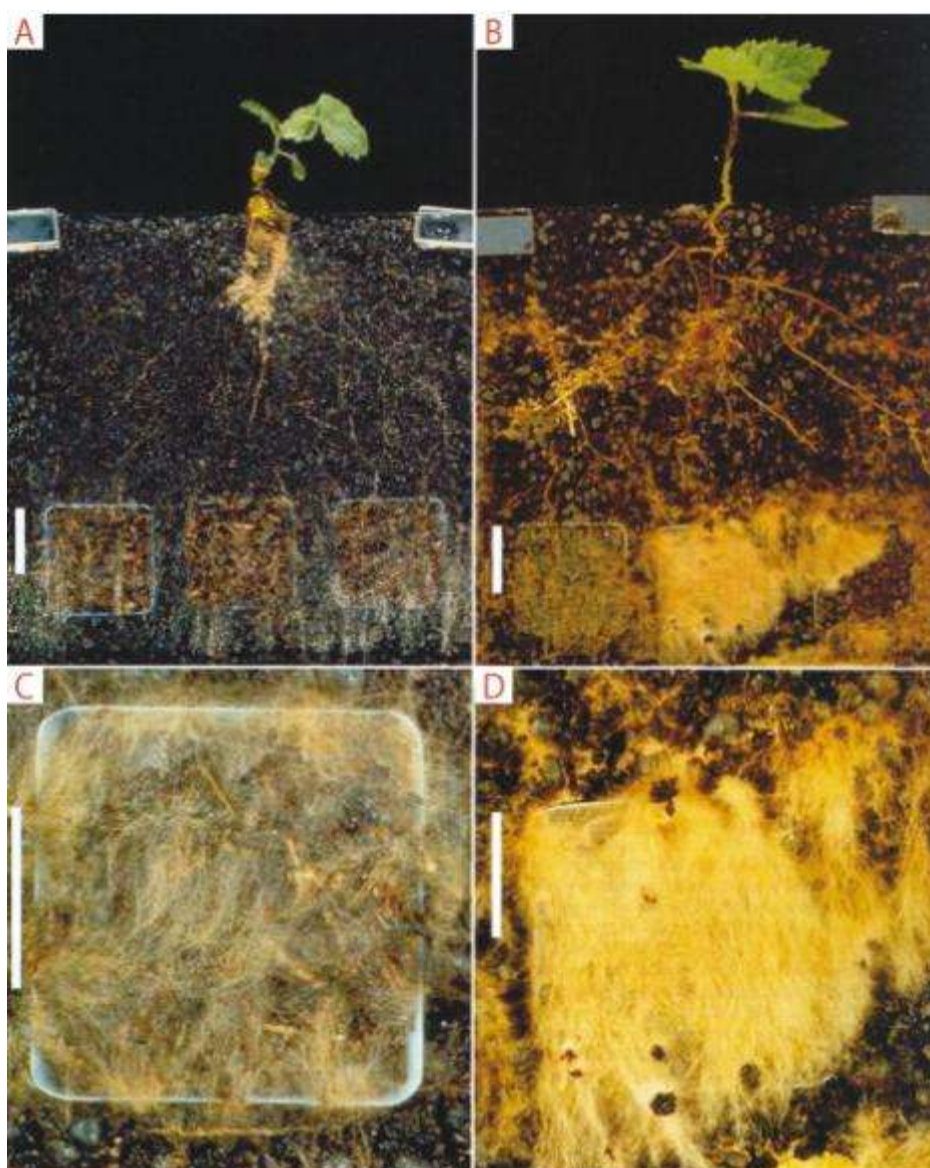








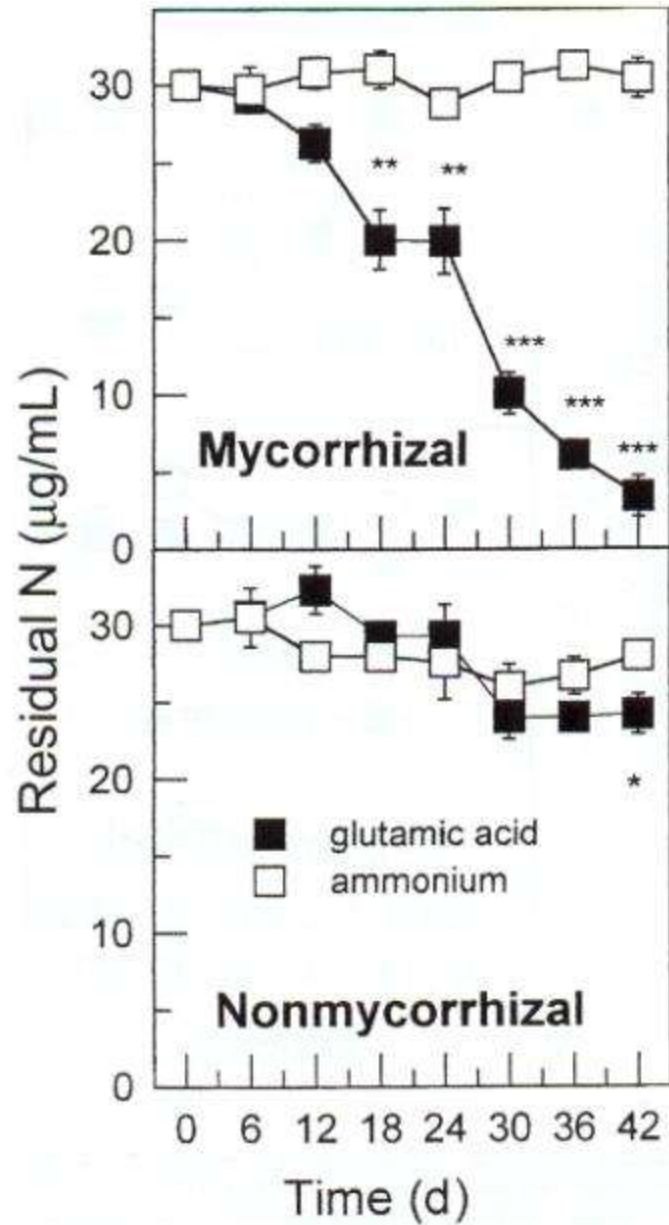




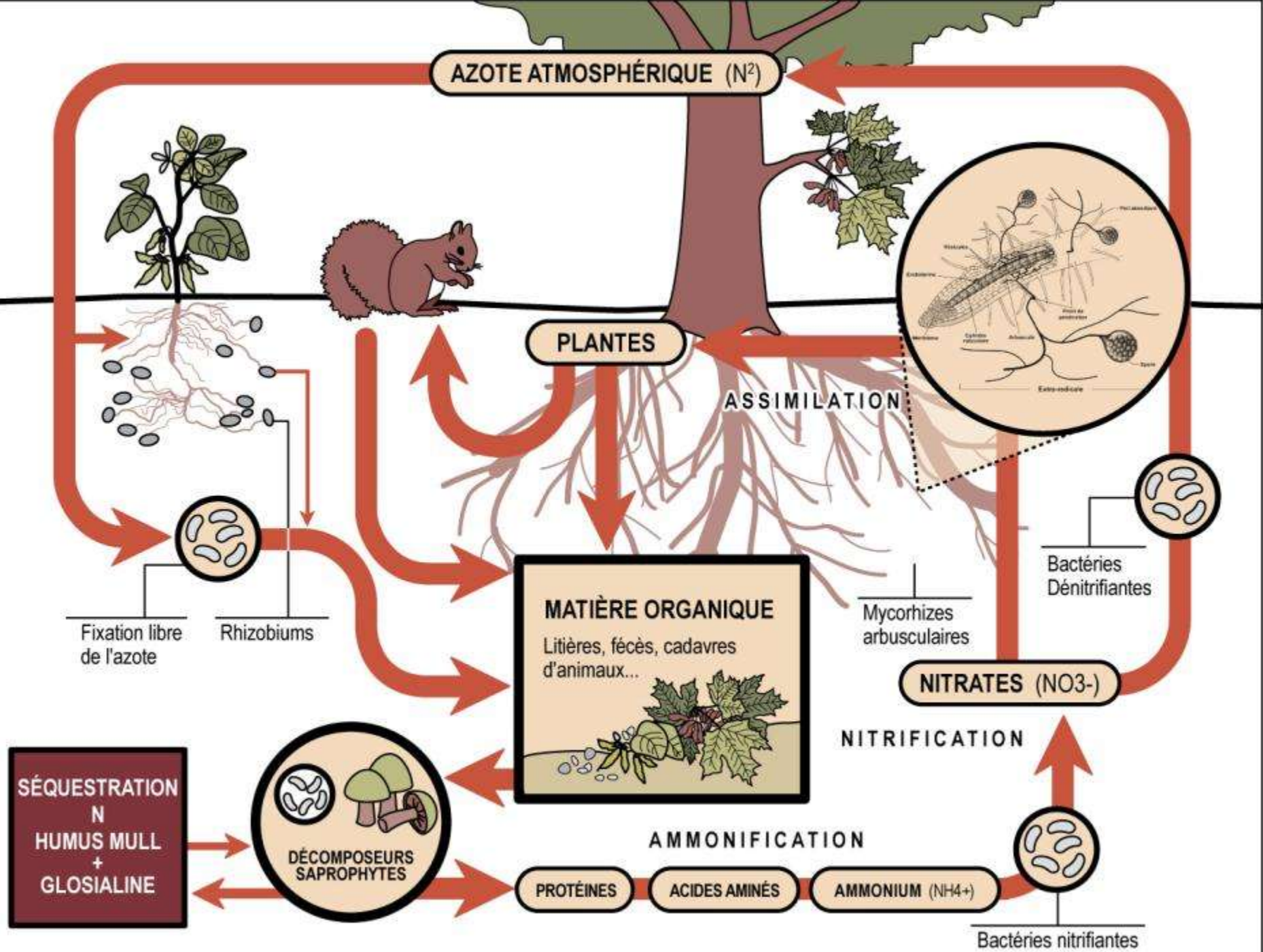
**Figure 4.1** – La phase extraradicale des mycorhizes de bouleau se développe (a) dans trois sols. En détail (c), le développement du mycélium dans un sol de bétulaie. En b et d, on observe le mycélium extraradical envahissant une nécromasse de nématodes.

Photo: David Read *et al.*, *Canadian Journal of Botany*

