



ARBONAUTES

EXPERTISE ET GESTION FORESTIÈRE

416 AVENUE DU M^{AL} DE LATTRE DE TASSIGNY

TOCTOUCAU – 33600 PESSAC

FR : 06 87 99 48 63

BG : 06 21 84 24 82

CONTACT@ARBONAUTES.COM

RAPPORT D'EXPERTISE, TEST DE TRACTION DU CHÊNE DE LA LIBERTÉ AVENUE DU PORT, CAVERNES, À SAINT LOUBÈS (33)



1 : Le Chêne de la liberté le 4 novembre 2021

À la demande de la Municipalité de Saint-Loubès, le cabinet d'expertise arboricole ARBONAUTES procède le 4/11/2021 à des tests d'ancrages sur le Chêne de la Liberté, rue du Port au village de Cavernes. Les tests conduisent à 1 préconisation de réduction d'au moins un tiers de la longueur des charpentières dans un délai de 6 mois accompagné d'une mise en défends et d'une information sur panneau. Cette préconisation vise à augmenter la sécurité des personnes et des biens et aura une répercussion néfaste à moyen ou court terme sur la physiologie de l'arbre.



Nous sommes missionnés le 4 octobre 2021 par la Municipalité de Saint-Loubès, pour réaliser une étude de stabilité par test d'ancrage sur le "Chêne de la liberté", rue du Port, dans le village de Cavernes à Saint-Loubès (33).

La mission consiste à :

- Réaliser un test de résistance à la traction sur le Chêne de la Liberté, rue du port à Saint Loubès :
- Donner un avis sur la résistance au renversement et au bris en simulant un vent de 36 m/s sur le Chêne en utilisant le dispositif de traction Fakopp (similaire à Arbodyn)
- Établir un rapport synthétique reprenant les mesures, la mise en relation des résultats avec l'expertise visuelle et au résistographe pratiquée en 2021.

La durée de validité présumée de l'examen sera déterminée lors de l'examen pour chaque sujet, en fonction d'éventuelles pathologies et de leur vitesse de développement. En tout état de cause, elle sera d'un an minimum.

Nous agissons en qualité d'Experts Forestiers, agréés par le CNEFAF sous les numéros EF 3895 et EF 4199, disposant d'une assurance responsabilité civile professionnelle couvrant nos expertises sanitaires et sécuritaires, et à jour de nos obligations de formation régulière, notamment en matière d'expertise arboricole.



INTRODUCTION :

Afin d'assurer la sécurité des personnes et des biens sur la rue du Port au village de Cavernes, commune de Saint-Loubès (33), Arbonautes, cabinet d'expertise forestière et arboricole est missionné pour réaliser un test d'ancrage sur le Chêne dit de la Liberté

Ce test fait suite à un examen visuel depuis le sol et des sondages au pénétromètre IML PD400, examens réalisés par Arbonautes en janvier 2021.

Une contre expertise a été demandée à l'ONF. Non concluante sur la suite à donner, il a été préconisé un test d'ancrage.

Les tests d'ancrage ont pour vocation de vérifier la résistance de l'arbre à la rupture du tronc (Volis et chandelle) d'une part ainsi qu'au renversement complet de l'arbre (Chablis) d'autre part.

Ils ne permettent pas d'évaluer la résistance des parties supérieures du tronc, des fourches, des branches charpentières et du houppier en général. Ils ne préviennent donc pas les accidents liés aux ruptures de branches et ouvertures de fourches.

NOS OPÉRATIONS

Préalablement aux tests, l'équipe d'Arbonautes effectue les préparatifs nécessaires afin d'assurer la sécurité du public pendant la réalisation des tests en raison de la force appliquée sur les arbres pour simuler des rafales de vent à 100 km/h (36m/s).

À cette fin, la municipalité prend un arrêté de voirie pour interdire la circulation et le stationnement des véhicules et la présence des piétons dans un périmètre de 25m minimum autour de l'arbre entre les 2 et 6 novembre 2021. (Arrêté en annexe)

