

# Contenu de formation

## III

### L'arbre et l'eau

#### La physiologie approfondie de l'arbre (Depuis 1998)



Guide des Ateliers  
Responsable pédagogique : William Moore  
©William Moore. Mise à jour novembre 2022

## Votre parcours de formation

12 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 quatre 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
- Du microtome au microscope. L'anatomie fonctionnelle du bois et de l'écorce.

### Thématique II : Diagnostic mécanique et physiologique

Les 3 modules de la thématique II traitent du diagnostic mécanique et des dysfonctionnements physiologiques de l'arbre.

### Thématique III : Gestion du risque et gestion durable

Les 4 ateliers proposés en thématique III traitent de la gestion de risque comme de la gestion de la biodiversité. Le cursus s'achève méthodiquement par l'atelier DTO qui permet d'aborder le diagnostic et la gestion durable d'un patrimoine arboré en fonction de l'ensemble des éléments présentés lors des 11 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>III. L'ARBRE ET L'EAU. LA PHYSIOLOGIE APPROFONDIE DE L'ARBRE.</b>	<b>4</b>
<b>Généralités</b>	<b>5</b>
Prérequis	5
Motifs de la formation	5
Objectifs généraux	5
Résultats	5
Public Visé	5
Accessibilité aux personnes handicapées	5
Méthodes	6
Évaluation de la satisfaction des participants	6
Durée	6
Intervenants	6
<b>Contenu en détail</b>	<b>6</b>
Module 1 : L'eau de la molécule à la cellule végétale	6
Module 2 : L'eau, de la cellule à l'arbre	7
Module 3 : Le transport de la sève élaborée et le flux des réserves d'énergie	8
Module 4 : L'arbre hivernal	8
Module 5 : Les effets de la taille sur le système vasculaire de l'arbre	9
Module 6 : Appréciation des besoins hydriques des arbres	10
Module 7 : Changement climatique	10
<b>III. L'arbre l'eau. la physiologie approfondie de l'arbre – Déroulement</b>	<b>11</b>

### III. L'ARBRE ET L'EAU. LA PHYSIOLOGIE APPROFONDIE DE L'ARBRE.

*Les chercheurs ouvrent leurs laboratoires avec le PIAF, à l'INRA de Clermont Ferrand.*

L'eau est transportée à de grandes hauteurs chez les arbres, à des pressions de -30 bars, voire plus. Comment l'eau reste-t-elle stable dans de telles conditions ?

L'homme n'est pas encore capable de construire des pompes à aspiration aussi efficace que celle de l'arbre, nous arrivons à aspirer l'eau à une hauteur de 10 mètres à peine.



Atelier de l'Arbre. « L'arbre et l'eau : la physiologie approfondie de l'arbre. »,

Clermont Ferrand. Du 02/06/2015 au 05/06/2015

haut : Marceau Bourdarias, Tété Barigah, François Merle, Thierry Améglio, André Lacointe, Hervé Cochard, William Moore, Jezabel Saumur, François Dauchez, Céline Levrard, Jean-Christophe Dhainaut, Frédéric Hogue, Renzo Jimenez-Herrada.

bas : Marien Chomette, François Steiner, Ghylaine Collard, Philippe Trouillet, Pierre Bazin, Vincent Chan Ti Kiong

## GENERALITES

### Prérequis

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.

### Motifs de la formation

Un arbre est composé d'au moins 60 % d'eau. La compréhension de l'arbre en tant que système hydraulique est indispensable pour le diagnostic, les soins et la gestion de l'arbre tout au long de sa vie, qu'il s'agisse de la réussite de nouvelles plantations ou de la réussite du traitement d'un chêne centenaire.

Vous avez peut-être déjà vu dans l'atelier VTA comment l'état hydrique d'un arbre est important dans le comportement biomécanique de l'arbre et qu'il joue un rôle dans la chute estivale de branche. Dans cet atelier vous allez voir que l'état hydrique est à l'origine de bien d'autres problèmes par exemple l'apparition de nécroses en bande chez des plantations récentes et parfois anciennes. Ce phénomène est de plus en plus courant et présente un intérêt majeur aujourd'hui.

Chaque fois qu'une branche est élaguée le système vasculaire est perturbé. Si l'élagage est effectué au cours d'une mauvaise période phénologique, de graves dégâts peuvent être provoqués, ceci est lié au régime hydrique de l'arbre. Pour certaines interventions, même l'heure du jour, peut être importante.

Dans cet atelier vous trouverez également la réponse à l'énigme de la montée de la sève brute : comment se fait-il que la sève monte à des hauteurs vertigineuses alors que la pression dans les vaisseaux est négative. Avec la chambre à pression vous allez mesurer des pressions négatives jusqu'à -30 bars ! Comment se fait-il que l'eau reste stable à de telles pressions ? On peut se demander aussi, comment les cellules vivantes du bois n'explosent pas ?