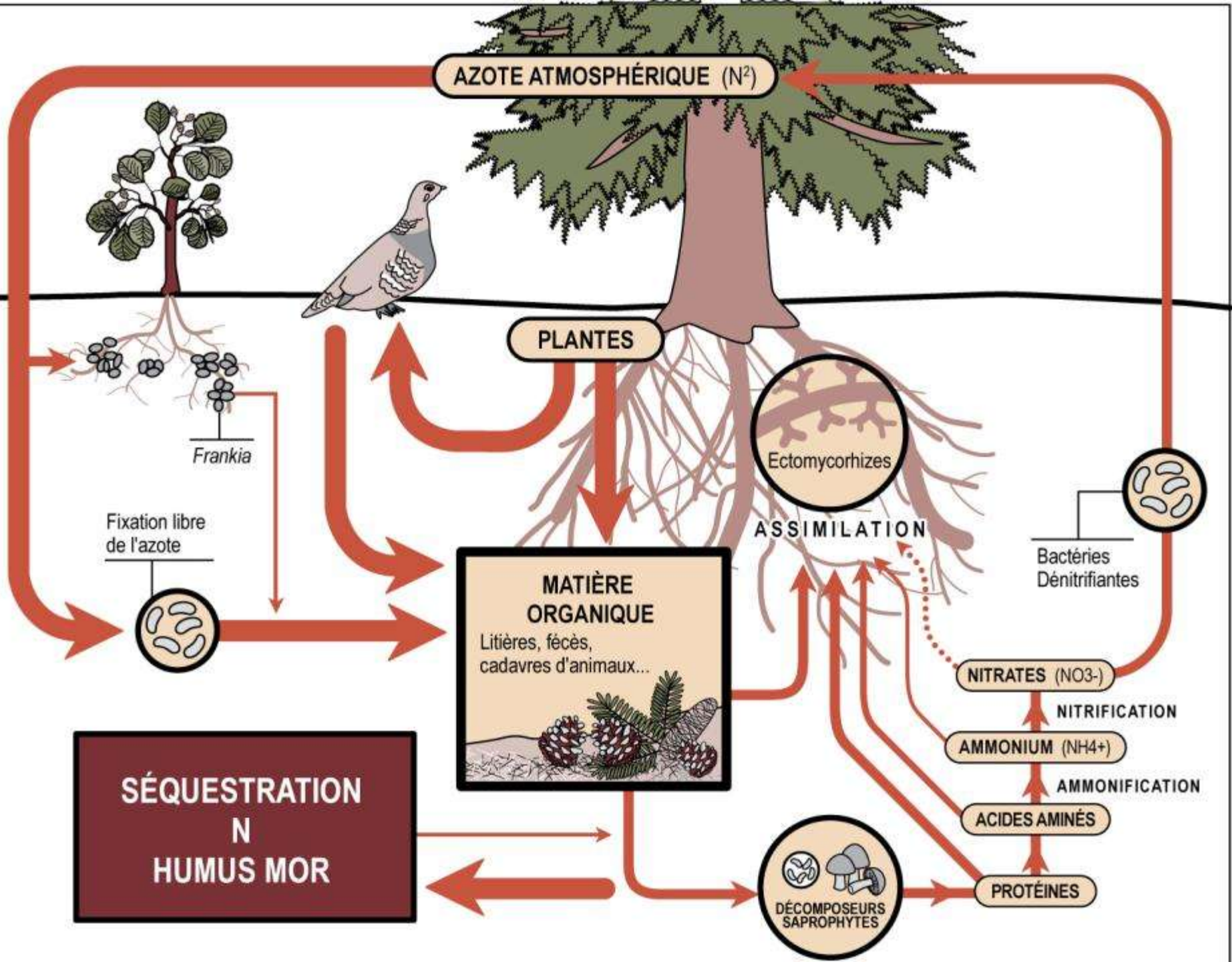
















Wallander H & D. Hagerberg 2004. Do ectomycorrhizal fungi have significant role in weatrhering of minerals in forest soils?Symbiosis 37:249-252



Les travaux récents nous apprennent que les champignons ectomycorhiziens possèdent une capacité considérable à altérer des minéraux comme l'apatite, le feldspath, la biotite la hornblende etc. pour obtenir les minéraux essentiel à leur fonctionnement





