arbreconsult

Paul Gourgue - Arboriste conseil

Consultation et expertise pour la gestion, les soins, la préservation des arbres d'ornement

Évaluation du risque lié à la présence des arbres dans des milieux contraignants

Évaluation de la valeur d'agrément ou valeur d'aménité des arbres d'ornement

Expert auprès la Cour d'Appel de Liège

ETUDE DE STABILITÉ PAR TEST DE TRACTION

Hêtre pourpre

Champ du Vert Chasseur, 38

1000 Bruxelles

Belgique

CPDG Consult sprl – rue d'Harscamp 7 A – B5380 Noville les Bois – BCE 0473 464 225

25 novembre 2022

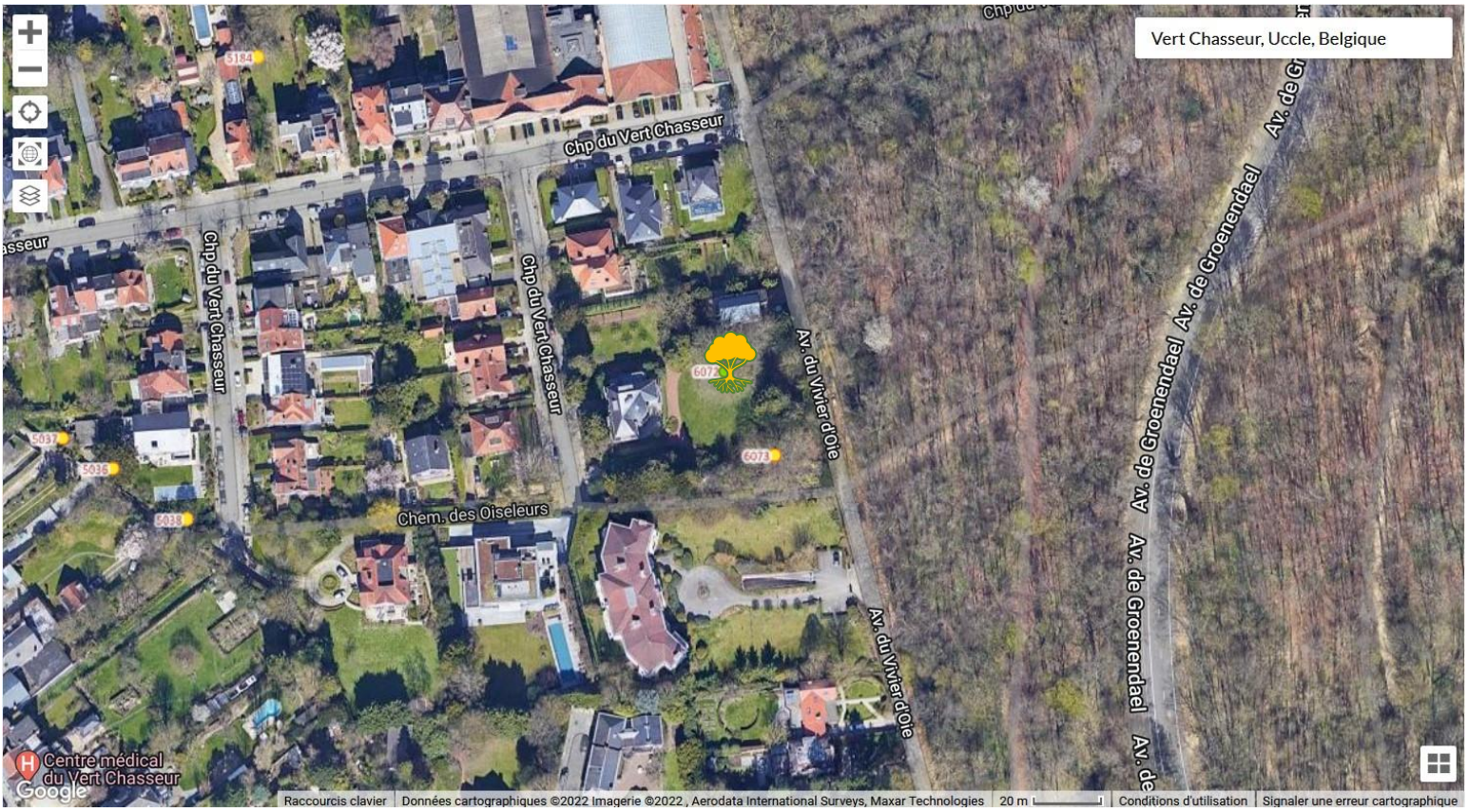
Introduction

L'expert soussigné est chargé par Monsieur François Van Wetter de réaliser une évaluation de la stabilité d'un arbre sis sur un domaine privé, Champ du Vert Chasseur, 38 à Bruxelles

Les relevés sont effectués le vendredi 25 novembre 2022.

Situation

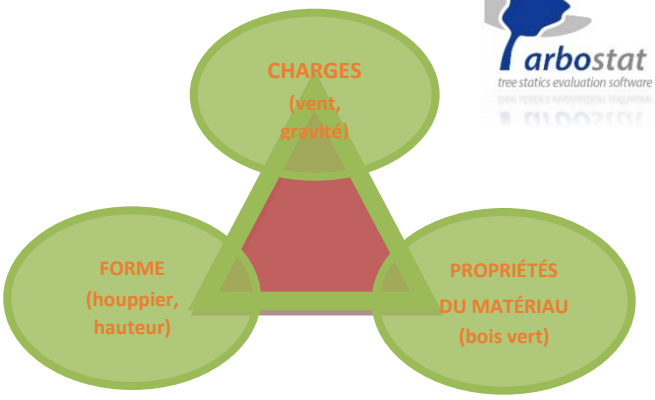
La position de l'arbre observé est identifiée par l'icône orange sur la vue zénithale ci-dessous



Méthode

TEST DE STABILITÉ - TREEQINEETIC PICUS® ET ARBOSTAT®

Pour l'arbre, comme pour toute structure soumise à des charges, cet équilibre dépend de trois facteurs qui s'inscrivent dans le triangle de la statique :



LES CHARGES

Deux types de charges sont à prendre en compte, celles qui sont dues à la gravité (le « poids propre » 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 (ou « poids mort ») interviennent de façon peu significative.

