

# Contenu de formation

## IV

### Le monde des mycorhizes Nutrition – protection – communication



Guide des Ateliers

Responsable pédagogique : William Moore

©William Moore. Mise à jour juillet 2023



# Votre parcours de formation

15 ateliers sont proposés sur 3 niveaux.

Commencer toujours votre parcours de formation avec le Voyage au Centre de l'Arbre.

## Thématique I : Connaissance fondamentale de l'arbre

Voyage au Centre de l'Arbre vous découvrez une nouvelle vue approfondie de l'arbre, de ses associés et de leur fonctionnement. Vous vous procurez des outils pour le diagnostic de l'arbre ainsi que des techniques d'observation. L'ensemble des traitements y sont abordés en fonction des observations réalisées lors de vos dissections ainsi que de vos observations macro et microscopiques.

Pendant votre Voyage au Centre de l'Arbre vous serez initié à la physiologie de l'arbre, son architecture, son anatomie cependant ces thèmes fondamentaux nécessitent une attention particulière d'où les cinq autres ateliers de la thématique I :

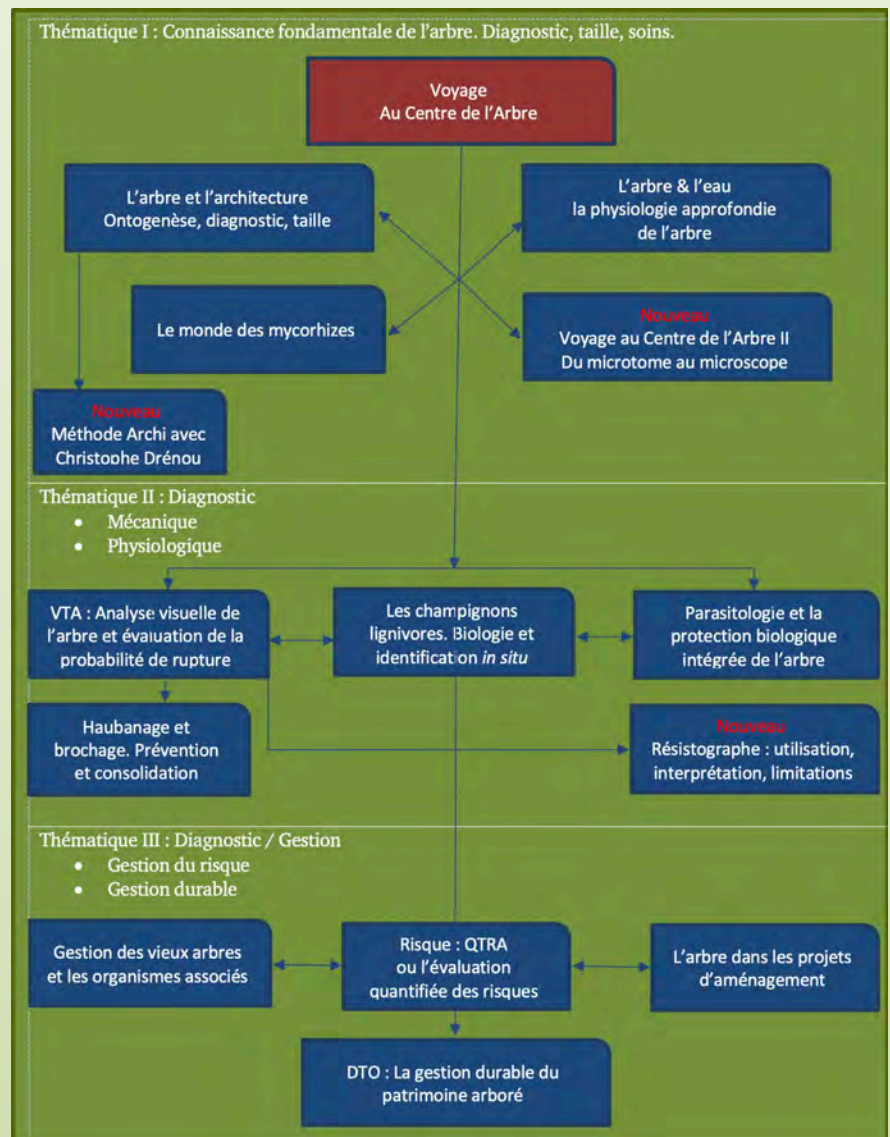
- L'architecture de l'arbre, ontogenèse, diagnostic, taille.
- L'arbre et l'eau. La physiologie approfondie de l'arbre.
- Le monde des mycorhizes
- Voyage au Centre de l'Arbre II. Du microtome au microscope. L'anatomie fonctionnelle du bois et de l'écorce.
- La méthode « Archi » de Christophe Drénou.