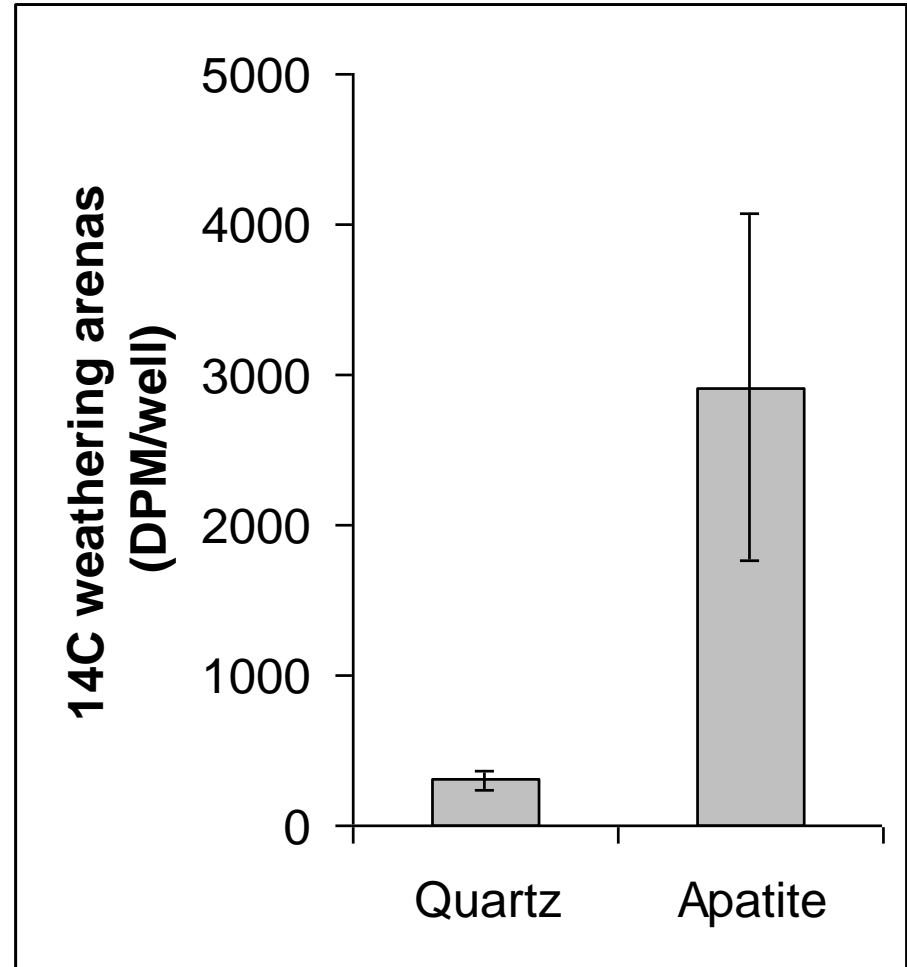
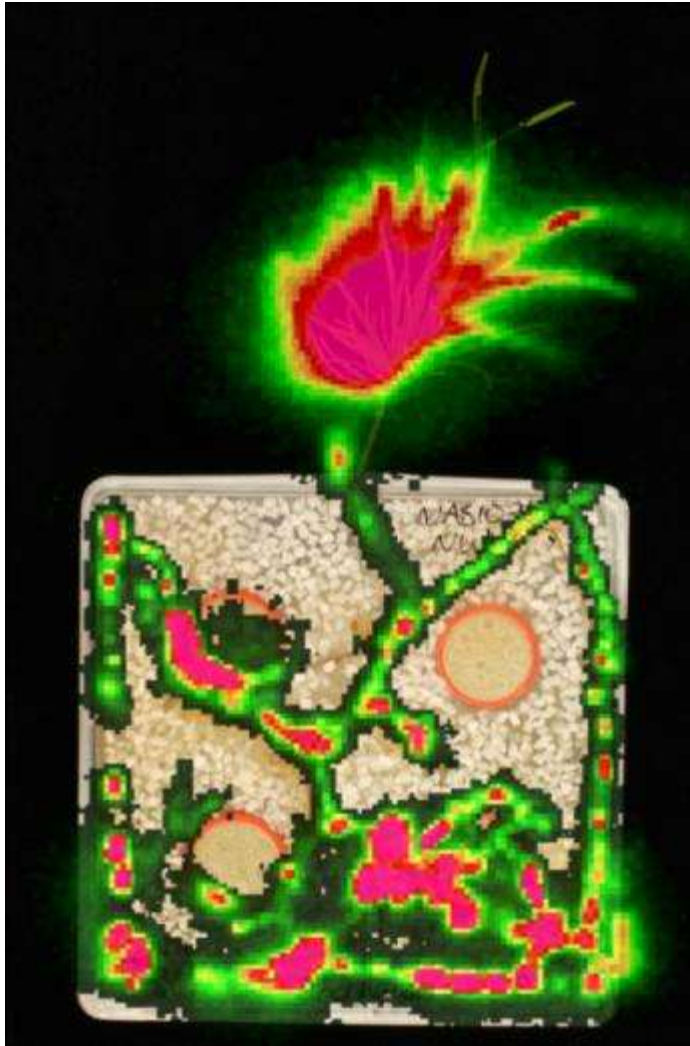


**Figure 4.2** – La phase extraradicale du champignon ectomycorhizien montre des préférences pour le feldspath riche en potassium (K) par rapport au quartz (Q) formé de silice pure.

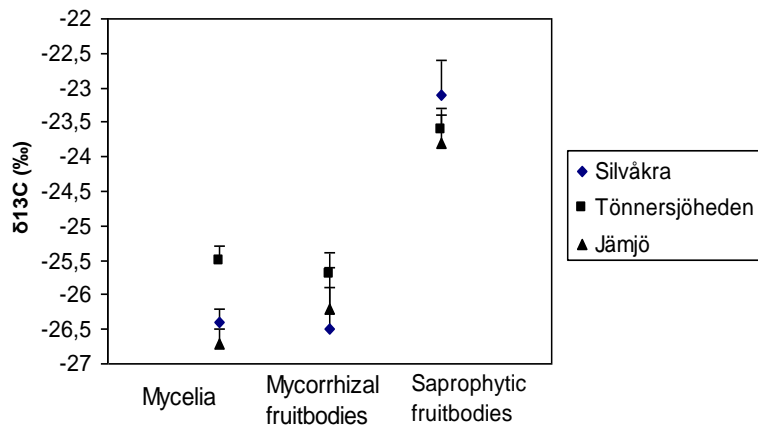
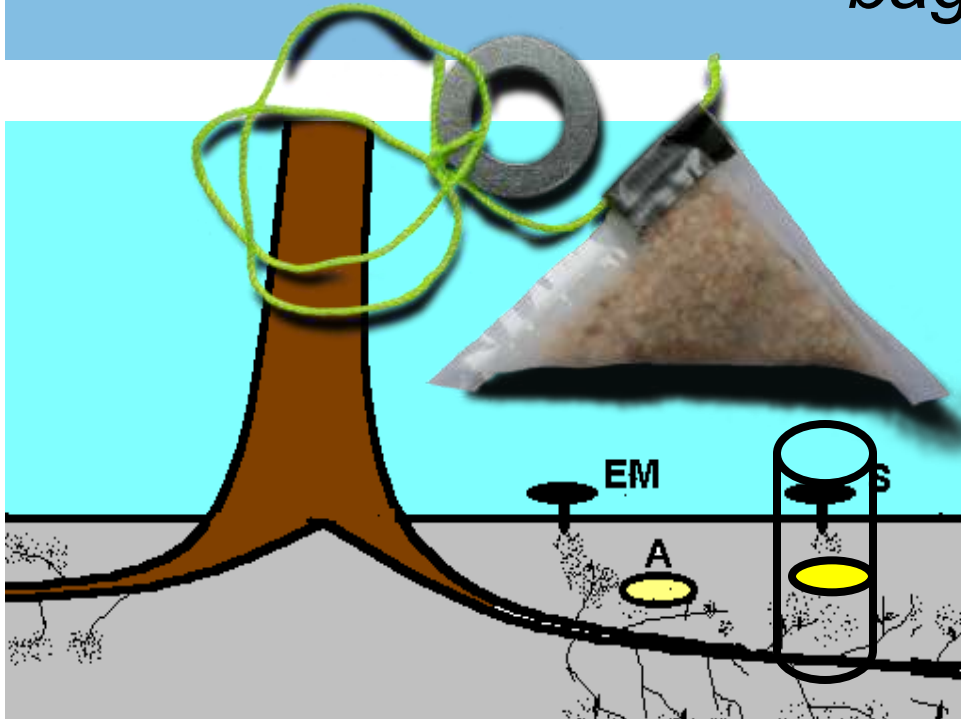
Photo: Ann Rosling, *New Phytologist*