La résistance en pression du bois (de l'ordre de 2 kN/cm2) est en effet très largement supérieure à la pression exercée par le poids propre.

Les charges supplémentaires dues à la neige ou à la glace, qui ne sont pas négligeables dans nos régions, peuvent causer des dégâts importants.

Les charges les plus significatives 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 = 1,2 kg/m3) dont la puissance d'impact variera en fonction de la vitesse au carré (E = 1/2mv2).

Chaque site possède ses régimes de vents 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 principalement assurées par des cellules allongées dans l'axe longitudinal (fibres pour les feuillus, trachéides pour 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).
Les contraintes dues au vent s'exercent principalement au niveau du 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). 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 :

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.

LA HAUTEUR

La vitesse du vent augmente avec l'altitude selon un coefficient α variable.

La hauteur détermine également l'importance du moment (bras de levier) appliqué à l'arbre (M moment = F force du vent x 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.

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 Cx.

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.

Dans le cas du cylindre (auquel le tronc est assimilé), le moment de résistance aux contraintes de flexion W varie en résistance des matériaux avec le diamètre de la section élevé à la puissance trois ($W = \pi/32 \times d3$).

Du fait que les contraintes de flexion dues au vent s'exercent principalement vers l'extérieur du tronc, le rôle des parties intérieures est peu significatif, ce qui conduit à relativiser l'importance des cavités internes. La résistance en flexion d'un tube diminue par exemple de 25% seulement lorsque celui-ci est creux avec un rapport épaisseur de paroi/rayon de 1/3.
Les structures techniquement optimisées pour des économies de matière sont d'ailleurs des structures creuses, que ce soit celles que l'on observe dans les constructions (tubes, poutres métalliques…) ou dans la nature, bambous, os, plumes etc.
Ouvrage naturel, l'arbre est une structure complexe en évolution constante, qui se construit avec un matériau hétérogène susceptible de se dégrader, le bois.
Les notions de résistance des matériaux évoquées très succinctement ici sont donc à appliquer avec prudence mais paraissent néanmoins d'une grande importance pour le diagnostic de solidité de l'arbre.

LE TEST

Le test est basé 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 visuellement.

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 Beaufort, 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.

Une traction est exercée à l'aide d'un treuil, un dynamomètre contrôlant en permanence les charges appliquées.

Pour étudier **la résistance du tronc**, **quatre élastomètres**, instruments de haute précision également appelés « jauges de déformation » sont fixés dans le bois.

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.

Limite élastique et élasticité

Selon la loi de Hooke, la contrainte (σ) créée dans un matériau élastique est proportionnelle à la déformation (ε) à l'intérieur de la limite élastique.

Chaque matériau, y compris le bois, a une limite élastique individuelle, qui est définie comme la résistance à la compression divisée par le module d'élasticité ou $\varepsilon = \sigma max./E$. Lorsque la limite élastique est dépassée, une déformation irréversible se produit.

Lors des essais en laboratoire, les échantillons de bois verts sont préparés à une taille définie (2 x 2 x 6 cm) et soumis à une contrainte de compression jusqu'à rupture des fibres. Une force mesurée est exercée par grâce à une cellule de charge reliée à une traverse (INSTRON INC.), le raccourcissement des fibres est enregistré à une vitesse de 10 à 50 valeurs par seconde, fournissant des données denses et fiables. Dans la première étape d'un tel essai de compression, les fibres restent élastiques et retournent à leur position initiale lorsque la force induite est limitée (figure 6). Cette situation est comparable aux arbres oscillant dans les rafales de tempête modérée où les fibres sont sollicitées seulement dans leurs limites élastiques. Lorsque la force sur l'échantillon de bois est accentuée, les fibres commencent à se rompre (rupture primaire : la courbe contrainte/déformation s'atténue) et finalement s'effondrer (rupture secondaire).

Cette situation peut se produire lors de forts « coups de vents » ou de tornades sur des arbres sains. Lors de ces conditions météorologiques extrêmes, les fibres d'un arbre peuvent être surchargées et courbées pendant une courte période de temps suivie d'un flambage des fibres sur le côté compressif du tronc provoquant finalement la rupture complète.
C'est pourquoi les experts en sécurité des arbres mesurent les altérations de la longueur des fibres au cours d'un essai de traction. Ces altérations sont directement liées à la limite élastique et la connaissance de ces valeurs permet d'évaluer la sécurité de rupture. Les altérations des fibres marginales sont mesurées avec un élastomètre (extensomètre) à une résolution de 1 / 1000mm.

Des troncs sains peuvent être rapidement distingués de ceux qui présentent des parois résiduelles fragilisées en obtenant des meilleurs résultats au niveau des fibres marginales. Les dommages lors des essais de traction sont évités quand les limites élastiques indiquées dans le Catalogue de résistance de Stuttgart sont respectées.