## Thématique II : Diagnostic mécanique et physiologique

Les cinq modules de la thématique II traitent du diagnostic mécanique et des dysfonctionnements physiologiques de l'arbre ainsi que les agents pathogènes.

## Thématique III : Gestion du risque et gestion durable

Les quatre ateliers proposés en thématique III traitent la gestion de l'arbre : risque, biodiversité et le projet d'aménagement. Le cursus s'achève méthodiquement par l'atelier DTO qui permet d'aborder le diagnostic et la gestion durable d'un patrimoine arboré entier en fonction de l'ensemble des éléments présentés lors des ateliers précédents.



*N'hésitez pas à nous contacter lors du montage de votre projet afin de déterminer avec vous le parcours de formation le plus adapté à vos besoins*

## SOMMAIRE

<b>IV. LE MONDE DES MYCORHIZES</b>	<b>4</b>
<b>Généralités</b>	<b>5</b>
Prérequis	5
Motifs de la formation	5
Objectifs généraux	5
Résultats et produits	5
Public visé	5
Accessibilité aux personnes handicapées	5
Méthodes	6
Évaluation de la satisfaction des participants	6
Évaluation des acquis	6
Durée	6
Intervenants	6
<b>Contenu en détail</b>	<b>7</b>
Module 1 : Introduction au concept	7
Module 2 : Introduction aux racines	8
Module 3 : Les ectomycorhizes	8
Module 4 : Les endomycorhizes	9
Module 5. Diagnostic et traitement : sylviculture et arboriculture	10
<b>Le monde des mycorhizes – Déroulement</b>	<b>11</b>

## IV. LE MONDE DES MYCORHIZES

Quatre jours avec Franck Richard (intervenant principal), William Moore et Darroch Moore.

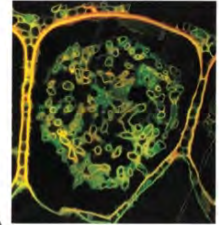
Prérequis :

- Formation Voyage au Centre de l'Arbre.
- Lecture du livre « La symbiose mycorhizienne » de Jean Garbaye.

Synthèses

La symbiose mycorhizienne  
Une association entre les plantes  
et les champignons

Jean Garbaye



Quæ

Les champignons, plus grands que les arbres. Dessin de Ted Green.



## GENERALITES

### Prérequis

1. Formation Voyage au Centre de l'Arbre fortement recommandée. Sinon, merci de lire attentivement le contenu du Voyage au Centre de l'Arbre et de vérifier que vous maîtrisez les thèmes abordés.
2. Lecture du livre « La symbiose mycorhizienne » de Jean Garbaye.

### Motifs de la formation

Jean Garbaye :

« La "racine sans mycorhize" n'existe pas, ou seulement dans des cas très particuliers .... Comme on dit en Français : "C'est l'exception qui confirme la règle". Et comme on dit en Anglais : "Trees have no roots ; they have mycorrhizae".

La santé des arbres est étroitement liée aux champignons mycorhiziens, par exemple :

- Absorption d'eau
- Absorption des sels minéraux
- Défense
- Protection
- Redistribution des métabolites entre arbres
- Communication entre arbres

Il s'agit des structures minuscules, formées par la colonisation d'une racine non ligneuse en cours de développement par un champignon mycorhizien. Ces structures sont fragiles et sont facilement endommagées par la compaction du sol, asphyxie, fongicides, pollution, élagages sévères, à titre d'exemple. Il s'agit d'une symbiose obligatoire, sans mycorhize il n'y aurait tout simplement pas d'arbre sur la planète.