$^{14}\text{C}$  allocation to patches with apatite by pine seedlings colonized by *P. involutus*

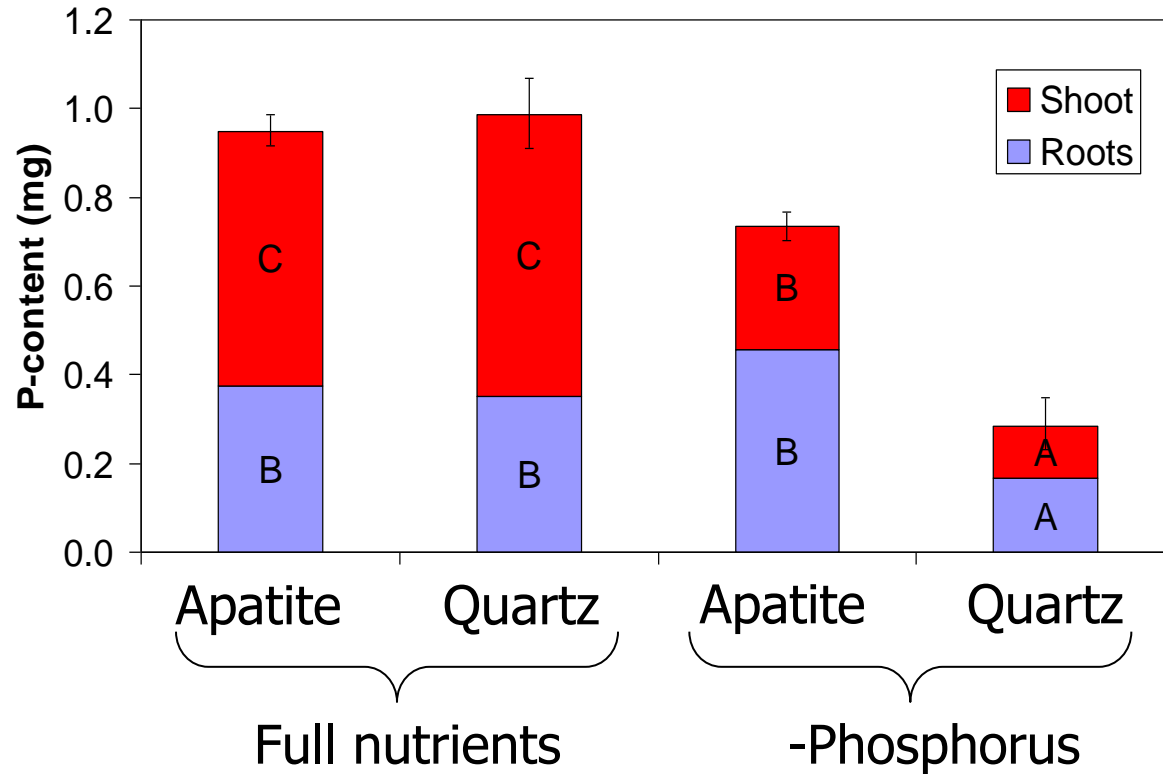


# How can we study this in the field? – Fungal ingrowth bags

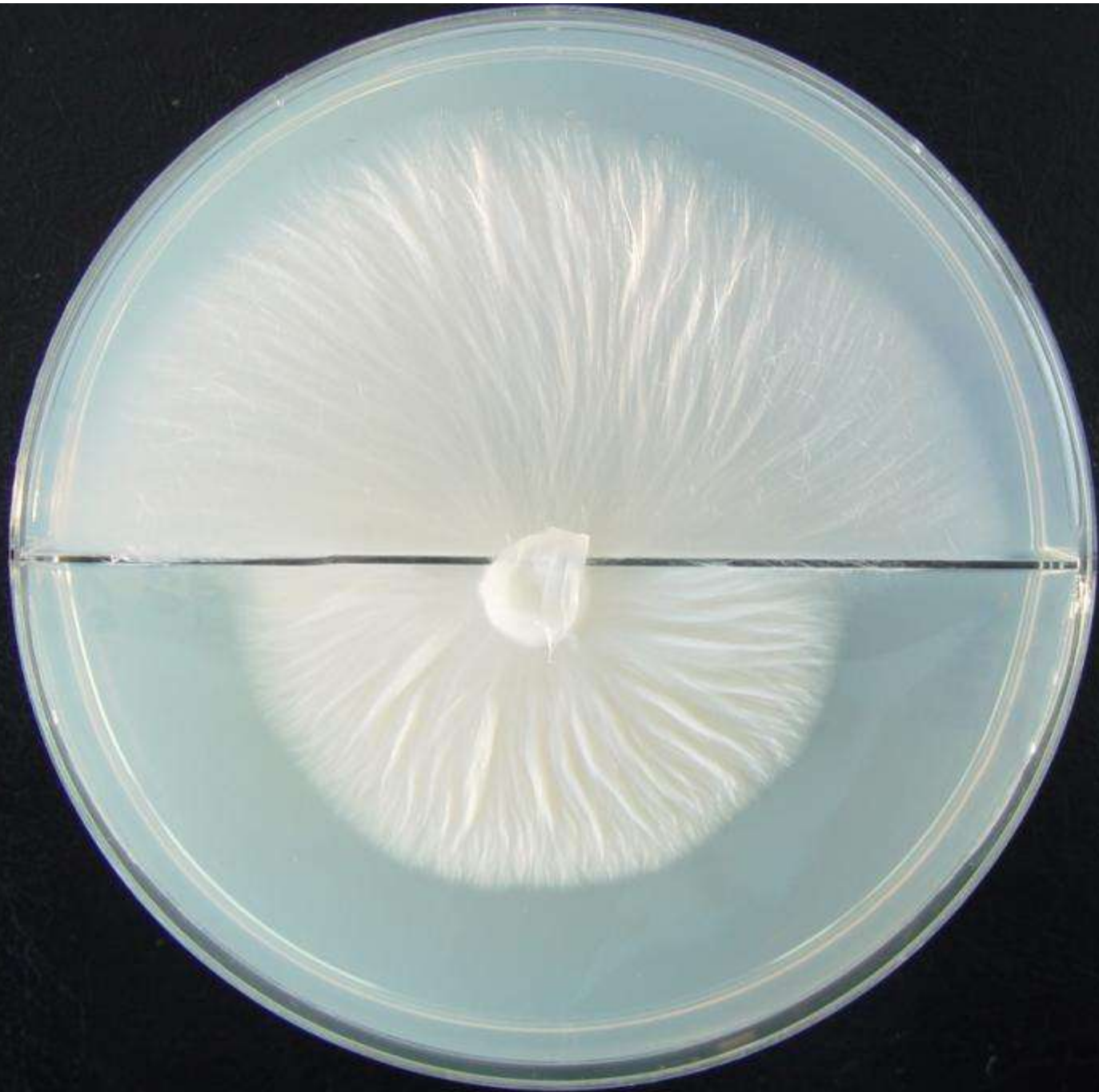




ECM stimulates apatite weathering – but only if P availability is low

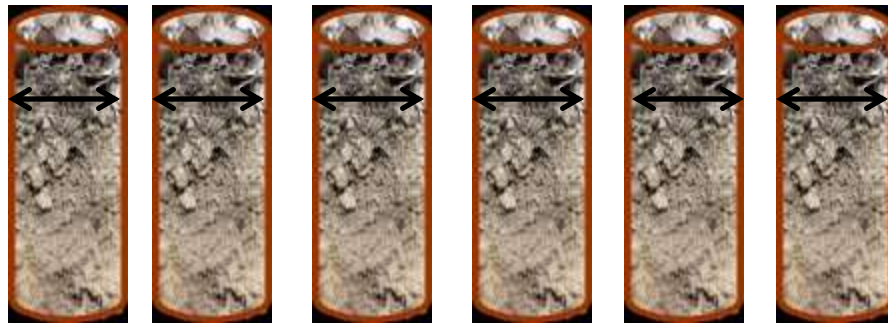


(Smits unpublished)