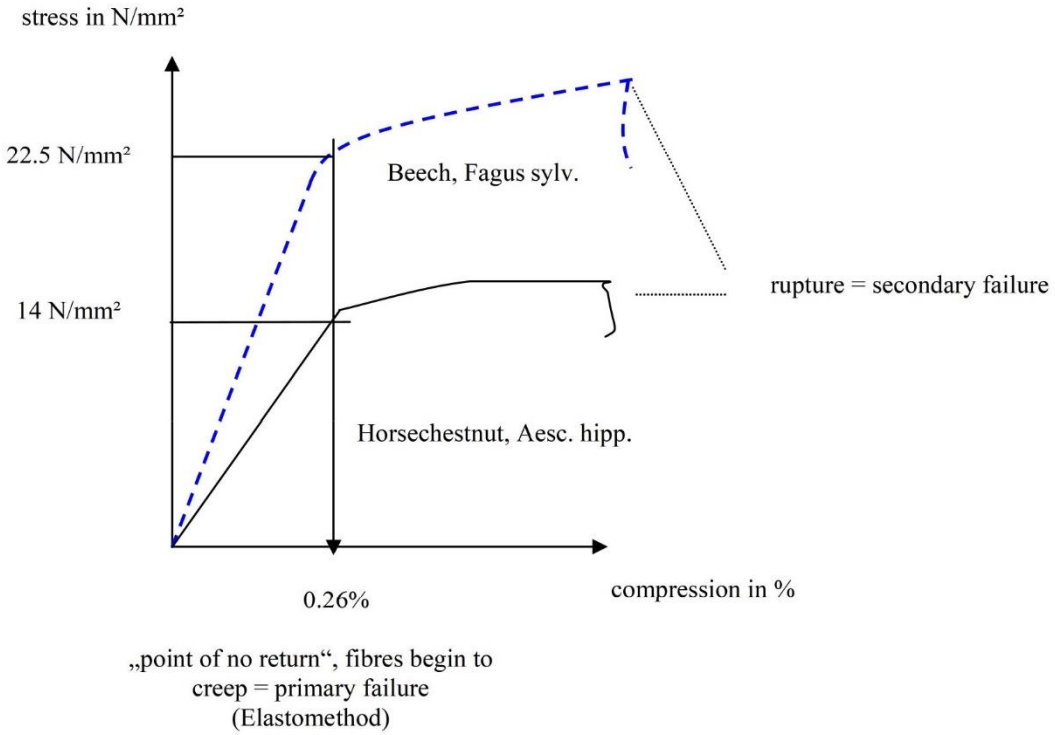


Figure 6. The green wood of European Beech (*Fagus sylvatica*) is significantly stiffer (E_{mod} = 8000 N/mm²) and stronger (22 N/mm²) than that of Horsechestnut (*Aesculus hippocastanum*) (E_{mod} = 5250 N/mm²; 14 N/mm²). Obviously *Aesculus hipp.* compensates its low compressive strength with high elasticity. Nevertheless, the value for the elastic limit for both species is the same (0.26%). The variation of material properties between tree species of Central Europe is rather small.

Pour étudier **l'ancrage de l'arbre**, **quatre inclinomètres**, fixés au niveau du collet mesurent en millième 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.

L'évaluation de la sécurité de basculement (*limite de basculement*) des arbres est impossible en utilisant uniquement des méthodes d'évaluation visuelle.

Les fouilles radiculaires fournissent également des informations insuffisantes et causent des perturbations importantes à la rhizosphère (*région du sol directement formée et influencée par les racines et les micro-organismes associés qui font partie du microbiote des végétaux*).

Une détermination fiable de la sécurité de basculement des arbres ne peut être obtenue qu'en soumettant un arbre à des conditions similaires à celles créées par les rafales de vent (Inclino Method, SINN, 1983).

La recherche scientifique (BADER 2000, WESSOLLY 1998, SINN, 1985b, SINN 1985c) a montré que seules les racines situées à proximité du tronc étaient fortement sollicitées lorsque l'arbre était soumis à des forces de traction.

Un risque grave de déracinement apparait lorsque les racines sont sectionnées à environ 1 mètre à 1,3 mètre du tronc de l'arbre.

La courbe générale de basculement a été établie scientifiquement à partir de tests de traction destructifs effectués sur plus de 400 arbres de différentes espèces dans différentes conditions de sol.

Cette courbe de basculement montre que la principale défaillance du processus de déracinement se produit déjà entre 2,5 et 4 degrés d'inclinaison (rupture primaire).

À partir de 4 degrés d'inclinaison, plus aucune augmentation de la force de traction n'est nécessaire jusqu'à ce qu'une inclinaison de 45 à 60 degrés soit atteinte (WESSOLLY, 1998).

De 45 à 60 degrés, le poids propre de l'arbre supporte le processus de chute (rupture secondaire).

L'influence de la pourriture des racines sur la stabilité de l'arbre peut être déterminée en utilisant la fonction mathématique de cette courbe (figure 7) dans les calculs.

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. Ces coefficients sont donnés pour un vent de force 12.

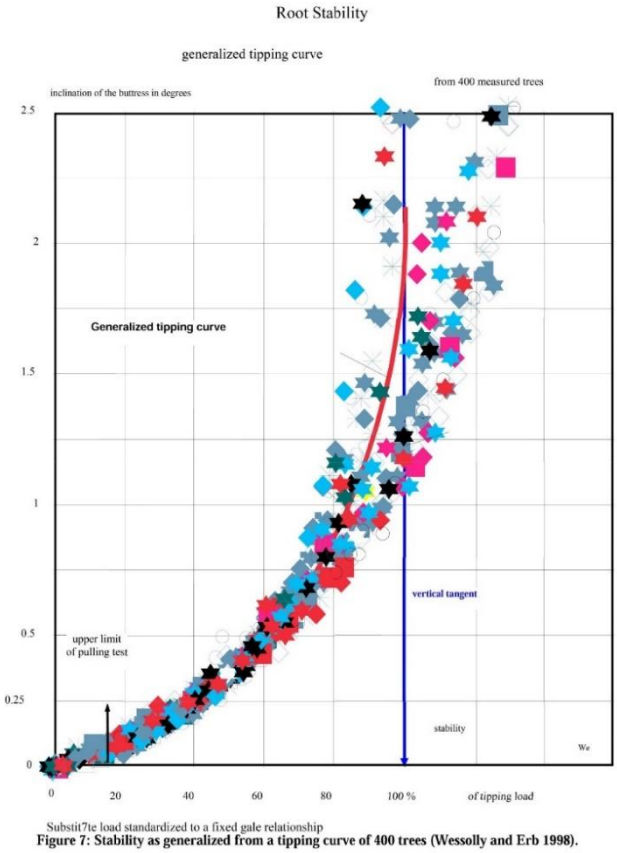


Figure 7: Stability as generalized from a tipping curve of 400 trees (Wessolly and Erb 1998).

Lorsque le coefficient est supérieur à 1,5 l'arbre est considéré comme très fiable, les valeurs entre 1,5 et 1 engageront le gestionnaire à analyser précisément l'ensemble des éléments constituant le risque afin de déterminer la possibilité de réduire celui-ci. Lorsque les valeurs sont inférieures à 1, l'arbre n'est plus considéré comme fiable.

Les calculs sont tout d'abord effectués en considérant les conditions environnementales les plus défavorables pour l'arbre ; si les résultats obtenus sont défavorables, des modifications de données concernant les propriétés pourront être envisagées et justifiées.

LES LIMITES DE LA MÉTHODE

La méthode prend en compte les aspects physiques de la sécurité d'un arbre face à une charge de vent donnée.