Afin de mieux comprendre ce sujet à la fois fondamental et passionnant, l'équipe du PIAF, à l'INRA de Clermont-Ferrand, ouvrent leurs laboratoires. A l'aide de nombreuses expériences, inventions, mécanismes et bricolages ingénieux spécialement élaborés pour ces trois jours, ils expliqueront le monde complexe de l'arbre, l'eau et la physiologie.

### Objectifs généraux

1. Comprendre l'arbre en tant que système hydraulique.
2. Comprendre le rôle de l'eau dans la physiologie de l'arbre.
3. Savoir diagnostiquer l'état hydrique d'un arbre et d'apprécier les besoins en eau d'un arbre.
4. Connaître l'influence de la taille sur le système vasculaire de l'arbre.
5. Connaître les effets du changement climatique sur la physiologie de l'arbre.
6. Comprendre le rôle de l'eau dans la formation de « brûlures » et des « nécroses orientées ».
7. Savoir choisir les essences adaptées en fonction du changement climatique et en fonction des conditions hydriques du site.

### Résultats

A la suite de cet atelier le participant sera capable :

1. De comprendre de façon approfondie le rôle de l'eau dans la physiologie de l'arbre.
2. De diagnostiquer l'état hydrique d'un arbre.
3. De mieux gérer les ressources d'eau.
4. De choisir les essences adaptées au site lors de la conception de nouvelles plantations.
5. De lutter contre la formation de nécrose orientée.

### Public Visé

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

### 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 et travaux en laboratoire.

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

1. Des séances questions-réponses réalisées pendant la formation.
2. Un QCM réalisé suite à la formation.

Durée

4 jours

Intervenants

Intervenants : Thierry Ameglio, Têtè Barigah, Hervé Cochard, Jean-Louis Julien, André Lacointe.

Animation : William Moore.

### CONTENU EN DETAIL


Module 1 : L'eau de la molécule à la cellule végétale

#### Objectifs

1. Comprendre les caractéristiques de l'eau.
2. Comprendre le rôle de l'eau dans la cellule végétale.

#### Contenu

- Structure et propriétés de l'eau.
- Les phases liquide, gazeuse et solide de l'eau.
- Notions de pression, tension, capillarité.
- Le potentiel hydrique.
- L'eau et la cellule, pression osmotique, turgescence, plasmolyse.
- La plante artificielle.
- Les fonctions de l'eau chez les végétaux.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
6 h	Exposé en salle. Expériences en laboratoire	Jean-Louis Julien, Têtè Barigah
<p>Pierre Cruiziat (décédé) montre au groupe comment mesurer le potentiel hydrique d'une branche à l'aide d'une chambre à pression. Des chambres à pression portatives existent aussi. Elles permettent de connaître les besoins en eau d'un arbre. Ce système est plus efficace que les tensiomètres couramment utilisés car ils mesurent le potentiel hydrique de l'arbre et non pas du sol. Si la pression devient trop négative, il y a risque de dysfonctionnement du système vasculaire voire de rupture du symplasme et de mortalité des tissus.</p>		

