

# Contenu de formation

## XVI

Diagnostic sécuritaire de l'arbre et la biomécanique.

Méthode

« Auto-référencement allométrique »



Guide de ateliers  
Responsable pédagogique :  
William Moore

©William Moore, Mai 2025.

# Votre parcours de formation

17 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 six 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.
- La dendrochronologie

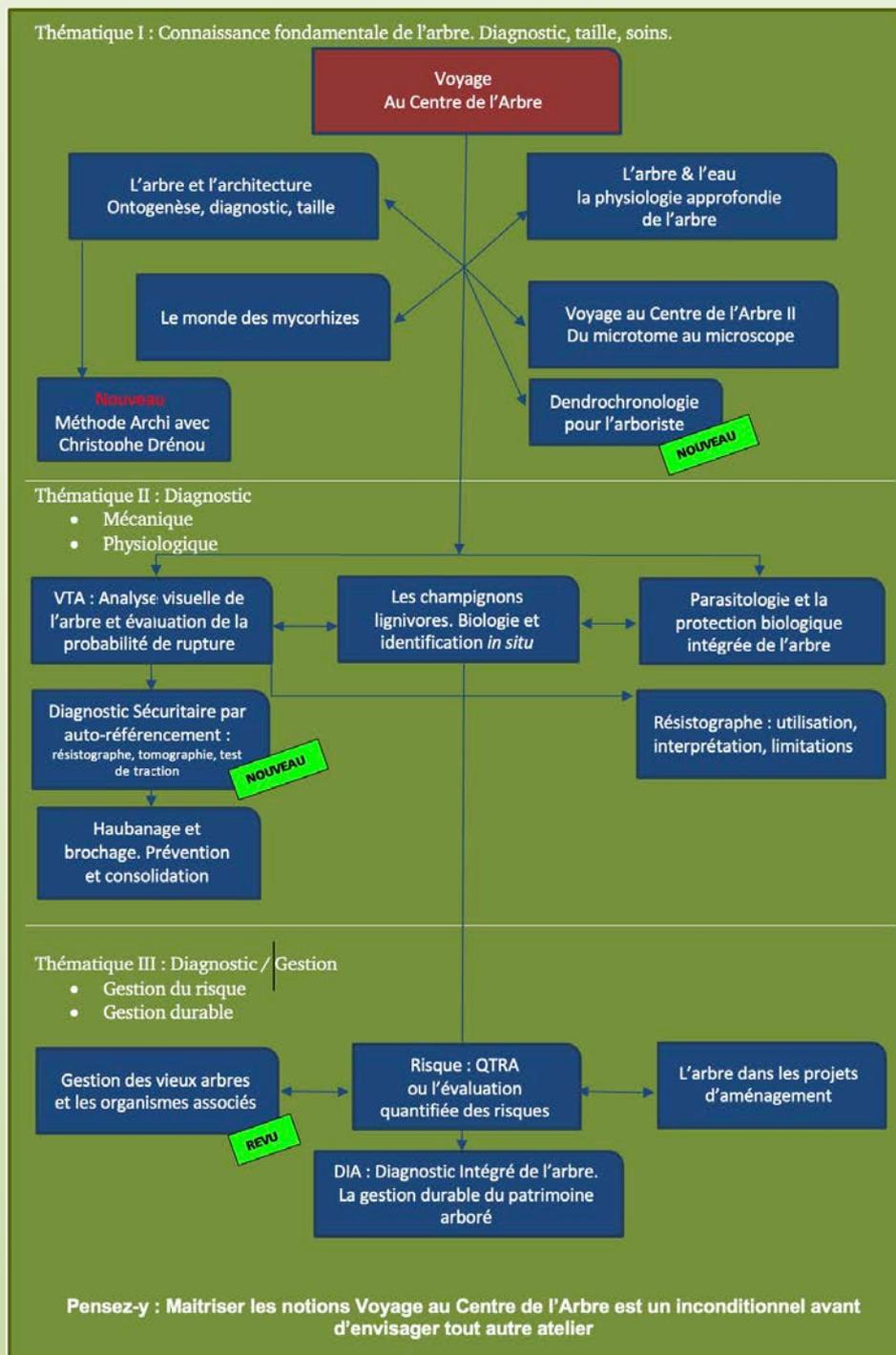
## Thématique II : Diagnostic mécanique et physiologique