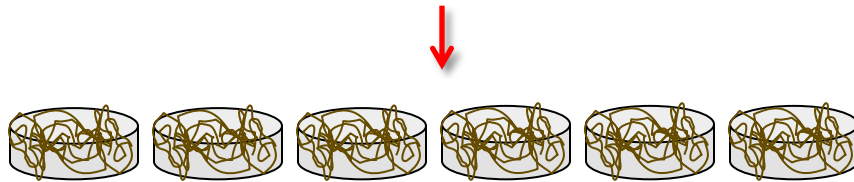




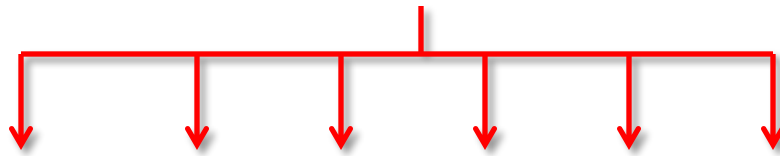
# Mode opératoire



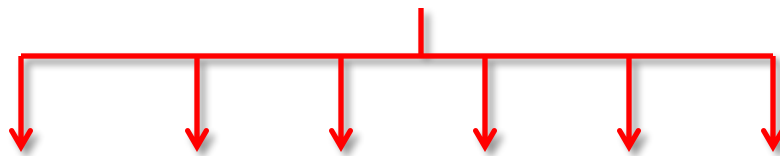
Échantillonnage  
(carottes de sol)



Lavage des racines



Morphotypage  
Abondance



Excision des apex provenant du  
même morphotype

Identification moléculaire des  
espèces de symbiontes fongiques

Détermination des profils  
d'activité enzymatique

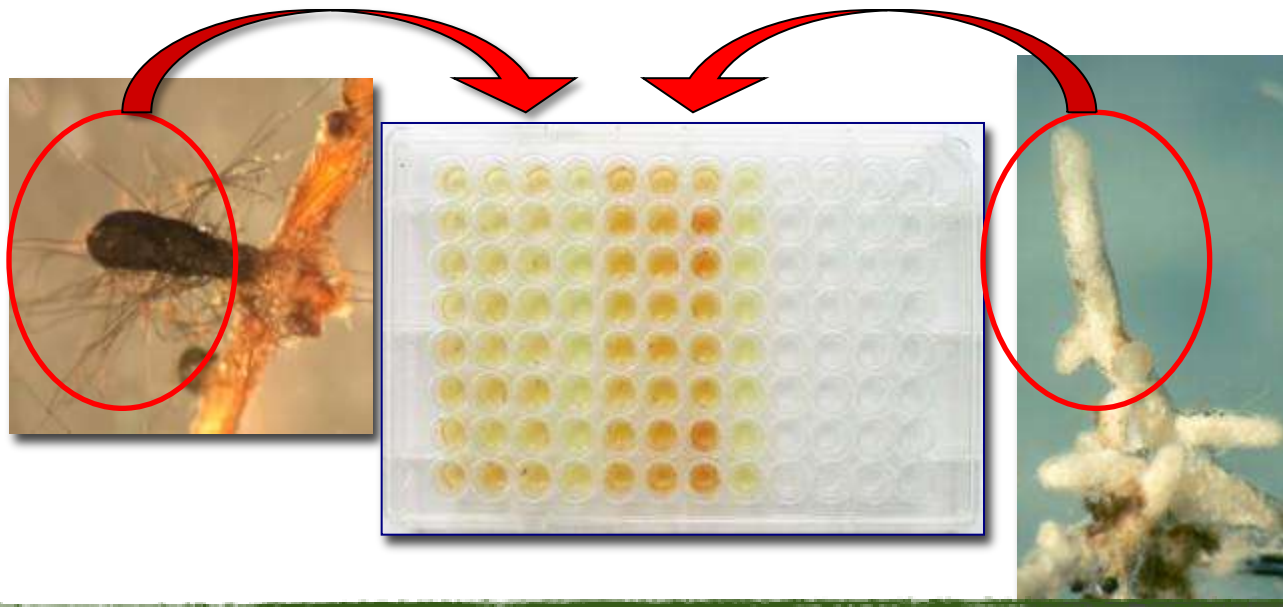
## Une fonction importante des ectomycorhizes :

La **mobilisation** des éléments minéraux contenus dans la matière organique des horizons supérieurs grâce à la sécrétion **d'enzymes** spécifiques. Par exemple :

