

Arboristes-conseils Sàrl Béguin Nicolas
Cp 68 /1110 Morges CH
www.arboristes.ch / 0041 (0)76 331 67 31



PICUS TreeQuinetic / Test de traction

Infos techniques pour nos clients :

La statique de l'arbre

Le Petit Larousse donne la définition suivante de la statique : « branche de la mécanique qui étudie l'équilibre des forces ». Dans le cas d'un arbre, comme dans celui de toute structure soumise à des charges, cet équilibre dépend de trois facteurs qui s'inscrivent dans le « triangle de la statique », **les charges** (vent, gravité), **la forme** (dimension du houppier, hauteur) et les **propriétés** du matériau (bois).

Les charges

Deux types de charge sont à considérer, celles qui sont dues à la gravité (le « poids » de l'arbre) et celles qui sont dues au vent.

La masse d'un arbre peut atteindre plusieurs dizaines de tonnes, mais les charges dues à son poids propre (dit poids « mort ») interviennent de façon peu significative. La résistance en pression du bois (de l'ordre de 2 KN/cm² en moyenne) est en effet très largement supérieure à la pression exercée par le poids mort. Les charges supplémentaires dues à la neige ou à la glace ne sont pas négligeables dans les régions concernées et peuvent causer des dégâts importants.

Les charges les plus importantes pour les arbres sont celles dues aux vents, dont la poussée est à l'origine de contraintes qui peuvent dépasser le seuil de résistance du bois ou provoquer le déchaussement complet du socle racinaire.

Du point de vue mécanique, le vent peut être assimilé à une masse en mouvement (masse volumique de l'air = 1,2kg/m³) dont la puissance d'impact varie en fonction de la vitesse au carré ($E = 1/2mv^2$). Chaque site possède ses régimes de vent propres en fonction de sa situation géographique, sa situation topographique ou sa localisation en milieu protégé (ville, boisement) ou exposé (rase campagne).

Le matériau bois

Les propriétés mécaniques du bois sont essentiellement assurées par des cellules allongées dans l'axe longitudinal, dites fibres chez les feuillus et trachéides chez les conifères, dont les parois épaisses renferment cellulose et lignines, principaux constituants des tissus ligneux.

Lorsqu'un tronc fléchit sous la poussée du vent, les fibres s'allongent du côté du vent sous l'effet d'une traction et se rétrécissent à l'opposé sous l'effet d'une compression. Ce sont les fibres situées sous l'écorce à la périphérie du tronc qui sont le plus sollicitées, les contraintes diminuant vers l'intérieur du tronc jusqu'à s'annuler au niveau du centre (fibre neutre). Dans l'arbre sur pied, les contraintes dues au vent s'exercent donc principalement dans le bois vivant. Le matériau considéré est le bois « vert » dont les propriétés diffèrent de celle du bois « sec », en raison de sa forte humidité.

Le bois est un matériau plus résistant en traction qu'en compression. Son seuil de résistance varie pour les bois verts de 1,4 KN/cm² (marronnier) à 2,8 KN/cm² (chêne). D'autres paramètres importants pour qualifier les propriétés mécaniques du bois sont le module de Young et la limite d'élasticité. Les propriétés des bois verts des essences les plus communes sont répertoriées dans la table de résistance des bois verts de Stuttgart.

La forme de l'arbre

La forme de l'arbre conditionne largement la poussée du vent à l'image de la voile d'un bateau.

Les paramètres les plus importants sont :

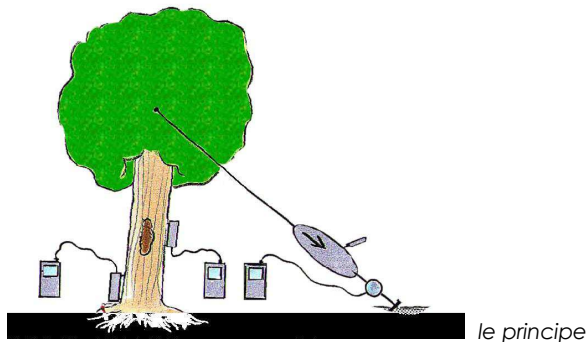
- 1) La surface du houppier. Plus cette surface est importante, plus elle offre d'appui au vent et plus la charge reçue par l'arbre est importante.
- 2) La hauteur. La vitesse du vent augmente avec l'altitude avec un coefficient variable. La hauteur détermine également l'importance du moment (bras de levier) appliqué à l'arbre (M moment = F force du vent \times h hauteur). Un calcul intégrant ces deux paramètres montre qu'à surfaces de houppier égales un arbre plus haut de 30% peut subir une poussée de vent deux fois plus forte.
- 3) L'aérodynamisme propre de l'arbre. Les arbres tendent à se « replier » sous l'effet du vent, ce qui diminue la surface de la « voile ». Cette capacité est exprimée par le coefficient de traînée C_x . En plus de la forme générale de l'arbre, la dimension et la morphologie du tronc et des axes porteurs (charpentières, racines de support) sont d'une grande importance pour la résistance mécanique.