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 DIA 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>XVI LA BIOMECHANIQUE ET DIAGNOSTIC SECURITAIRE DE L'ARBRE ET LA METHODE D'AUTO-REFERENCEMENT ALLOMETRIQUE</b>	<b>4</b>
<b>Généralités</b>	<b>4</b>
Prérequis	4
Motifs de la formation	4
Intervenants	6
Durée	6
Participants	6
Objectifs généraux	6
Résultats et produits attendus	6
Public visé	6
Accessibilité aux personnes handicapées	6
Méthodes	6
Évaluation de la satisfaction des participants	6
Évaluation des acquis	6
<b>Contenu en détail</b>	<b>7</b>
Module 1 : Anatomie du bois, la biomécanique et la charge du vent	7
Module 2 : Seuils de sécurité VTA et SIA	7
Module 3 : L'auto-référencement allométrique des arbres	8
Module 4 : Les outils de perçage et de sondage acoustique au sein de l'auto-référencement allométrique	9
Module 4 : L'auto-référencement allométrique de l'arbre par traction.	10
Module 5 : Diagnostic acoustique du système racinaire	10
Module 6 : Analyse, documentation et rédaction	11
<b>Déroulement</b>	<b>12</b>

## XVI LA BIOMECHANIQUE ET DIAGNOSTIC SECURITAIRE DE L'ARBRE ET LA METHODE D'AUTO-REFERENCEMENT ALLOMETRIQUE

### GENERALITES

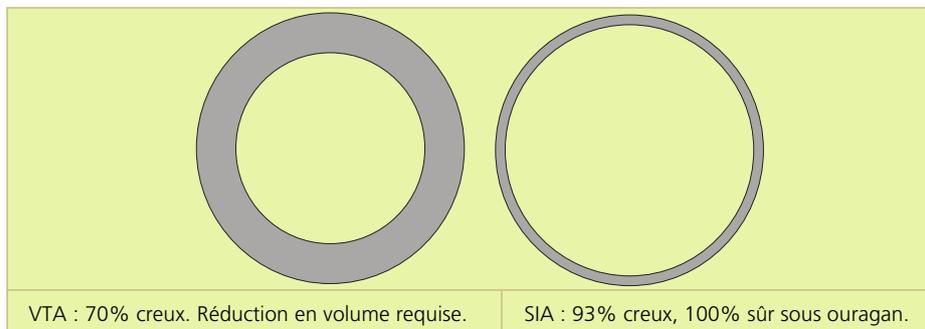
#### Prérequis

Ateliers « Voyage au Centre de l'Arbre » et « VTA » fortement conseillés.

#### Motifs de la formation

Bien que la partie analyse visuelle de l'arbre dans la méthode VTA du professeur Claus Mattheck constitue la base incontournable du diagnostic mécanique de l'arbre, le seuil de sécurité de  $t/R > 0,32$  proposé en VTA est largement critiqué et considéré comme étant trop sévère pour les vieux arbres. Dans la nature nous observons beaucoup d'arbres en forme libre, debout, avec les valeurs largement inférieures à  $t/R 0,32$ .

A l'opposé, dans la méthode SIA, les parois résiduelles requises sont tellement faibles que nous ne pouvons pas les croire : un platane de 38m en hauteur avec un diamètre de 121cm serait 100% sûr sous ouragan avec une paroi résiduelle de seulement 28mm. De tels arbres n'existent pas dans la nature car ils sont déjà effondrés. Il y a donc des erreurs dans les calculs.



En ce qui concerne le rapport H/D pour les arbres isolés, en VTA Mattheck suggère un seuil entre 40 et 50. Mattheck démontre que pour la majorité des arbres isolés le rapport H/D se situe entre 10 et 40.