Très souvent, lorsqu'un arbre est malade, ce n'est pas l'arbre qu'il faut traiter, mais les champignons mycorhiziens. Si on veut des arbres en bonne santé, il faut inévitablement en tenir compte.

Nous étudions les mycorhizes dans l'atelier « Voyage au Centre de l'Arbre », mais ce sujet est d'une telle importance qu'il mérite un atelier spécifique.

### Objectifs généraux

1. Savoir ce que c'est « la symbiose »
2. Connaître en profondeur la biologie des mycorhizes
3. Connaître la diversité des mycorhizes
4. Connaître le fonctionnement des ectomycorhizes
5. Connaître le fonctionnement des endomycorhizes
6. Savoir observer les mycorhizes
7. Savoir protéger les mycorhizes
8. Savoir améliorer la mycorhization des arbres

### Résultats et produits

A la suite de cet atelier le participant sera capable :

1. De diagnostiquer l'état des mycorhizes d'un arbre, qu'il s'agisse d'une plantation récente ou d'un vieil arbre, en milieu urbain ou en forêt.
2. De choisir parmi une panoplie d'outils les traitements les mieux adaptés pour stimuler et optimiser la mycorhization.
3. De répondre à la question « est-ce que l'introduction au sol des propagules des mycorhizes comme vendues dans le commerce, est efficace ? ».

### Public visé

Tous les métiers ayant trait à l'arbre : chefs de service espaces verts, ingénieurs, techniciens, arboristes, experts, architectes paysagistes, forestiers, passionnés de l'arbre ....

### Accessibilité aux personnes handicapées

Nous n'avons jamais eu de demande de formation d'une personne en handicap. Néanmoins, les travaux de rénovation en cours tiennent compte de l'accessibilité aux personnes handicapées dans nos bâtiments. Par contre les visites sur terrain ne sont pas adaptées à certains types de handicap car elles se situent en forêt. Si vous avez besoin de plus d'information merci de nous contacter.



## Méthodes

Exposés en salle. Observation micro et macroscopiques en salle. Études *in situ*.

## Évaluation de la satisfaction des participants

La satisfaction des stagiaires est analysée au moyen d'une fiche d'évaluation complétée à la fin du stage par chaque participant.

## Évaluation des acquis

L'évaluation des acquis sera réalisée par :

1. Des séances questions-réponses pendant la formation.
2. Correction des croquis et schémas par le participant pendant la formation.
3. Un QCM suite à la formation.

## Durée

4 jours

## Intervenants

Quatre jours avec Franck Richard (intervenant principal), William Moore et Darroch Moore.

Le Dr. Franck Richard, votre intervenant principal.

Franck est professeur en biologie et écologie à l'Université de Montpellier où il est chargé du parcours de Master 1 Écosystèmes.

Chercheur dans les systèmes mycorhiziens depuis 2004, l'année d'obtention de son doctorat à l'Université Paul Sabatier à Toulouse.

Franck a participé à 69 publications scientifiques sur le sujet et a écrit 5 chapitres dans les livres.

Pédagogue de renom, Frank nous amènera dans le monde fascinant des mycorhizes pendant quatre jours qui comprennent :

- Des exposés en salle,
- Collecte observation des échantillons en forêt et en ville
- Traitement des échantillons pour observation par loupe binoculaire et par microscope.

Par la suite Frank nous parlera des applications pratiques en milieu urbain en particulier le diagnostic et le traitement du sol.



## CONTENU EN DETAIL

### Module 1 : Introduction au concept

- L'origine du concept
- Les plantes et les champignons
- Les racines
- La symbiose
- Morphologie, diversité et distribution des mycorhizes dans le règne végétal

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
4 h	Exposés en salle. Observation avec loupe binoculaire x10 à x40) et au microscope (x100 à x1000). Étude <i>in situ</i> .	Franck Richard assisté par William Moore.et Darroch Moore.

C'est un phénomène mondial.

Ici ectomycorhize sur *Pinus longaeva*, à 3000m d'altitude dans les montagnes Blanches de Californie. Photo W. Moore.