Le test de traction

Le test de traction est axé sur l'évaluation des charges que peut subir un arbre et l'analyse de l'impact de ces charges sur sa structure. Cette méthode permet d'évaluer la résistance en flexion du tronc et la capacité d'ancrage dans le sol du socle racinaire. Elle donne en outre la possibilité de détecter des défauts internes non décelés.

Le test de traction procède en deux étapes, une première étape de mesures sur l'arbre et une seconde étape de calculs consistant à évaluer les charges que produirait un vent violent (force 12 sur l'échelle Beaufort⁴, 120 km/h).

Ce calcul intègre de nombreux paramètres dont la vitesse du vent, des données géométriques (hauteur précise mesurée avec un dendromètre, surface du houppier, diamètre du tronc), la limite de résistance du bois et son module de Young, la topographie du site, le coefficient de traînée... Il aboutit au coefficient de sécurité globale de l'arbre.

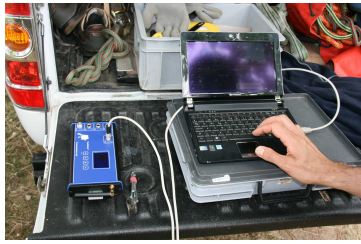


Pour étudier la résistance du tronc, un **élastomètre**, instrument de haute précision également appelé « jauge de déformation » est fixé dans l'écorce. Une traction est ensuite exercée à l'aide d'un treuil, un dynamomètre contrôlant en permanence les charges appliquées. L'élastomètre mesure en microns (millièmes de mm) la déformation des fibres sous cette charge. Ces valeurs permettent ensuite de calculer par extrapolation quelle serait la réaction de l'arbre si la charge d'un ouragan lui était appliquée.



Pour étudier l'ancrage de l'arbre, un **inclinomètre** fixé au niveau du collet mesure en centième de degrés l'inclinaison que prend le socle racinaire sous la traction. Ces valeurs sont portées sur la courbe générale de basculement, courbe de référence établie par déracinement de plusieurs centaines d'arbres. La courbe générale de basculement donne la charge limite de basculement à partir d'angles d'inclinaison très faibles.





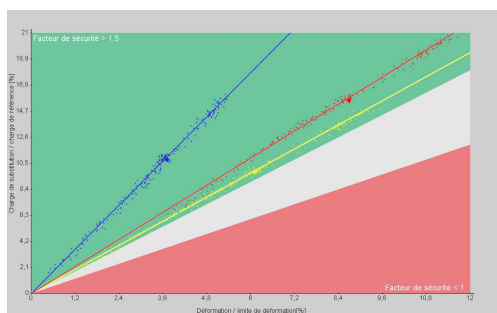
enregistrement rapide et fiable



Les valeurs recueillies et les calculs donnent pour chaque arbre un coefficient de sécurité de rupture du tronc et un coefficient de sécurité d'ancrage du système racinaire. Ce coefficient est donné pour un vent de force 12.

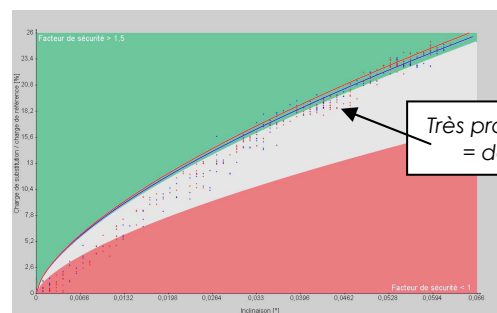
Les calculs sont analysés par notre partenaire : <http://www.tree-consult.org/>

Ils sont présentés de la manière suivante :



Mesures élastomètres (flexibilité du tronc)

correct



Mesures inclinomètres (assise racinaire)

faible

Les lignes jaunes, rouges et bleues indiquent ici les 3 sondages effectués. Ce sont tous les points qui sont reliés entre eux, cela nous donne les courbures de chaque instrument.
 La zone verte indique que les sondages enregistrés sont au-dessus du facteur de sécurité : > 1.5
 La zone grise indique que les sondages sont proches de la valeur limite de sécurité : 1
 La zone rouge indique que les sondages sont en-dessous des valeurs de sécurité : < 1.

Avantages :

1^{er} avantage du TreeQuinetic:

En utilisant cette formule et ce type d'analyses, l'appareil enregistre toutes les secondes une mesure. Soit pendant le test, plus de 400 points qui sont pris en compte. Ce qui permet une grande précision.

2^e avantage :

La présentation graphique en 3 couleurs, pour nous montrer où se situe l'arbre en un seul coup d'œil. En sécurité ou non.

3^e avantage :

Une analyse de sécurité qui complète bien le processus d'analyses : analyse visuelle, analyse interne (tomographe) et un test physique (le test de traction).

Désavantages :

1^{er} désavantage :

On ne peut mesurer certains arbres, car parfois ceux-ci sont architecturalement difficiles, voire impossible à analyser.

2^e désavantage :

Le coût élevé de l'analyse (mise en place longue, matériel onéreux, nombre de personnes : (assistant, grimpeur...)).

Extraits du texte : *Diagnostic de tenue mécanique de l'arbre / Test de traction, premières applications en France*
 Par Vincent Dellus en collaboration avec Georges Lesnino et Lothar Wessolly
 Argus-electronic GmbH