La méthode permet d'évaluer la sécurité de rupture du tronc (emplacement des sondes) et la sécurité de l'ancrage dans le sol d'un arbre. Elle ne permet pas d'évaluer la résistance des parties supérieures du tronc, des fourches, des branches charpentières et du houppier en général.

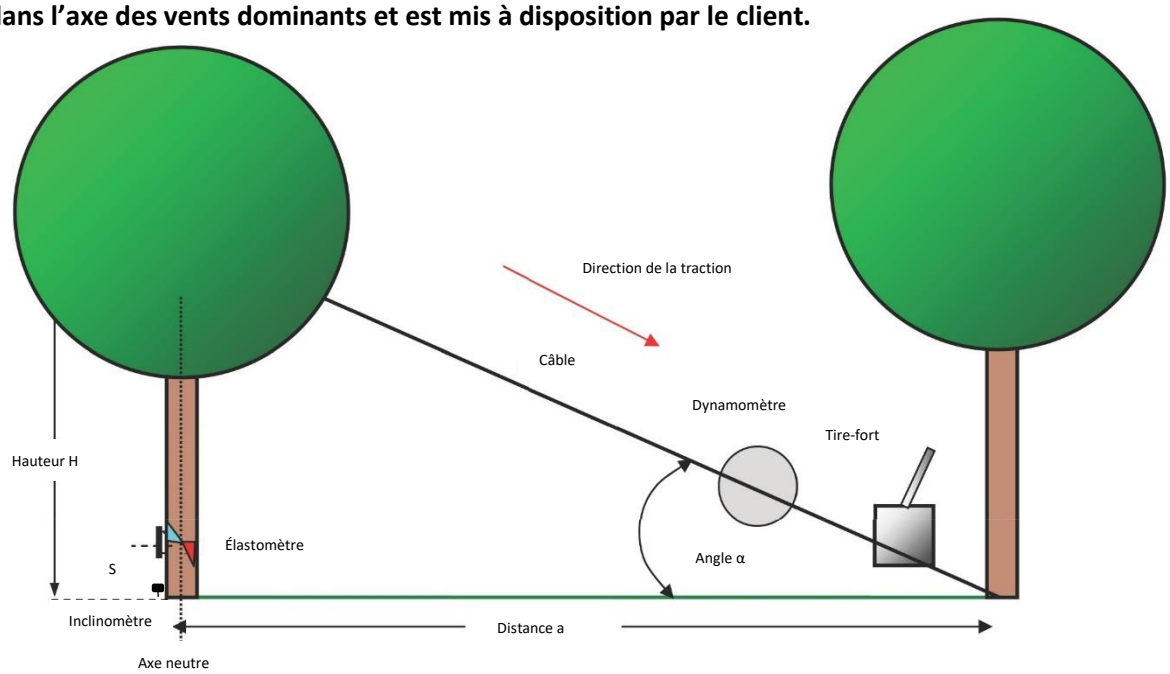
Les résultats obtenus permettent la recommandation de travaux de mise en sécurité le cas échéant, ils ne peuvent cependant suffire à une gestion à long terme du patrimoine arboré, celle-ci étant soumise à l'état physiologique, mécanique et environnemental de l'arbre étudié.

La méthode évalue un risque de rupture ou de basculement sous une charge de vent de force 12 (échelle de Beaufort) mais ne peut donner précisément les conditions climatiques dans lesquelles la rupture se produirait.

EN PRATIQUE

Les tests de traction sont effectués dans les conditions suivantes :

- **Un grimpeur élagueur est présent lors de la prise de données, ce dernier est sollicité pour le placement des câbles dans les arbres ainsi que la manipulation du tirefort.**
- **Au minimum une traction est effectuée par sujet (4 inclinomètres et 4 élastomètres)**
- **Toutes les autorisations, signalisations, gestion de la circulation, etc. … sont mises en œuvre par le client.**
- **Le point d'ancrage de chaque test de traction est soit un autre arbre, soit un véhicule dont la masse minimale au sol est de 7.5 tonnes ; il est situé lorsque la configuration du site le permet dans l'axe des vents dominants et est mis à disposition par le client.**



Les tests sont réalisés grâce à la méthode développée par Lothar Wessolly (*) ; les données sont prises sur le terrain avec les outils électroniques (Picus TreeQinetic®) développés par la société Argus Electronic gmbh de Rostock, elles ont ensuite analysées et interprétées par le logiciel Arbostat® (Arbo safe – Gauting)

(*) Professeur Lothar Wessoly,
Inventeur méthode SIM/SIA, évaluation statique des arbres, Université de Stuttgart

Une charge minimale de 15kN (cette charge correspond approximativement à une brise de vent de 20km/h) est appliquée sur chaque arbre. Cette charge est mise en œuvre grâce à l'utilisation d'un câble en Dyneema® placé dans l'arbre ; ce câble est relié à un tirefort qui est fixé sur un engin d'une masse minimale au sol de 7.5 tonnes ou au pied d'un autre arbre à proximité.