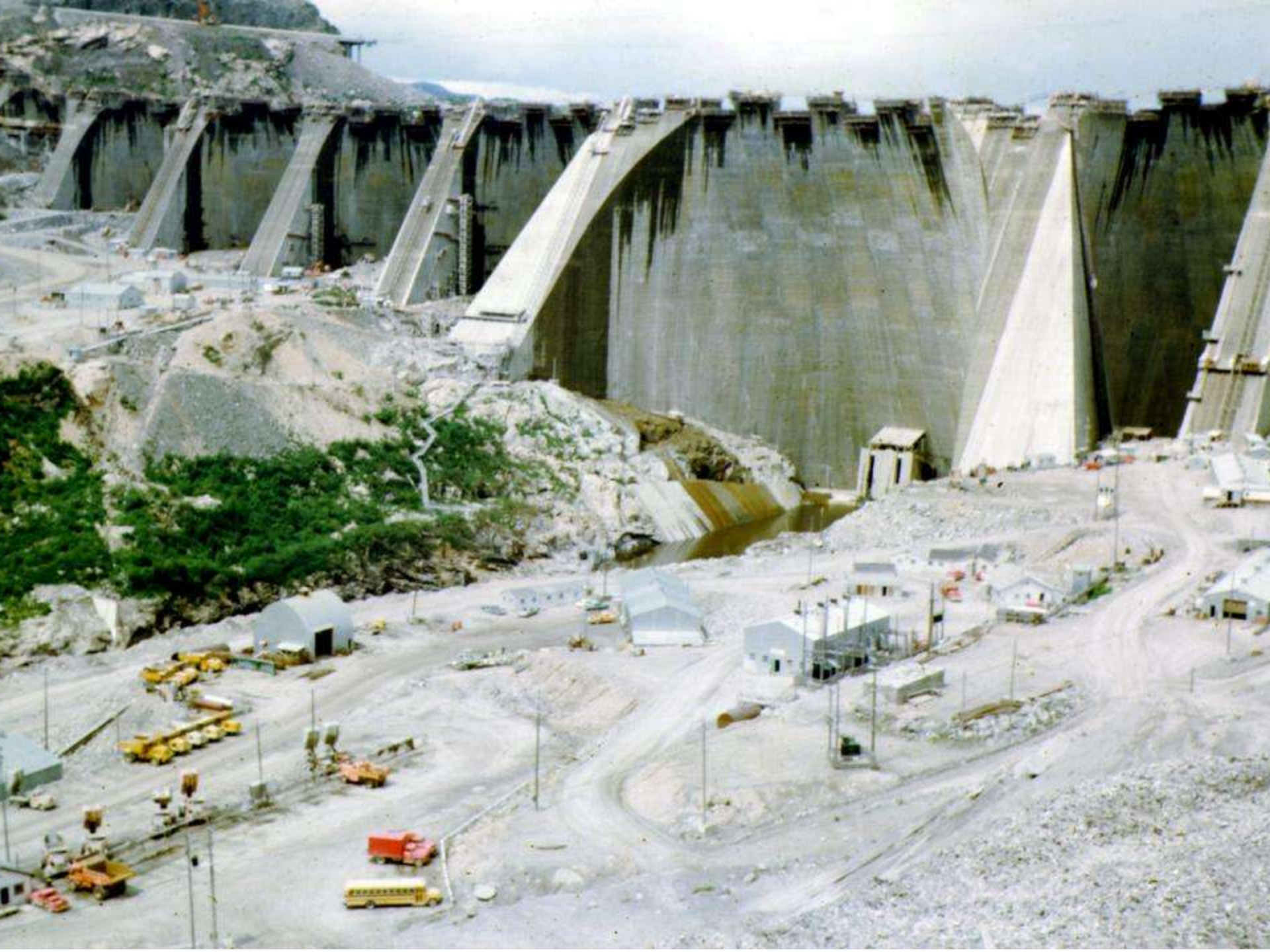
Phosphatases —> phosphore

Protéases, chitinases —> azote

Laccases, cellulases : digestion des parois végétales —> accès facilité











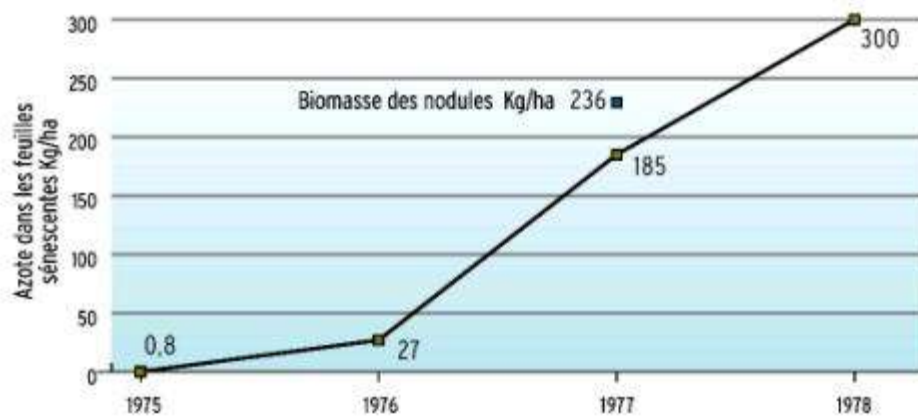
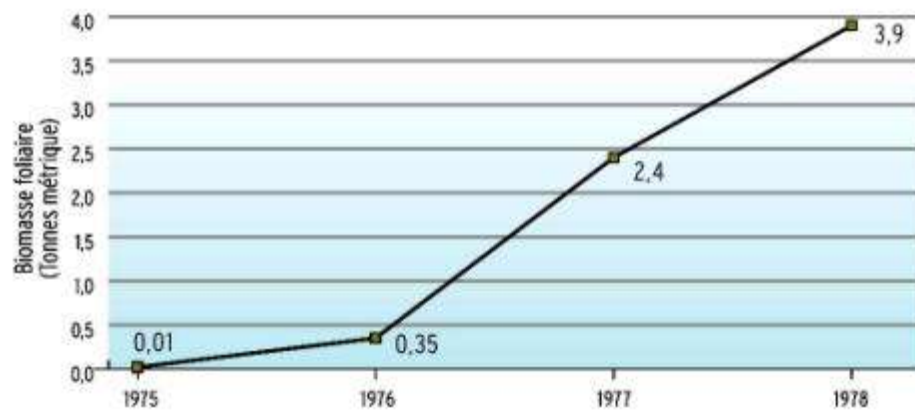
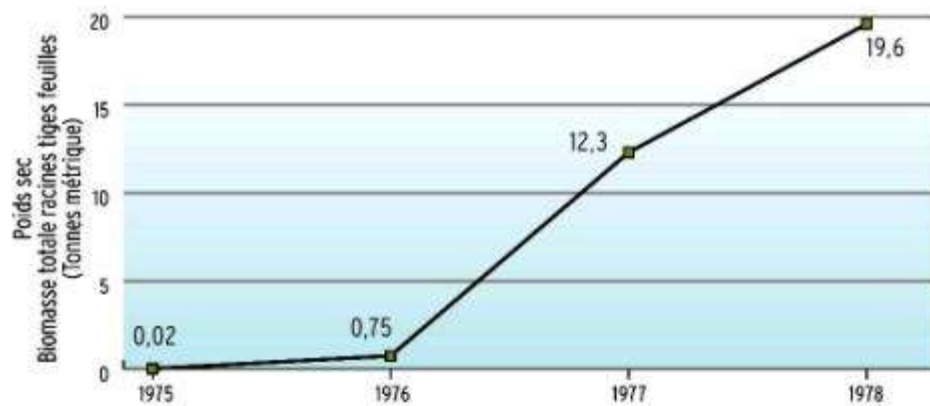