Dans la méthode SIA, l'utilisateur est souvent amené à réduire en hauteur les arbres en parfaite santé, avec aucun défaut mécanique comme illustré ci-dessous.



Hêtre pourpre. 329 x 32. H/D 33. SIA : réduction en hauteur de 2,5m requise pour assurer la sécurité. VTA : facteur de sécurité intact. Aucune intervention requise.

Tulipier de Virginie. 338 x 37. SIA : réduction en hauteur de 5,7m requise pour assurer la sécurité. VTA : facteur de sécurité intact. Aucune intervention requise.

Frank Rinn, docteur en physique, gérant de la compagnie RINNTECK, a mis au point une méthode de diagnostic basée sur l'auto-référencement allométrique de l'arbre qui trace un chemin pour trouver un terrain d'entente entre les seuils de sécurité proposés en VTA et en SIA. Frank est l'inventeur du pénétromètre le « RESISTOGRAPH », concepteur de l'« ARBOTOM » pour l'autoréférencement par tomographie, concepteur du DYNATIM pour autoréférencement par traction, concepteur de l'ARBORADIX pour la localisation des racines de soutien.

#### Le concept de l'auto-référencement allométrique

A l'heure actuelle, il n'est pas possible de connaître la charge du vent agissant sur un arbre ni la résistance mécanique d'un arbre face au vent, d'où la confusion et les erreurs dans le diagnostic mécanique. Mais il y a une astuce :

Depuis des centaines de millions d'années, les arbres s'adaptent continuellement à la charge subite.

#### **Seul l'arbre « connaît » tout sur son comportement biomécanique.**

Nous utilisons *chaque arbre* en question comme référence de nos diagnostics, d'où le concept d'auto-référencement allométrique.

Heureusement les paramètres allométriques (diamètre, hauteurs, longueurs ...) sont plus importants que les propriétés de la matière (bois).

Nous utilisons des propriétés, des parties sans défaut, du même arbre, pour évaluer la perte en portance des sections dégradées. Auto-référencement !

S'il n'y a pas de section non dégradée pour comparaison, nous étudions l'évolution de la hauteur et du diamètre dans le temps.

#### La base de l'auto-référencement allométrique

La plupart des arbres maintiennent le rapport H/D presque constant après la phase juvénile, pendant la phase d'expansion.

Lorsque la hauteur maximale est atteinte et la charge du vent est maximale. Cependant la circonférence continue à croître (tant que l'arbre est vivant) et la stabilité augmente et augmente de façon exponentielle. Les petites augmentations en diamètre augmentent considérablement la stabilité.

La charge du vent est proportionnelle à la hauteur de l'arbre, H, à la puissance trois,  $H^3$ .

La capacité d'une section d'un tronc à porter une charge dépend de son diamètre et est égale au diamètre à la puissance trois,  $D^3$ .

Par conséquent,  $D^3/H^3$  peut être utilisé comme une mesure de la capacité de charge des arbres.

Lorsque le rapport H/D reste constant la résistance à la charge reste constante.

Les propriétés géométriques, H et D, sont plus importantes que les propriétés du matériau.

Les changements en  $D^3/H^3$  caractérisent la sécurité de l'arbre sur le plan temporaire.

La perte de la capacité en portance peut être évaluée par des outils simples ou par des outils sophistiqués.

#### Intervenants

William Moore et Darroch Moore.

#### Durée

Quatre jours.

#### Participants

Le nombre de participants maximum est fixé à 12.

#### Objectifs généraux

1. Mieux comprendre le comportement biomécanique de l'arbre.
2. Comprendre pourquoi les seuils de sécurité proposés en SIA et en VTA ne sont pas fiables.
3. Connaître la méthode « auto-référencement allométrique de l'arbre ».
4. Savoir utiliser la méthode « auto-référencement de l'arbre ».

#### Résultats et produits attendus

A la suite de cet atelier le participant sera capable :

1. De mieux comprendre le comportement biomécanique de l'arbre.
2. De mieux apprécier un défaut mécanique.
3. D'appliquer la méthode « auto-référencement allométrique de l'arbre ».
4. De connaître les intérêts et limites des méthodes utilisées.