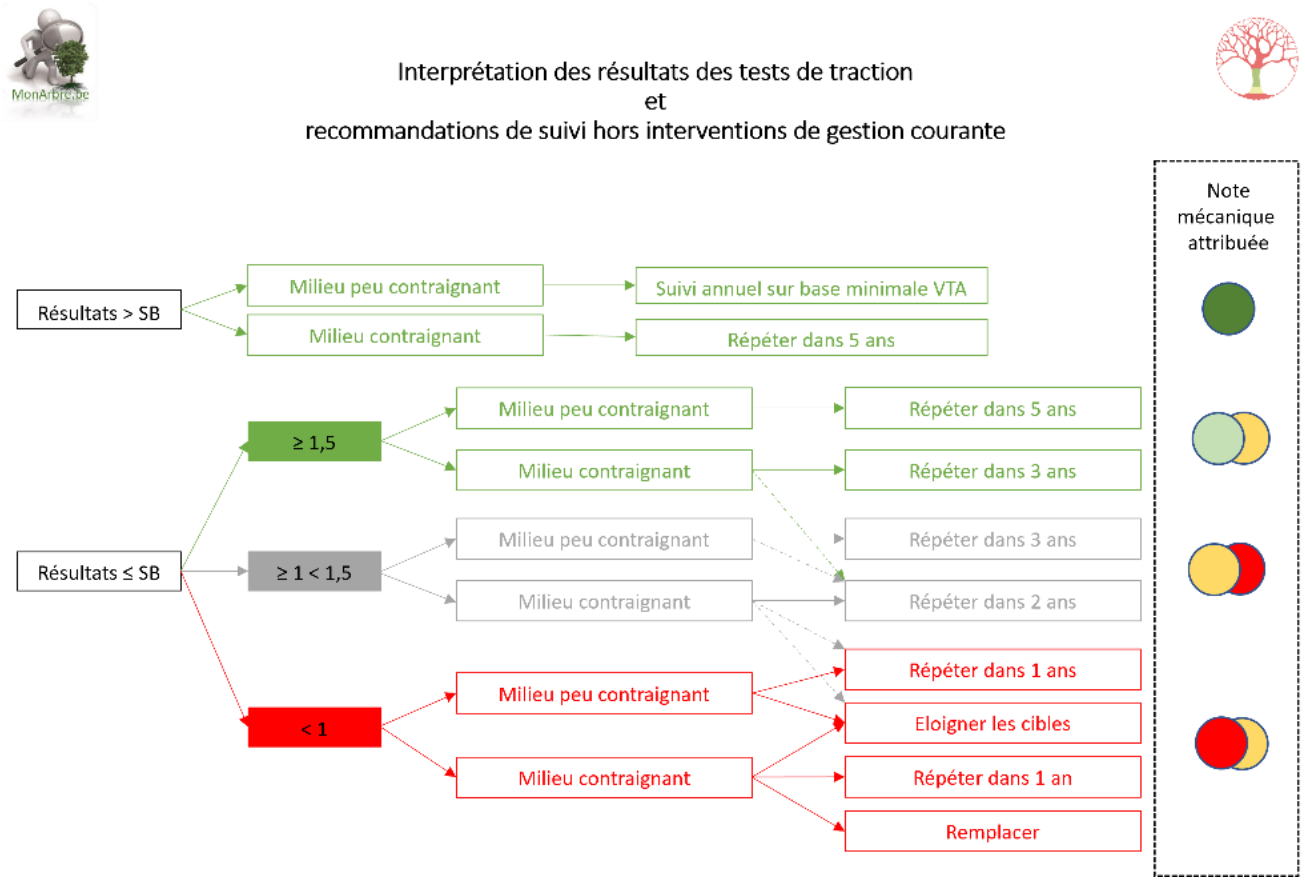
Des sondes sont posées sur le tronc (rupture) et le collet (basculement).

Rupture : enregistrement de l'allongement ou la compression sous la charge appliquée des fibres de bois en µm. Des valeurs limites sont prises en considération, celle-ci correspondent à 20% de la limite d'élasticité (la limite d'élasticité est la contrainte à partir de laquelle un matériau arrête de se déformer d'une manière élastique, réversible et commence donc à se déformer de manière irréversible).

Basculement : enregistrement de l'angle d'inclinaison du plateau racinaire sous la charge appliquée, en millième de degré. Des valeurs limites sont prises en considération, celle-ci correspondent approximativement à 10% de la limite de basculement.

Ces tests ne portent pas préjudice aux arbres et les appareils utilisés permettent d'arrêter la charge bien avant que la limite d'élasticité ou de basculement soit atteinte.

Les recommandations de suivis sont proposées sur base des observations faites sur site ainsi que des résultats obtenus ; elles répondent en règle générale à la démarche présentée dans le schéma ci-dessous.



Résultats

La fiche technique Arbostat® ainsi que la fiche de synthèse de l'arbre qui a fait l'objet d'une analyse sont présentées dans les annexes.

Un début de dégradation du système racinaire d'ancrage et de la résistance structurelle du bois dans de bas du tronc sont mises en évidence par le test. Ce qui est normal pour un arbre de cette dimension et cet âge.

Les valeurs obtenues par le test restent supérieures aux limites de sécurités définies par la méthode ; le champignon est actif principalement en agent saprophyte sur du bois mort avec une extension probable vers du bois encore solide mais non fonctionnel.

Le maintien est possible pour autant qu'un suivi régulier soit programmé.

Recommandations

Un nouveau test devrait être réalisé dans trois ans afin de déterminer la vitesse de dégradation de la structure du bois par le champignon identifié.

Ensuite le délai d'intervention pourrait être prolongé si les valeurs restent stables.

Une amélioration des conditions édaphiques par la mise en œuvre d'une couche de BRF (broyat de bois de hêtre) de maximum 7 centimètres sur la surface correspondant à la projection de la couronne de l'arbre au sol peut améliorer sensiblement la situation ; cette amélioration se fera au rythme des saisons grâce à l'activité des éléments liés à la décomposition du bois (broyat de bois – BRF) ainsi qu'à la préservation d'un milieu moins sujet à l'évaporation de l'humidité du sol dans l'atmosphère lors de fortes chaleurs. Des plantes couvre-sol acceptant l'ombrage peuvent également être implantées sur cette surface.

Quelques exemples de couvre-sol acceptant l'ombrage d'un arbre :

Le myosotis du Caucase *(Brunnera macrophylla*)
La petite pervenche bleue *(Vinca minor)*
Le géranium *(macrorrhizum)*
La pulmonaire *(Pulmonaria longifolia)*
L'épidémium *(Epimedium)*
Le lierre *(Hedera Helix)*
Le lamier (*Lamium maculatum)*
La grande consoude officinale *(Symphytum)*
Les violettes *(Viola)*
L'euphorbe des bois *(Euphorbia amygdaloïdes)*
L'aspérule odorante *(Galium odoratum)*
Le muguet *(Convallaria majalis)*
L'hellébore fétide *(Helleborus foetidus)*
La fougère mâle *(Dryopteris filixmas)*
Le polypode commun *(Polypodium vulgare)*

Aucune intervention de décompaction mécanique du sol ne doit être envisagée.

Conclusion

L'arbre traité peut être maintenu dans des conditions de sécurité acceptables.

Une inspection visuelle attentive devra être néanmoins effectuée après chaque évènement climatique exceptionnel.

Toute intervention de taille de bois vivant doit être évitée au maximum.

En vous remerciant pour votre confiance, je suis à votre disposition pour toute information complémentaire.

Fait à Noville les Bois le samedi 26 novembre 2022.