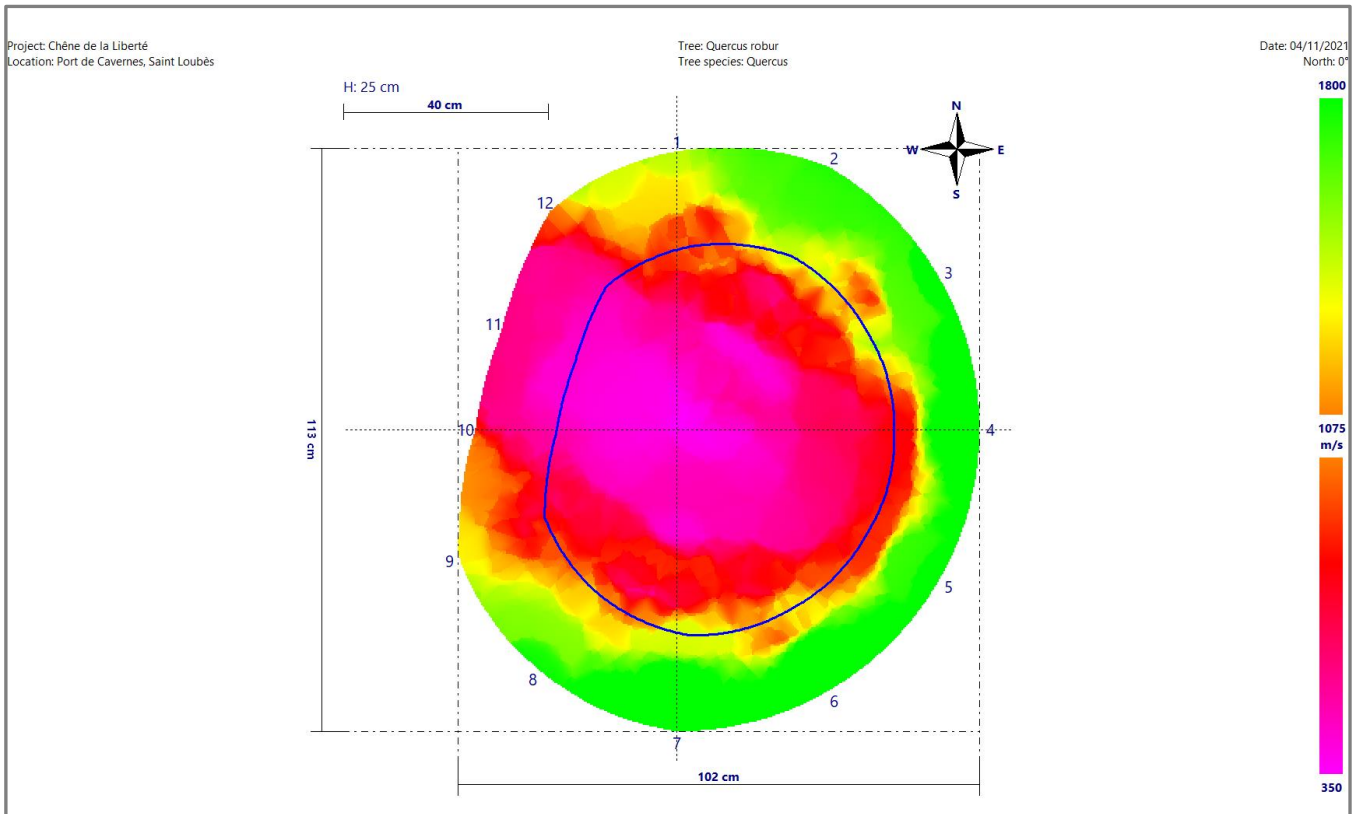
Le 4 novembre 2021, notre équipe de 5 personnes se rend sur place. Elle comprend deux experts, deux techniciens arboriste, un technicien en formation.

Les conditions de réalisation sont idéales. Le temps est sec et clair. Le vent est faible. L'avenue est dégagée, la mise en place préalable de barrières assure le détournement des véhicules. Nous agissons en présence de Madame le Maire, de membres de la municipalité, de la Police municipale et du public.

Nous procédons à une observation générale de l'environnement puis une observation minutieuse de l'arbre à tester. Le test fait suite à une première expertise. Nous évaluons visuellement l'évolution de l'arbre. Il n'y a pas de signe évident d'aggravation de l'état de l'arbre qui est toujours en feuilles.

Nous complétons l'examen précédent par une tomographie de l'arbre réalisée sur le tronc à 1.30m de hauteur.

Les vitesses enregistrées s'échelonnent entre 360 et 1800m/s. 360m/s correspondent à la vitesse du son dans le vide. 1800m/s représentent la vitesse normale de propagation du son dans le bois de chêne sain. En dessous de 1500m/s on peut considérer que le bois a perdu ses capacités de résistances et ses fonctions mécaniques de soutien. La tomographie confirme que le bois est dégradé au-delà de la limite de 33% de Paroi Résiduelle de Bois Sain. (Courbe bleue sur le graphique ci-dessous). Seule une mince pellicule de bois est suffisamment résistante pour assurer une bonne propagation du son.



3 : Graphique de la tomographie du Chêne de la Liberté de Saint-Loubès avec indication du seuil de PRBS à 33%.

Les résultats de la tomographie sont intégrés dans le logiciel Arbostapp (RinnTech) pour déterminer l'emplacement du centre de gravité de l'arbre, point préférentiel sur lequel appliquer la traction.