#### Public visé

Tous les métiers ayant trait à l'arbre : Service des Espaces Verts (ingénieurs, techniciens), arboristes, experts, architectes paysagistes...

#### 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 50%. Études *in situ* 50%.

#### 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 des séances questions-réponses pendant la formation.

## CONTENU EN DETAIL

Module 1 : Anatomie du bois, la biomécanique et la charge du vent

### Objectif

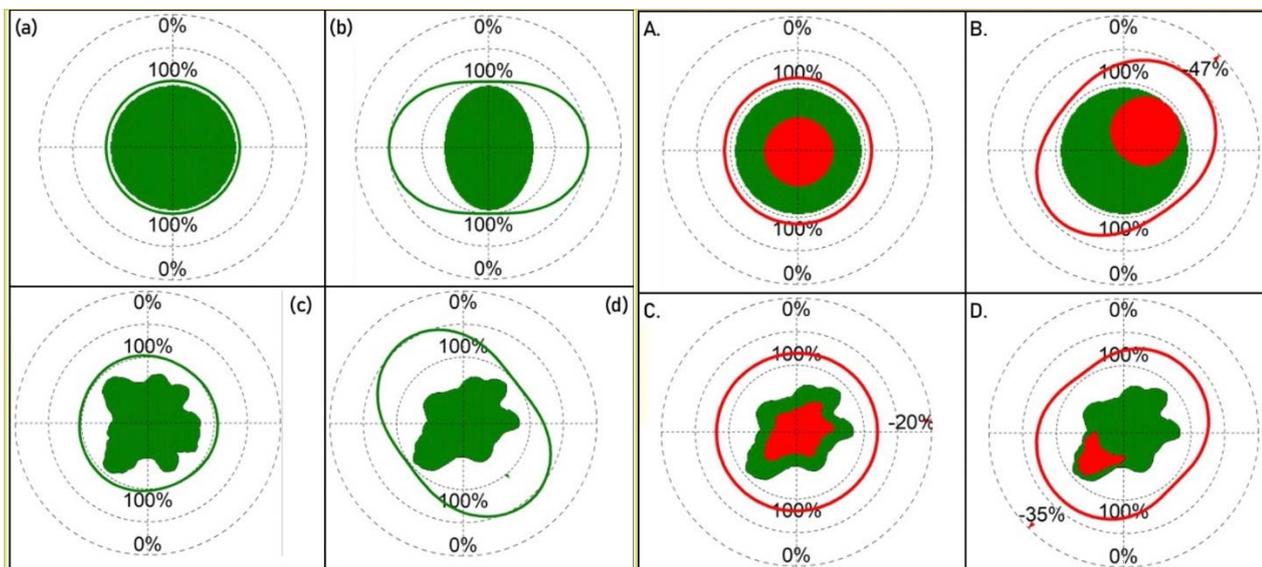
Améliorer la compréhension du comportement biomécanique de l'arbre.

### Contenu

Exposés en salle :

- Anatomie du bois d'un point de vue biomécanique.
- La force du vent.
- La résistance à la charge.
- Le duramen.
- La pression négative.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
2 h	Exposés en salle	William Moore. Darroch Moore.
	Travaux pratiques in situ	William Moore. Darroch Moore.



La géométrie de la section est plus importante que la qualité du bois.

Module 2 : Seuils de sécurité VTA et SIA

### Objectifs

Comprendre pourquoi les seuils de sécurité VTA et SIA ne sont pas applicables.

### Contenu

- Critique des seuils de sécurité proposés par VTA.
- Critique des seuils de sécurité proposés par SIA.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
2 h	Exposés en salle, observations <i>in situ</i> .	William Moore. Darroch Moore.

Module 3 : L'auto-référencement allométrique des arbres

Objectifs

Connaître le principe de l'auto-référencement allométrique des arbres.