Paul Gourgue

Annexes :

Fiche test de traction
Données techniques Arbostat

Les fiches techniques ainsi que les recommandations individuelles de l'arbre qui a fait l'objet d'une analyse sont présentées dans les annexes.

SECURITE D'ANCRAGE *(fiche technique présentée dans les annexes)*

La diminution des valeurs d'ancrage par rapport à la sécurité globale calculée est confirmée lors de ce nouveau test, les résultats des mesures restent au-dessus des valeurs limites définies par la méthode.

SECURITE DE RUPTURE *(fiche technique présentée dans les annexes)*

Les valeurs en résistance à la rupture restent au-dessus des limites définies par la méthode.

Conclusion

La stabilité de l'arbre reste suffisante lors de la réalisation des tests.

Le sujet présente toujours une diminution sensible de ses capacités physiologiques et confirme une légère faiblesse en ancrage.

Il devra à nouveau faire l'objet d'un suivi dans 3 ans afin de contrôler l'évolution des dégradations et de définir alors en fonction des résultats obtenus les modalités de maintien à moyen ou long terme.

En vous remerciant pour votre confiance,

Fait à Noville les Bois, le jeudi 24 novembre 2022.

Paul Gourgue

Les arbres étant des organismes vivants, les recommandations sont données, au moment de l'observation, pour des situations dites « normales ». La responsabilité de l'expert ne sera pas engagée pour les accidents faisant suite à des évènements climatiques exceptionnels et/ou des travaux, effectués sur ou à proximité des arbres, pouvant affecter leur fonctionnement physiologique ou leur résistance mécanique.

Annexes

Fiche technique Arbostat®
Fiche récapitulative

Bibliographie

Sont, entre autres, consultés pour l'établissement de nos rapports :

La forêt – Ed du Perron - Anne Bary-Lenger, René Evrard, Pierre Gathy
Guide Delachaux des arbres d'Europe – Ed Delachaux et Niestlé – Owen Johnson, David More
Arbres de France et d'Europe occidentale – Arthaud – Alan Mitchell, John Wilkinson
Les arbres feuillus – Ministère de la région Wallonne – Jean-Claude Baudouin
Dynamique de dégradation des arbres par les champignons lignivores – Hainaut Développement, Cellule technique
Les plantations d'alignement – IDF – Corinne Bourgery, Dominique Castaner
L'élagage, la taille des arbres d'ornement – IDF – Emmanuel Michau
La taille des arbres d'ornement – IDF – Christophe Drénou
Guide pratique de défense des cultures – ACTA
Des soins pour les très vieux arbres – Ulmer – R. Bourdu
Diagnostic visuel et statique des arbres – Georges Lesnino, Lothar Wessoly
Diagnostic de tenue mécanique, notion de dangerosité – Pierre Aversenq
A New Tree Biology and Dictionary – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Modern Arboriculture – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Tree Anatomy – Shigo and trees Associates llc – Alex Shigo
Field guide for VTA – C. Mattheck
Tree mechanics – C. Mattheck
The face of failure in nature and engineering – C. Mattheck
Fungal Strategies of Wood Decay in Trees – F.W.M.R. – Schwarze, Engels, Mattheck
Diagnosis and Prognosis of the Development of Wood Decay in Urban Trees – Schwarze
Diseases of trees and shrubs – Cornell University press – Sinclair, Lyon, Johnson
La logique verte, un plan de gestion des arbres d'alignement – AED Direction des voiries - MRBC
Charte de l'arbre du grand Lyon – Communauté urbaine de Lyon
Guide de gestion contractuelle de l'Arbre des Hauts de Seine – Conseil général des Hauts de Seine
L'arbre un être vivant, comprendre et accompagner le développement des arbres d'ornement – Weyrich – SPW, arboresco
Up by roots – Healthy soils and trees in the built environment – ISA 2008 – J. Urban
L'Architecture des arbres des régions tempérées – Ed. MultiMondes – Jeanne Millet
Mycological Tree Assessment – Geen bomen zonder zwammen – Ed Inverde – Gerrit Jan Keizer

Site	CP	Ville / Commune	Pays
Champ du Vert Chasseur 38	1000	Bruxelles	Belgique

Nom de l'arbre	N° de l'arbre	N° du site (UG)	Date du test
Fagus sylvatica p.	6072	Urban Brussels	25-11-22

Evaluation mécanique pour les zones de l'arbre sondées	Préconisation de suivi	Délai (mois) et date de préconisation		Evolution probable	Intervention recommandée	Evaluation du risque
Faiblement altéré	Test de traction direction identique (//)	60	25-11-27	Défavorable lente	Entretien courant lié au site d'implantation	Acceptable

Sécurité de base : 5,6 *Coefficient théorique calculé, sur base des propriétés de l'arbre et du site, représentant la charge que l'arbre est en capacité de supporter sans altération de sa structure*

	Mesure	Direction charge °	SA	SA/SB	SA	SA/SB	SA	SA/SB	SA	SA/SB
Ancrage	1	215	1,87	0,33	1,7	0,30	2,66	0,48	2,19	0,39
			Inclinaison des sondes				*Témoinde courbure (valeur indicative)*		*1,26*	
Rupture	Mesure	Direction charge	SR	SR/SB	SR	SR/SB	SR	SR/SB	SR	SR/SB
	1	215	3,01	0,54	3,19	0,57	3,45	0,62	3,34	0,60

Dans le tableau de synthèse ci-dessus la couleur des bordures de cellules représente la sonde utilisée, chaque sonde étant identifiée par un liseré coloré. Les couleurs de remplissage des cellules donnent de manière générale pour la méthode une indication relative aux résultats obtenus, soit :

Vert : à priori fiable

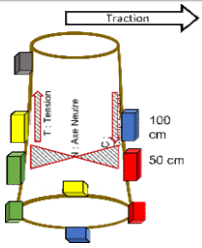
Gris : diminution de la fiabilité, dégradation en cours

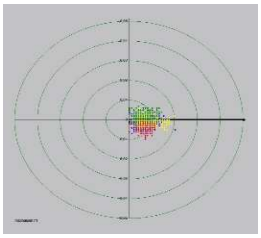
Rouge : non fiable

La flèche rouge sur la vue zénithale ci-dessus indique la direction de traction ; à droite, la répartition mensuelle de la direction et de la force du vent pour une station proche du secteur