Module 2 : L'eau, de la cellule à l'arbre

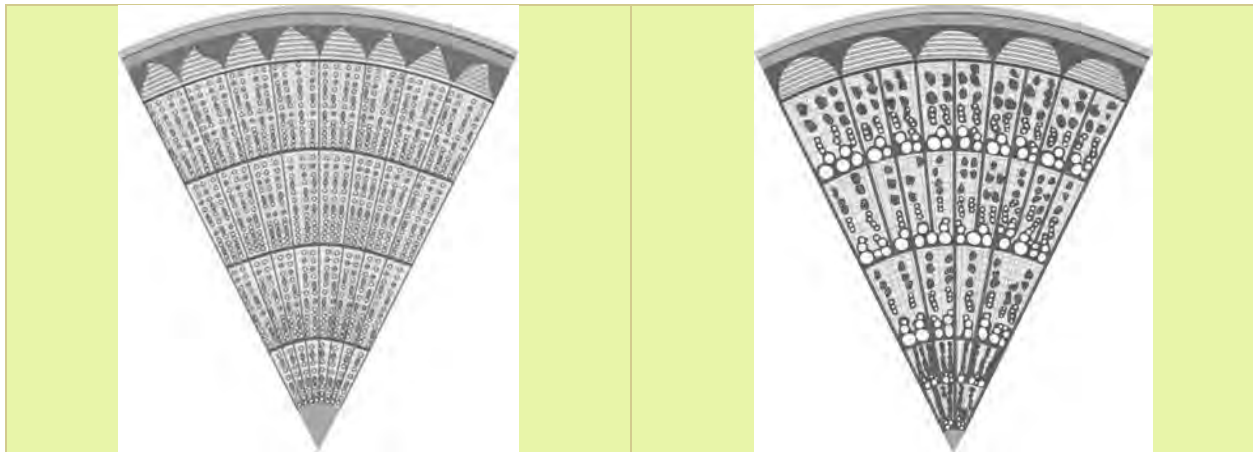
Objectif

1. Comprendre l'arbre en tant que système hydraulique.

Contenu

- L'arbre en tant que système hydraulique.
- Anatomie des tissus impliqués dans la circulation de l'eau, du sol à l'atmosphère.
- Mécanismes de transport de la sève brute.
- Le continuum sol - plante – atmosphère.
- Évapotranspiration.
- Embolie et cavitation.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
6 h	Exposés en salle. Expériences en laboratoire	Hervé Cochard



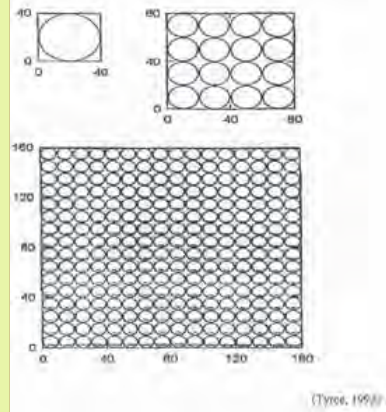
Les arbres à pores diffus (gauche), présentent de nombreux vaisseaux de petit diamètre. Les arbres à zones poreuses (droite), présentent de gros vaisseaux dans le bois initial et des petits vaisseaux dans le bois final (illustrations W. Moore©).

Les gros vaisseaux du bois initial chez les arbres à zones poreuses peuvent présenter un diamètre 10 fois plus grand que les vaisseaux du bois final ou les vaisseaux des arbres à pores diffus.

Chaque fois que le diamètre d'un vaisseau double, la quantité d'eau transportée (à pression égale), est multipliée par un facteur de 16. Ceci signifie qu'un arbre a besoin de 160 vaisseaux pour faire le même travail qu'un vaisseau de diamètre 4 fois plus grand (diagramme ci-contre). Ou qu'il faut 1016 vaisseaux du bois final chez le chêne pour faire le même travail qu'un vaisseau du bois initial !

Alors quel est l'intérêt des petits vaisseaux chez l'arbre, si les grands sont aussi efficaces ?

La réponse à cette question vous aidera à choisir les essences les mieux adaptées aux différents sites que vous rencontrez.



### Module 3 : Le transport de la sève élaborée et le flux des réserves d'énergie

#### Objectifs

1. Connaître les mécanismes de transport de la sève phloémienne.
2. Connaître la phénologie de mise en réserve.

#### Contenu

- Anatomie des tissus impliqués dans la circulation de la sève phloémienne.
- Mécanismes de transport de la sève élaborée.
- La mise en réserve et la mobilisation des réserves le long de l'année (sucres solubles, amidon).

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
4 h	Exposés en salle. Expériences en laboratoire	André Lacointe

Jean-Louis Julien et Têté Barigah, dispositif pour illustrer la pression osmotique.



### Module 4 : L'arbre hivernal

#### Objectifs

1. Comprendre le rôle de l'eau et des réserves dans le passage à la période hivernale.
2. Comprendre la formation des nécroses en bande (« brûlures » du soleil).
3. Comprendre pourquoi la taille est néfaste pour certaines essences pendant les périodes froides.

#### Contenu

- Mise en « dormance » de l'arbre.
- La physiologie hivernale : pressions positives, mécanismes et fonction.
- La formation des nécroses en bandes et les possibilités de traitements préventifs.
- La rupture du symplasme.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
4 h	Exposés en salle. Expériences en laboratoire	Thierry Ameglio

Module 5 : Les effets de la taille sur le système vasculaire de l'arbre

Objectif

1. Comprendre les effets de l'élagage sur le système vasculaire et les autres composants du bois

Contenu

- Réaction des tissus de l'arbre suite à la taille.
- Influence de l'état hydrique de l'arbre sur les incidences de la taille.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
2 h	Exposés en salle. Expériences en laboratoire	Hervé Cochard

Utilisation de colorant pour visualiser le trajet de la sève xylémienne.