Module 2 : Introduction aux racines

Objectifs

1. Connaître les deux différents types de racines de base

Contenu

- Racines ligneuses et racines non ligneuses (éphémères)
- Structures primaires et structures secondaires
- La formation du cambium et du phellogène
- La ramification
- L'infection par champignon mycorhizien

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
3 h	Exposés en salle. Observation avec loupe binoculaires. Étude <i>in situ</i> .	Franck Richard assisté par William Moore.et Darroch Moore.



Module 3 : Les ectomycorhizes

Objectifs

1. Connaître la biologie des ectomycorhizes
2. Connaître la diversité des ectomycorhizes
3. Savoir identifier les ectomycorhizes
4. Savoir préparer des échantillons pour observation à la loupe binoculaire et microscope.

Contenu

- Collecte des échantillons en forêt et en milieu urbain
- Préparation des échantillons pour observation microscopique
- Observation par microscope et présentation Powerpoint.



Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
7 h	Exposés en salle. Observation avec loupe binoculaire x10 à x40) et au microscope (x100 à x1000). Étude <i>in situ</i> .	Franck Richard assisté par William Moore.et Darroch Moore.

Ici ectomycorhize sur *Picea abies*, Suisse.  
Photo W.Moore.



#### Module 4 : Les endomycorhizes

##### Objectifs

1. Connaître la biologie des endomycorhizes
2. Connaître la diversité des endomycorhizes
3. Savoir identifier les endomycorhizes

##### Contenu

- Collecte des échantillons en forêt et en milieu urbain
- Préparation des échantillons pour observation microscopique
- Observation par microscope des échantillons préparés à l'avance à l'Atelier de l'Arbre

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
7 h	Exposés en salle. Observation avec loupe binoculaire x10 à x40) et au microscope (x100 à x1000). Étude <i>in situ</i> .	Franck Richard assisté par William Moore.et Darroch Moore.

Hyphes de champignon endomycorhizien chez le pommier. X1000. Photo William Moore.



## Objectifs

1. Savoir apprécier l'état des mycorhizes chez un arbre
2. Connaître les limites d'un diagnostic
3. Savoir quand il est nécessaire de faire intervenir un spécialiste
4. Connaître les techniques pour protéger le réseau mycorhizien
5. Connaître les techniques disponibles pour améliorer la mycorhization

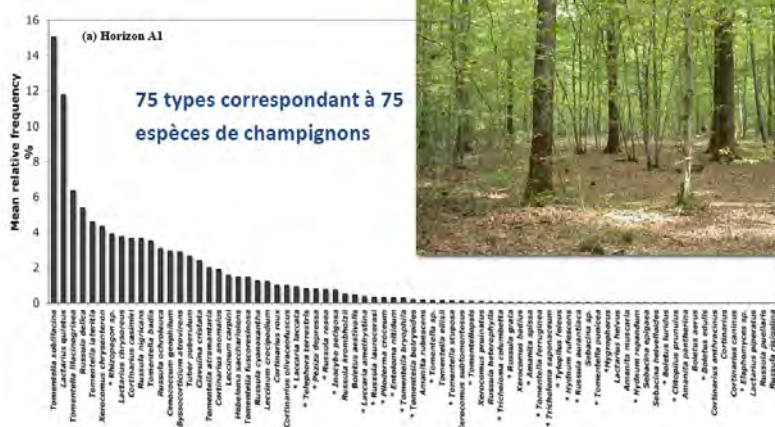
- Évaluation du potentiel d'inoculum mycorhizien du sol
- Fonctions enzymatiques, outils basés sur l'analyse de l'ADN (quantification et composition des communautés).
- Y a-t-il, ou risque-t-il d'y avoir déficit ?
- Est-il nécessaire d'en tenir compte et d'agir ?
- Comment agir ?
- Quelles sont les précautions culturelles à prendre ?
- Est-il envisageable d'inoculer ? Avec quoi ?
- Qui peut le faire ?
- Comment ne pas se faire bernier par des marchands sans scrupules ?

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
6 h	Exposés en salle. Étude <i>in situ</i> .	Franck Richard assisté par William Moore.et Darroch Moore.

75 espèces d'ectomycorhize identifiées dans une chênaie en Lorraine.