Années







# Altération des minéraux

Apatite	P, Ca, Fe
Feldspath	K, Ca
Biotite	K, Mg
Phlogopite	K, Mg, Fe
MicroclineK	



# Agent solubilisateurs

Acide oxalique

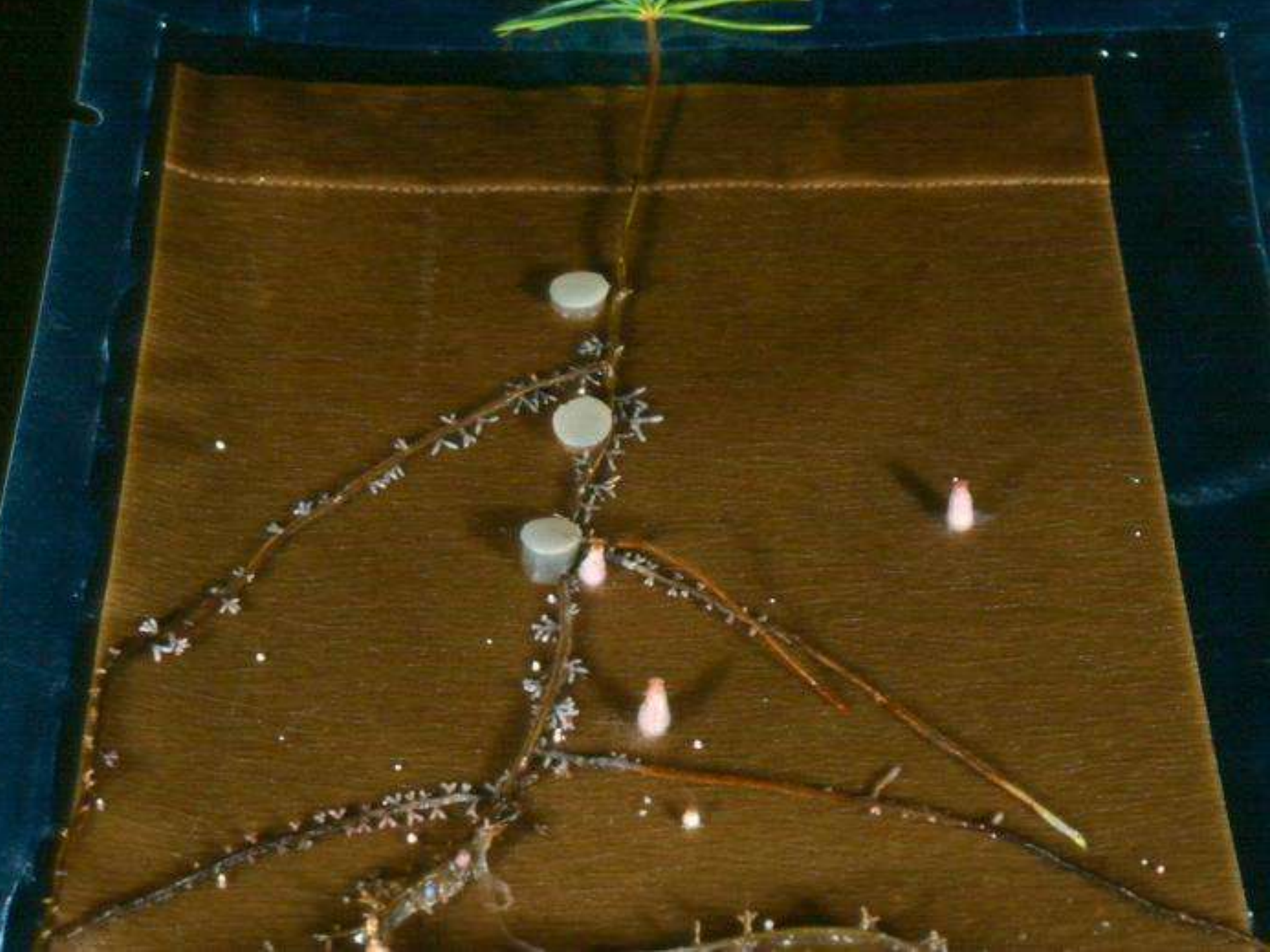
Acide citrique

Acide malonique

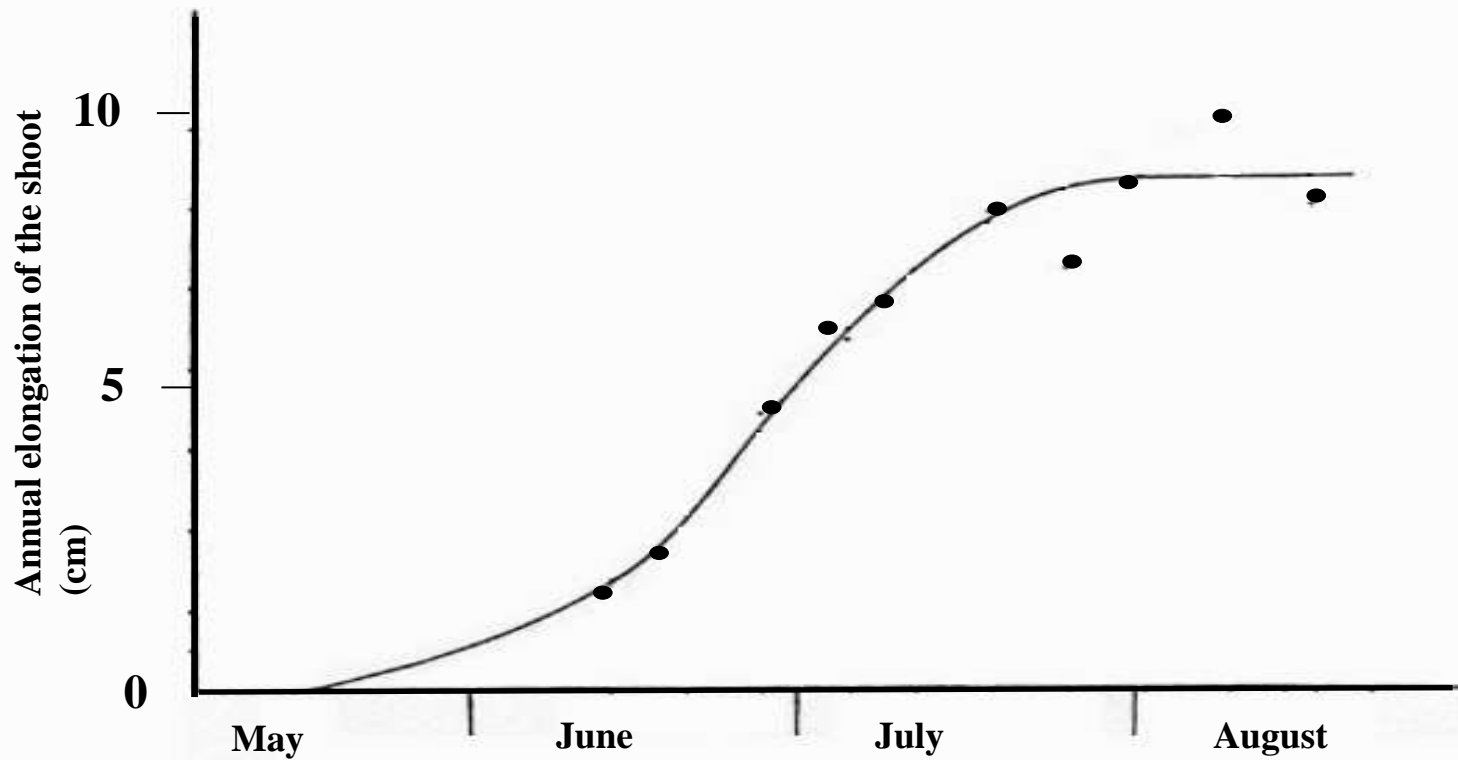
Acide formique

Acide acétique

Acide succinique

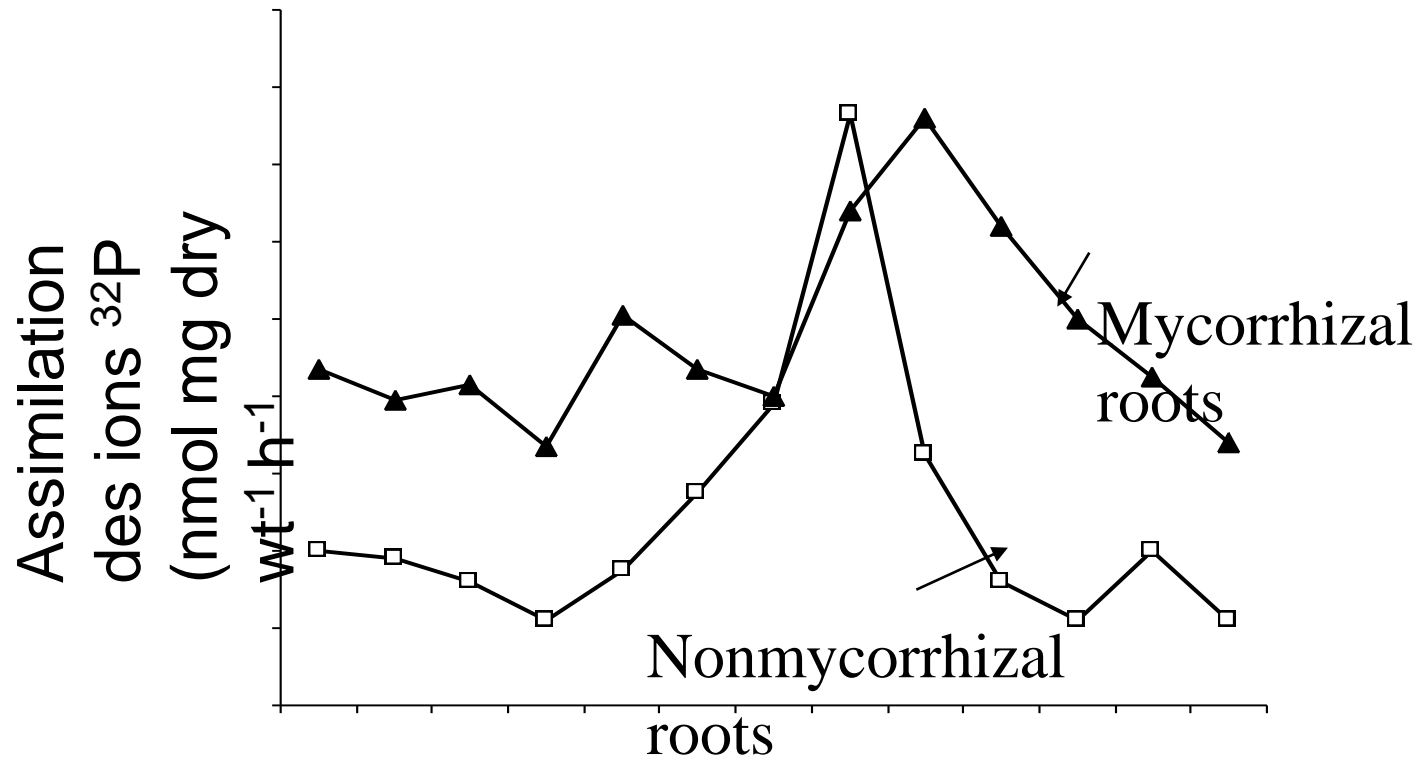






**Figure 1.**

Fortin and Lamhamedi

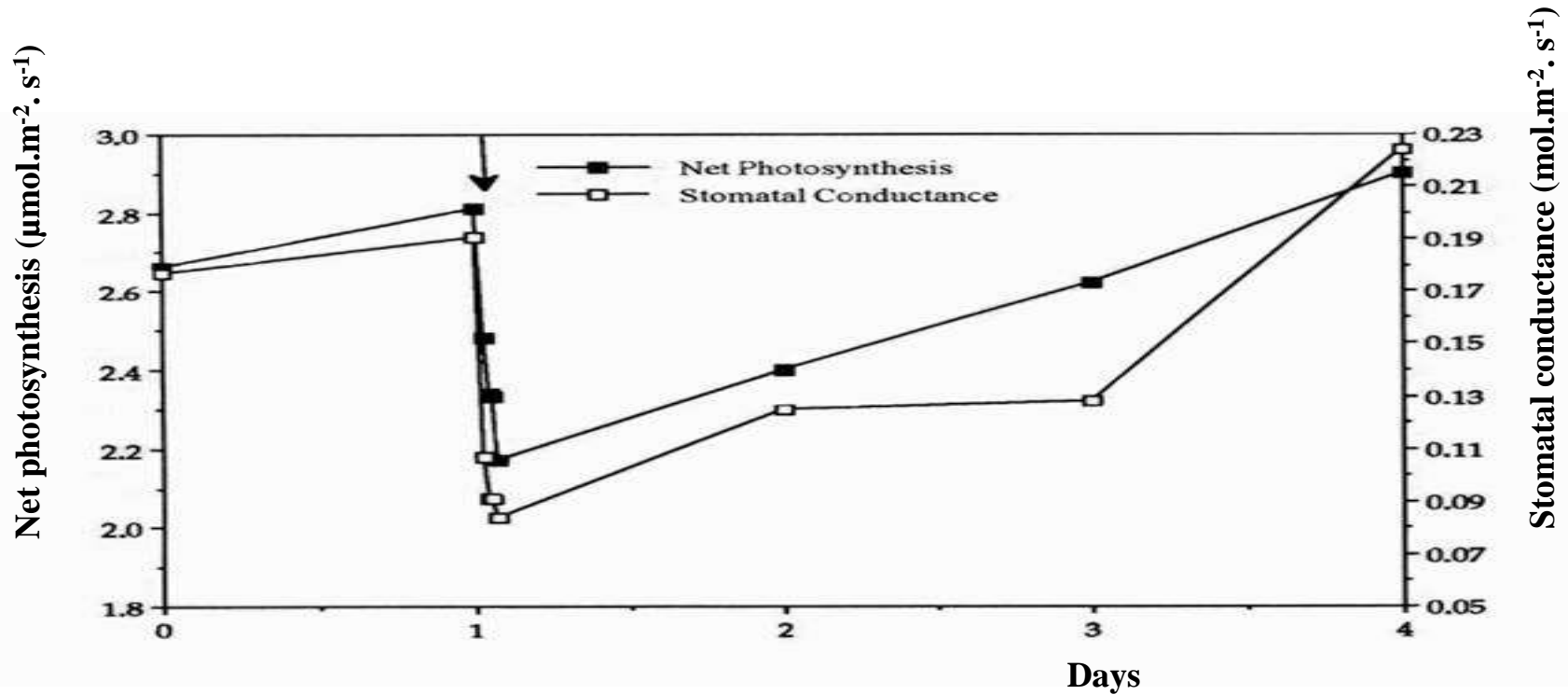


**Figure 2.**

Fortin and Lamhamedi







**Figure 7.**

Fortin and Lamhamedi





























Blank price tag

Chanterelles  
45.99/lb

Echalotes  
2/lb.99

Radis  
0.69

Blank price tag

Blank price tag

Blank price tag

Blank price tag

Bleuets du Quebec

Bleuets du Quebec

Bleuets du Quebec

AMERICA'S  
FRESH PRODUCE

Shop for us  
at our market stall  
located at the  
corner of  
Main Street &  
Market Street  
in the  
Market Square  
at the  
corner of  
Main Street &  
Market Street  
in the  
Market Square







© Cercle des mycologues de Montréal inc.  
Photo : Yves Lamoureux



cm

*Tuber canaliculatum*

# Tuber canaliculatum

- **Commentaire de Yves Lamoureux,  
[mycoquebec.org](http://mycoquebec.org)**



# Tuber canaliculatum

- C'est Francesca Marzitelli (CMM) qui m'a fait cadeau de ces deux spécimens qu'elle a fait déterminer par le spécialiste J. M. Trappe. Moi, je ne connais pas grand-chose aux truffes. Francesca creuse n'importe où, et elle trouve plusieurs espèces hypogées!