## Module 6 : Appréciation des besoins hydriques des arbres

### Objectif

1. Connaître les outils disponibles pour l'appréciation de l'état hydrique de l'arbre.

### Contenu

- Utilisation de la chambre à pression portable, des tensiomètres et des appareils pour mesurer les fluctuations du diamètre des branches.
- L'irrigation. Excès et manque d'eau (symptômes, mesures...).
- L'influence des gazons sur la vigueur de l'arbre.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
3 h	Exposés en salle. Expériences en laboratoire	Tête Barigah

## Module 7 : Changement climatique

### Objectifs

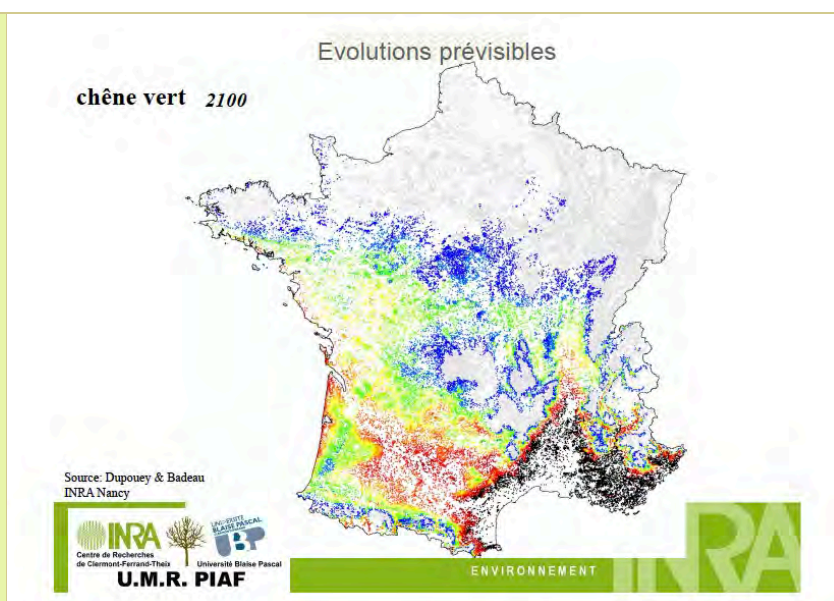
1. Définir le changement climatique.
2. Définir les enjeux.
3. Savoir choisir des espèces à planter en fonction du changement climatique.

### Contenu

- Hypothèses sur les causes du changement climatique.
- Caractéristiques du changement climatique.
- Les effets du changement climatique sur la physiologie des arbres en pays tempéré.
- Les effets du changement climatique sur la répartition des espèces.
- Y a-t-il des essences vouées à la disparition ?
- Implication sur le choix des espèces.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenant
3 h	Exposé en salle	Thierry Ameglio - Hervé Cochard

Effets du réchauffement climatique sur le chêne vert.



### III. L'ARBRE L'EAU. LA PHYSIOLOGIE APPROFONDIE DE L'ARBRE – 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
Salle	Laboratoire	Salle	Salle
<p>L'eau et la cellule</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure et propriétés de l'eau</li> <li>• Les phases liquide, gazeuse et solide de l'eau</li> <li>• Notions de pression, tension, capillarité</li> <li>• Le potentiel hydrique</li> <li>• L'eau et la cellule, pression osmotique, turgescence, plasmolyse</li> <li>• La plante artificielle</li> </ul>	<p>Travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure du potentiel hydrique avec la chambre de pression.</li> </ul> <p>Salle</p> <p>Les voies et les mécanismes de la circulation de l'eau dans</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le trajet de l'eau du sol à l'atmosphère</li> <li>• Mécanismes de circulation</li> <li>• Cavitation et embolie</li> <li>• Les différents types de système vasculaire</li> </ul> <p>L'élégage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que se passe-t-il dans la vascularisation quand on coupe une branche ?</li> </ul>	<p>Stress hydrique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicateurs biologiques de l'état hydrique.</li> </ul> <p>L'arbre en hiver</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le fonctionnement hydrique de l'arbre en hiver</li> <li>• La résistance au gel</li> <li>• Les chancres orientés</li> </ul>	<p>La sève élaborée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Assimilation</li> <li>• Anatomie fonctionnelle du liber</li> <li>• Transport de la sève élaboré</li> <li>• Mise en réserve de l'énergie</li> <li>• Fluctuation des réserves tout au long de l'année</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
Laboratoire	Laboratoire	Laboratoire	Salle
<p>Travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure du potentiel hydrique avec la chambre de pression : exposé sur le principe de la mesure puis mesures sur le terrain.</li> </ul> <p>Le sol</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le sol comme réservoir d'eau</li> </ul>	<p>Travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travaux pratiques sur le cours du matin</li> </ul> <p>Salle</p> <p>Sécheresse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conséquences physiologique d'une sécheresse</li> </ul>	<p>Travaux pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraction de la sève brute : rameau froid/chaud</li> <li>• Osmolarité</li> </ul> <p>Salle</p> <p>Compétition pour l'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compétition pour l'eau entre les arbres et la végétation qui les entoure</li> <li>• Conséquences en terme de gestion.</li> </ul>	<p>Le changement climatique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Y a-t-il un changement climatique ?</li> <li>• Les effets du changement climatique sur les arbres</li> <li>• Implications sur le choix des essences</li> </ul> <p>Synthèse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Table ronde</li> </ul>