WindFinder : Aéroport de Toulouse Blagnac

Les propriétés du site sont définies en fonction de l'environnement général de l'arbre pour le facteur de voisinage et de l'environnement proche pour le facteur d'exposition.
Le schéma ci-dessous indique la position des sondes sur l'arbre, le sens de la traction ainsi que la direction de l'inclinaison des inclinomètres ; la rose des vent la direction de traction, celle-ci est définie dans la mesure du possible dans l'axe des vents dominants, elle est le plus souvent liée à des contraintes locales (point





Observation, interprétation

Ancrage ***Faiblesse légère relevée par le test*** *Limites de sécurité défines par la méthode :* ***non atteintes***

Rupture ***Faiblesse légère relevée par le test*** *Limites de sécurité défines par la méthode :* ***non atteintes***

Origine de la demande

Polypore géant

Recommandations

Etudier la possiblité d'améliorer les conditions édaphiques en permettant par exemple un meilleur échange air/sol dans la zone située sous l'arbre (abandon de la tonte systématique du gazon et apport de BRF) - apport d'amendement organique de type Antagon® à renouveler tous les 3 ans.

Analyse de la charge du vent conforme à DIN 1055-4

N° Arbre **6072**

Projet

Nom du projet	BE1000_CHAMP VE
Numéro du projet	
Date du test	25-11-22

Site

Jardin privé
Champ du Vert Chasseur, 38
1000 Bruxelles, BELGIQUE

Altitude du site	100	m

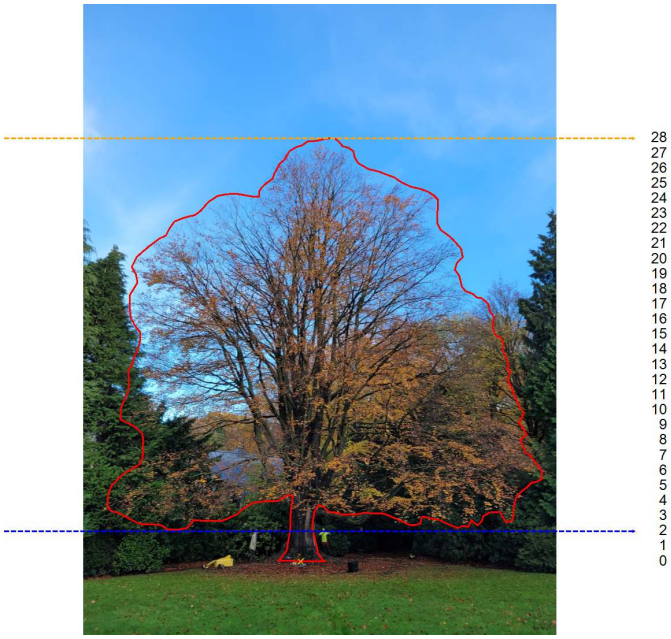
Données de l'arbre

Essence		FAGSYLp	
Circonférence du tronc		455	cm
Diamètre du tronc	||	148	cm
à 1 m de hauteur	_|_	145	cm
Épaisseur de l'écorce		1	cm
Hauteur de l'arbre		**28**	**m**

Propriétés du matériau choisies

selon	Fagus sylvatica	
Source	Stuttgart	
Résistance à la compression	22,5	MPa
Module d'élasticité	8500	MPa
Limite d'élasticité	0,26	%
Densité	1,05	g/cm³

Forme de l'arbre



Direction de la charge	215	

Analyse de la surface

Base du houppier	2	m
Hauteur effective	17,6	m
Surface totale	530	m²
Excentricité du houppier	1,03	m

Paramètres structuraux estimés

Coefficient de traînée	0,25	
Fréquence propre	0,47	Hz
Décrément d'amortissement	0,27	
Facteur forme du poids propre	0,8	

Propriétés du site choisies

Région climatique	BE 3	
Valeur de base de la vitesse de référence du vent	25	m/s
Densité de l'air	1,23	kg/m³
Catégorie de terrain	village	
Exposant pour profil de vent	0,22	
Facteur de voisinage pour le mouvement d'air proche du sol	1	
Facteur d'exposition	1,00	

Résultat

Analyse de la charge du vent

Pression moyenne du vent	34,4	kN
Facteur de réaction de la rafale	2,42	
Centre de la charge	14,4	m
Moment de torsion	86	kNm
Charge du vent	**1197**	**kNm**

Analyse statique de l'arbre

Poids propre de l'arbre	38,6	t
Cavité du tronc critique	94	%
Épaisseur critique du mur résiduel avec une coque fermée	5	cm
Sécurité de base	**5,6**	