(Courty *et al.*, 2008)



## LE MONDE DES MYCORHIZES – DEROULEMENT

Jour I	Jour II	Jour III	Jour IV
Matin : 08.30 – 12.30	Matin : 08.30 – 12.30	Matin : 08.30 - 12.30	Matin : 08.30 - 12.30
Laboratoire	Laboratoire	Laboratoire	Laboratoire
<p>Histoire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La découverte des mycorhizes au fil du temps</li> </ul> <p>Les racines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Structures primaires et secondaires</li> <li>Développement du cambium et du phéllogène</li> </ul> <p>Les racines ligneuses</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le squelette porteur</li> <li>Anatomie fonctionnelle</li> </ul> <p>Les racines fines</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L'appareil absorbant</li> <li>La symbiose</li> <li>La diversité</li> </ul> <p>Introduction aux mycorhizes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Absorption de l'eau et des sels minéraux</li> <li>Rôle de protection et de défense</li> <li>L'allélopathie</li> <li>Rôle de communication entre les arbres</li> <li>La symbiose</li> </ul>	<p>Les ectomycorhizes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Morphologie</li> <li>Diversité</li> <li>Identification</li> <li>Fonctionnement</li> <li>Rôle dans les écosystèmes naturels</li> <li>Distribution dans les écosystèmes anthropisés</li> <li>Interactions avec les autres organismes du sol</li> <li>Réseaux ectomycorhiziens</li> </ul>	<p>Les endomycorhizes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Morphologie</li> <li>Diversité</li> <li>Identification</li> <li>Fonctionnement</li> <li>Interactions avec les autres organismes du sol</li> </ul>	<p>Applications pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Méthodes d'analyse des symbioses et de leur rôle : fonctions enzymatiques, outils basés sur l'analyse de l'ADN (quantification et composition des communautés)</li> </ul> <p>Utilisation des réseaux mycorhiziens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quelles perspectives dans l'espace urbain ?</li> </ul> <p>Évaluation des potentialités de sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quels outils disponibles ?</li> <li>À quel prix ?</li> <li>Pour qui ?</li> </ul> <p>Observation des endomycorhizes préparés Jrs II et III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Microscope x 100 à x 1000</li> <li>Photographie des ectomycorhizes</li> </ul>
Après-midi : 14.00-17.30	Après-midi : 14.00-17.30	Après-midi : 14.00-17.30	Après-midi : 14.00-16.00
Sortie	Laboratoire	Laboratoire	Laboratoire
<p>Sortie en forêt</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observation et collecte des racines et ectomycorhizes en forêt</li> <li>Observation et collecte du sol agricole</li> <li>Trempage des échantillons</li> </ul>	<p>Sortie : arbres d'ornement</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observation et collecte des racines arbres endomycorhiziens</li> <li>Observation et collecte des nodosités et des actinorhizes</li> </ul> <p>Laboratoire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rincage des échantillons des ectomycorhizes</li> <li>Première phase du traitement des échantillons des endomycorhizes (cuisson à la potasse, rinçage, acidification).</li> </ul>	<p>Laboratoire</p> <p>Ectomycorhizes. Traitement des échantillons pour observation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nettoyage</li> <li>Découpage</li> <li>Coloration</li> <li>Montage pour microscope</li> </ul> <p>Observation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Loupe compte fil x 10</li> <li>Loupe binoculaire x 10 à 40</li> <li>Microscope x 100 à x 1000</li> <li>Photographie des mycorhizes via loupe trinoculaire et microscope trinoculaire</li> </ul> <p>Endomycorhizes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suite aux rinçages et traitements pour observations Jr IV</li> </ul>	<p>Applications pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Problématique des terres fertiles en ville.</li> <li>Progrès de la stimulation de la mycorhization en milieu dans les parcs et jardins.</li> <li>Stimulation du réseau mycorhizien</li> <li>Inoculation : le pour et le contre</li> <li>Mulch en surface</li> <li>Mulching vertical</li> </ul> <p>Aspects divers</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les mycorhizes et la phytoremédiation des sols</li> <li>Les mycorhizes et la production de champignons comestibles</li> </ul>