# Tuber canaliculatum

- L'hôte de *Tuber canaliculatum* au Québec demeure malheureusement inconnu. Les hypogés se récoltent généralement à la toute fin de la saison mycologique.



# Tuber canaliculatum

- Au Jardin botanique de Montréal, où le CMM tient ses séances d'identification (les «Lundis mycologiques»), un panier rempli d'une centaine d'exemplaires de cette espèce, apportés par Madame Marzitelli, empestaient le local tout comme les meilleures truffes européennes. Francesca a elle-même testé la comestibilité de cette espèce après avoir appris qu'il s'agissait d'un Tuber (vraies truffes). Elle la dit «très bonne»

# Mycophagie animale

- Chevreuil
- Caribou
- Lièvres
- Écureuils
- Souris et campagnols
- Ours



David William 2008



# Écologie intégrative des symbioses végétales

- biologie, agriculture, foresterie
  - 1<sup>er</sup> cycle: BIO 4902
  - 2<sup>e</sup> et 3<sup>ème</sup> cycles: BIO 7904
  - Automne

J. André Fortin  
Christian Plenchette  
Yves Piché

The book cover features a central illustration of a young green plant with a brown root system extending into a brown soil layer. The roots are intertwined with a complex, white, fibrous network representing mycorrhizal fungi. To the right of the roots, a small white mushroom cap sits on a circular, yellowish, textured surface. The background is a dark, almost black, gradient.

# Les Mycorhizes

LA NOUVELLE **RÉVOLUTION VERTE**

ÉDITIONS  
**MULTIMONDES**

éditions  
**Quæ**