Généralités

Remarques

© ArboSafe

Sécurité d'ancrage calculée selon test de traction

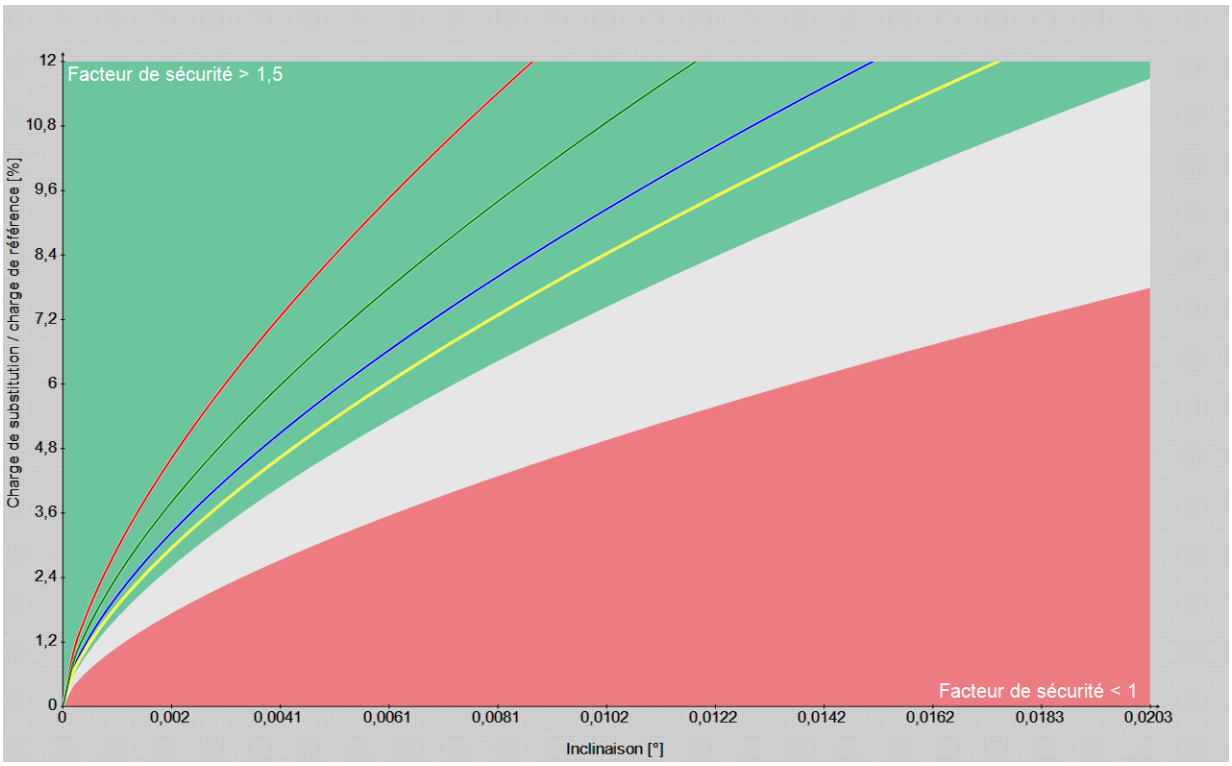
Données de l'arbre

Projet	BE1000_CHAMP VERT CHASSEUR	**N° Arbre**	**6072**
Essence	FAGSYLp	Date	25-11-22

Assemblage du test de traction

Hauteur du point d'ancrage	7,7 m	**Mesure**	**1**
Angle du câble	10,7 °	Direction de la charge	215

Représentation graphique (résultat de la mesure et courbe de basculement)



Mesure d'Inclinomètre	80	81	82	83
Position				

Sécurité d'ancrage (transmise par la courbe de basculement)

Facteur de sécurité	**1,87**	**1,7**	**2,66**	**2,19**

© ArboSafe

Sécurité de rupture calculée selon test de traction

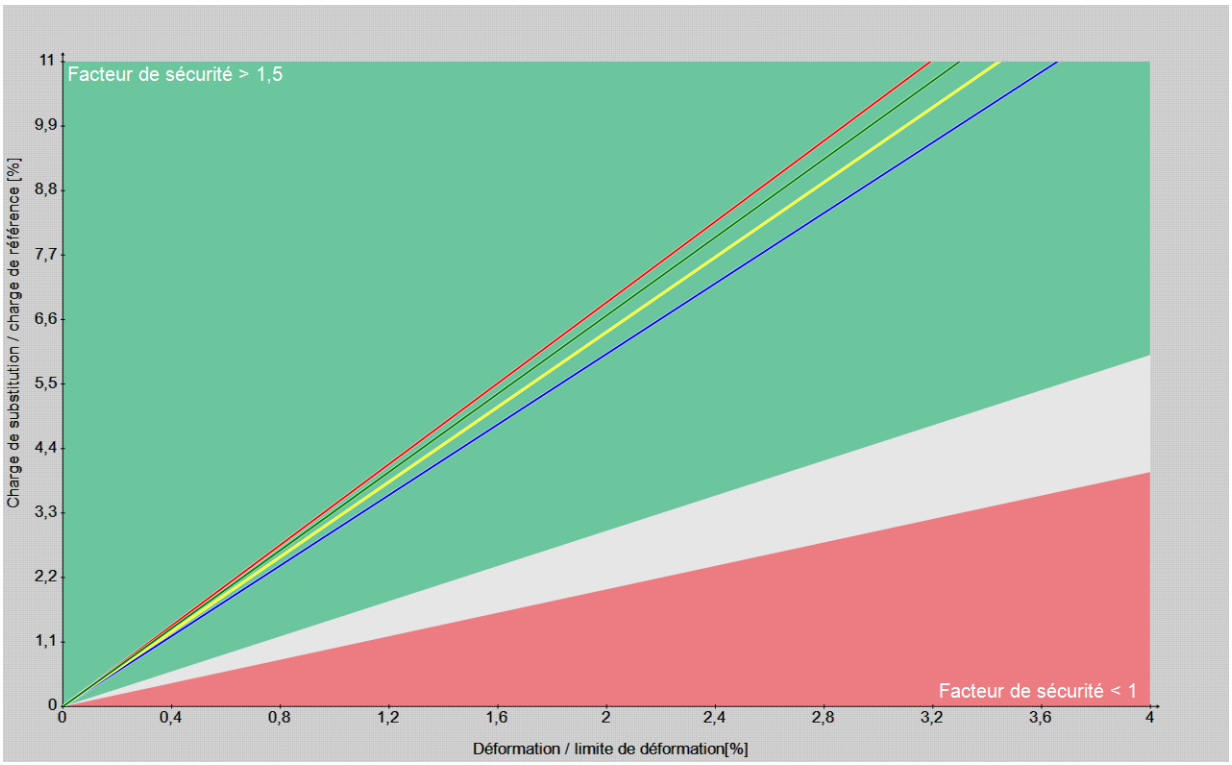
Données de l'arbre

Projet	BE1000_CHAMP VERT CHASSEUR	**N° Arbre**	**6072**
Essence	FAGSYLp	Date	25-11-22

Assemblage du test de traction

Hauteur du point d'ancrage	7,7 m	**Mesure**	**1**
Angle du câble	10,7 °	Direction de la charge	215

Représentation graphique (résultat de la mesure et de la droite de meilleur ajustement)



Mesure de l'élastomètre	en	90	91	92	93
Hauteur du mesure	**m**	**1**	**1**	**0,5**	**0,5**
Position					
Diamètre du tronc 1	cm	148	148	167	167
Diamètre du tronc 2	cm	145	145	164	164
Épaisseur de l'écorce	cm	2	2	2	2

Sécurité de rupture (dérivée de la pente de la droite de meilleur ajustement)

Facteur de sécurité	**3,01**	**3,19**	**3,45**	**3,34**

© ArboSafe