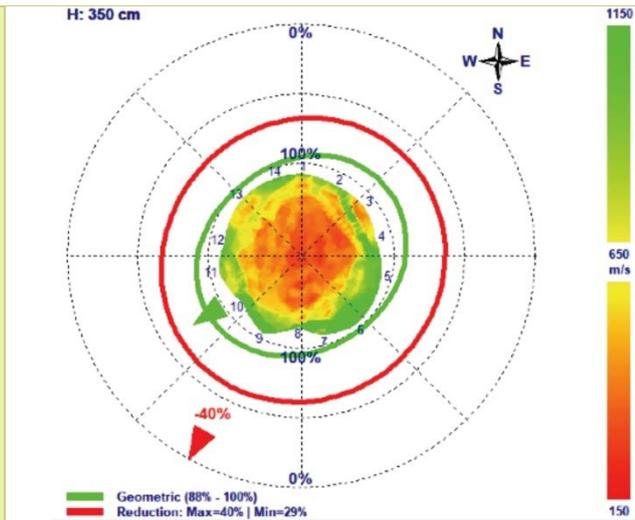
Contenu

Les principes de base de l'auto-référencement allométrique des arbres.

La méthode d'auto-référencement de l'arbre étape par étape.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
6 h	Exposés en salle, observations <i>in situ</i> .	William Moore. Darroch Moore.

Résultat d'une étude par l'auto-référencement allométrique. Il s'agit du tilleul figurant dans les prochaines photos.  
Sébastien Painchaud.



Module 4 : Les outils de perçage et de sondage acoustique au sein de l'auto-référencement allométrique

Objectifs

Savoir réaliser une cartographie d'une section de tronc potentiellement défectueuse.

Contenu

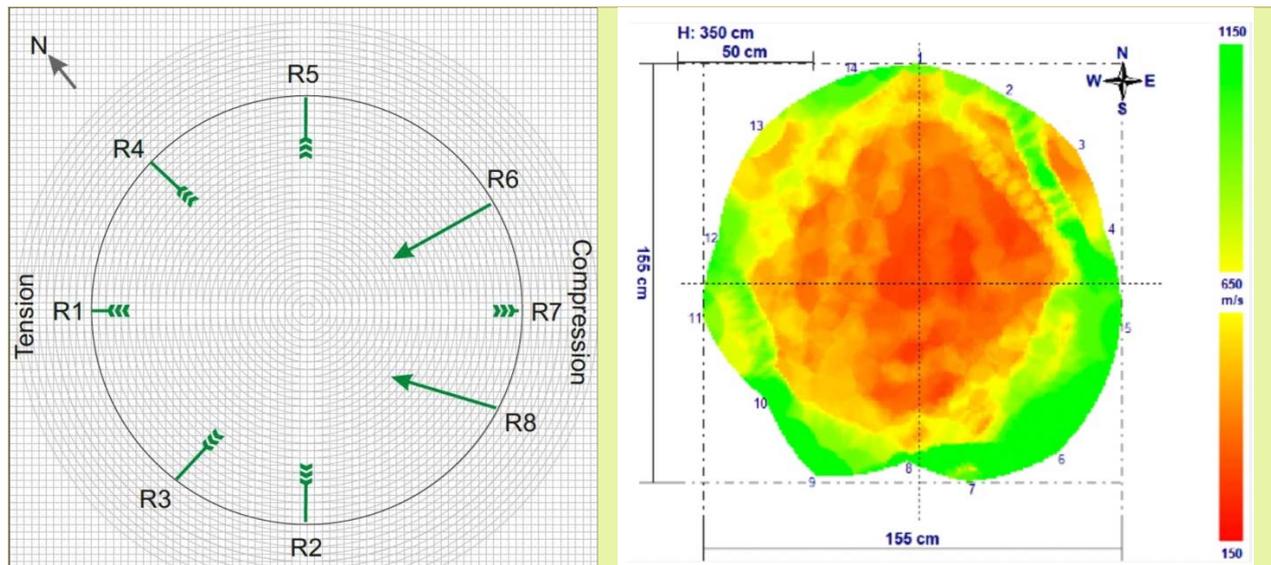
L'utilisation des outils simples pour la cartographie des sections (percussion, tige métallique ...).

L'utilisation du Résistographe pour la cartographie des sections.

Utilisation de l'Arbotom pour l'appréciation des sections défectueuses.

Critique et limitations de la méthode.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
6 h	Exposés en salle, observations <i>in situ</i> .	William Moore. Darroch Moore.



Comparaison des résultats Résistographe (William Moore) et Arbotom (Sébastien Painchaud) pour un tilleul ancien avec une cavité à 3,5m du sol.



Module 4 : L'auto-référencement allométrique de l'arbre par traction.

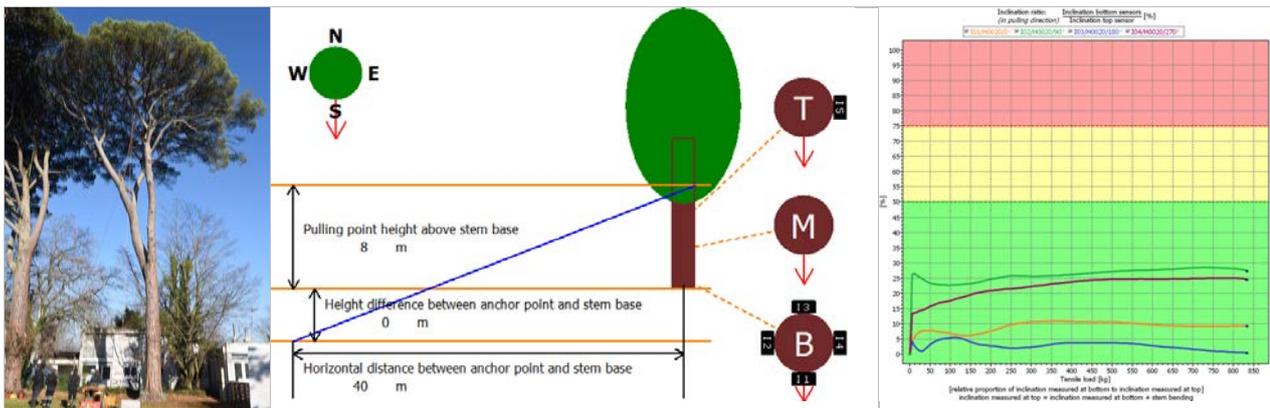
Objectifs

Savoir appliquer l'auto-référencement par test de traction.  
Connaître les limites des tests de traction.

Contenu

Mise en œuvre des tests de traction DYNATIM de Rinntek.  
Interprétation des résultats.  
Critique et limitations de la méthode.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
2 h	Exposés en salle, observations <i>in situ</i> .	William Moore. Darroch Moore.



Pin parasol. Référencement allométrique par traction : L'arbre est en bon état mécanique. L'étude précédente, SIA, recommande une réduction de couronne de 4m.

Module 5 : Diagnostic acoustique du système racinaire

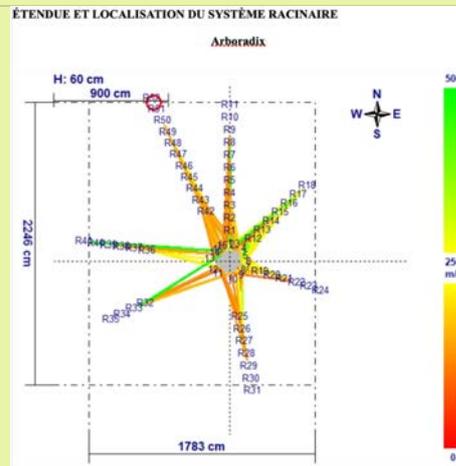
Objectifs

Savoir procéder à un diagnostic du système racinaire par sondage acoustique avec l'Arboradix.

Contenu

Mise en oeuvre de l'Arboradix *in situ*.  
Interprétation des résultats.  
Limitations de la méthode.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
2 h	Exposés en salle, observations <i>in situ</i> .	William Moore. Darroch Moore.



Arboradix. Sébastien Painchaud.

Module 6 : Analyse, documentation et rédaction

Objectifs

- Savoir appliquer la méthode d'auto-référencement allométrique de l'arbre.
- Savoir enregistrer les résultats de l'analyse.
- Savoir présenter les résultats.

Contenu

- Utilisation de logiciels spécifiques.
- Présentation des résultats.
- Utilisation des résultats
- Présentation des études de cas.

Durée	Méthodes pédagogiques	Intervenants
2 h	Exposés en salle.	William Moore. Darroch Moore.

**Aperçu de l'arbre**



Arbre no.	TREMOLAT	Espèce:	
Hauteur:	[m] 17	DBH:	[cm] 177
Hauteur:	[m] 23		
Âge:	[Ans] 200	Matura:	[Ans] 90
Lieu	Agriculture	Taux de croissance	0,5
Adresse:	TREMOLAT		
Projet:			

**Paramètres de charge du vent**

**Réduction**

1     2     3

Estimation de la charge du vent: C

**Sécurité: l'acceptation et l'évaluation**

La perte de capacité de charge relative en coupe transversale

Réduction de la charge due au vent due à la différence de hauteur

Correction de l'âge    205%

Niveau de sécurité relatif: -40% >> ~ 60%

**Section transversale**

H: 350 cm

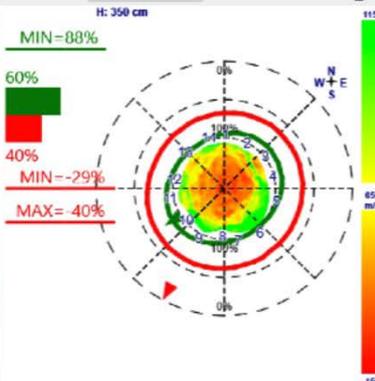
MIN=88%

60%

40%

MIN=-29%

MAX=-40%



Sébastien Painchaud.

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	Salle	Salle	Sortie
<p>Le comportement biomécanique de l'arbre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La structure du bois d'un point de vue biomécanique</li> <li>• La force du vent</li> <li>• Facteur de sécurité</li> </ul> <p>Les seuils de sécurité</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VTA</li> <li>• SIA</li> <li>• L'auto-référencement allométrique</li> </ul>	<p>Les outils de diagnostic</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le Résistographe</li> <li>• Tomographie avec l'Arbatom</li> </ul> <p>Examen racinaire</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation de l'Arboradix pour la localisation des racines</li> </ul>	<p>Test de traction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation des tests de traction dans l'auto-référencement allométrique</li> </ul> <p>Études de cas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enregistrement des données</li> <li>• Cartographie du tronc</li> <li>• Présentation des résultats</li> </ul>	<p>Travaux pratiques in situ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomographie avec l'Arbatom</li> <li>• Mise en oeuvre d'un test de traction</li> </ul> <p>Salle. Présentation des résultats</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation de logiciels spécifiques.</li> <li>• Présentation des résultats.</li> <li>• Utilisation des résultats</li> </ul>
Après-midi : 14.00-17.30	Après-midi : 14.00-17.30	Après-midi : 14.00-17.00	Après-midi : 14.00-16.00
Sortie	Sortie	Sortie	Salle
<p>Travaux pratiques in situ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation du Résistographe</li> <li>• Tomographie avec l'Arbatom</li> <li>• Enregistrement des données</li> <li>• Analyse</li> </ul>	<p>Travaux pratiques in situ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation du Résistographe</li> <li>• Tomographie avec l'Arbatom</li> <li>• Enregistrement des données</li> <li>• Analyse</li> </ul>	<p>Travaux pratiques in situ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en oeuvre d'un test de traction</li> <li>• Enregistrement des données</li> <li>• Analyse</li> </ul>	<p>Études de cas à travers diagnostics réalisés par l'auto-référencement allométrique</p> <p>QCM</p> <p>Évaluation de l'atelier</p>