Aperçu de l'arbre

Paramètres de charge du vent

Réduction: 1 2 3

Estimation de la charge du vent: Plein -C

Sécurité: l'acceptation et l'évaluation

La perte de capacité de charge relative en coupe transversale: 31%

Réduction de la charge due au vent due à la différence de haut 0%

Correction de l'âge: 56%

Niveau de sécurité relatif: +8% >> ~ 108%

Section transversale

Nouveau Select Overlay

H: 25 cm

60% 40%

Arbre no.	Chêne de la...	Espèce:	Quercus robur
Hauteur:	[m] 15	DBH:	[cm] 115
Hauteur:	[m] 15		
Âge:	[Ans] 148	Matura:	[Ans] 80
Lieu	Banlieue	Taux de croissance	[%] 0.25
Adresse:	Cavernes, Saint Loubès		
Propriétaire:			
Projet:			

2 : Compte-rendu de l'évaluation du coefficient de sécurité position du Barycentre de l'arbre dans Arbostapp (RinnTech)



Le coefficient de sécurité calculé est de 108 % en prenant en compte tous les éléments favorables. Ce coefficient est inférieur au coefficient minimum de 150 % attendu pour l'évaluation de la sécurité d'un arbre, pour les professionnels et les organismes extérieurs comme les compagnies d'assurances.

La tomographie est complétée de sondages au résistographe, effectués à la base des charpentières à 4 m de hauteur minimum. La PRBS des charpentières est largement inférieure au seuil de 33% du rayon, comprise selon les charpentières considérées entre 2 et 6cm. Cet état est aggravé par le poids et la longueur des bras associés à une grande prise au vent.



4: Dispositif de tomographie Arbotom

La tomographie et les sondages au résistographe, révèlent une Paroi Résiduelle de Bois Sain très en deçà du minimum attendu, quel que soit le point sondé.

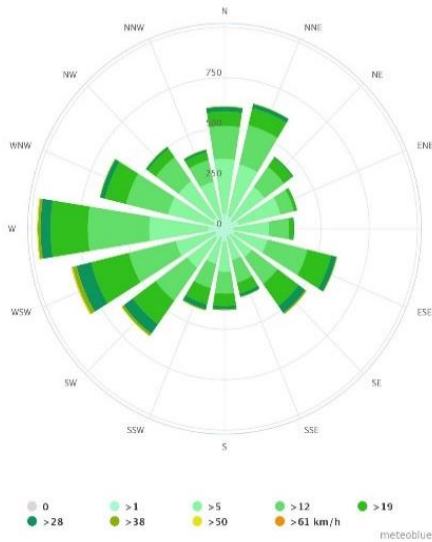
Le point d'ancrage ne peut être fixé au niveau calculé par le logiciel en raison du départ très bas des charpentières et de l'état de dégradation des axes verticaux à la hauteur idéale de fixation, à 9 m du sol. Le point d'ancrage est donc fixé en dessous du point idéal à 3.80 m du sol.

Les conséquences de cette position de traction sont que la force est exercée sur un axe plus court et que la déformation de l'ensemble de l'arbre enregistrée par le dispositif, sera sous-estimée par rapport à la déformation induite par un vent dont la force s'appliquera au barycentre de l'arbre.





LE VENT ET LA DIRECTION DE TRACTION



5 : Rose des vents, direction dominante à St Loubès (33) _ Météoblue

Les vents dominants sont de secteur Ouest. Ils remontent l'estuaire de la Gironde et la vallée de la Dordogne. Canalisés par la vallée, ils viennent frapper le fonds de la courbe de la Dordogne, au niveau de la rive de Cavernes, entre 3 et 5 m d'altitude avant d'être freinés par le dénivelé rapide de 20 m à moins d'un kilomètre au niveau de la voie ferrée et jusqu'au-delà de la départementale D242.

Le secteur est occupé de terres agricoles de zones boisées, de haies et d'habitats dispersés. Le coefficient de rugosité retenu est de 0.20.

Les vents, arrivés sans frein depuis l'océan peuvent souffler en rafales irrégulières et violentes.

Dans l'axe de la Dordogne, le chêne est donc soumis à un vent de secteur Nord-Ouest dominant. L'axe Nord-Sud de la rue et la proximité de l'arbre avec les bâtiments à l'Est et au Sud-Est ne permet pas d'exercer la traction dans l'axe des vents les plus forts et les plus fréquents.



6 : Directions des tractions pratiquées sur le Chêne de la Liberté.

Les directions des tractions tiennent compte du débattement nécessaire à la traction soit 25m à minima.

Une fois les examens réalisés et les préalables aux tests définis, nous procédons aux tests d'ancrage proprement dits.

La prise de données est réalisée à l'aide de deux élastomètres et de deux inclinomètres qui mesurent l'allongement (ou la compression) des fibres du bois, d'une part, et l'inclinaison du plateau



racinaire d'autre part, lorsqu'on applique à l'arbre une charge de vent de 36m/s. Les données fournies par ces quatre capteurs sont recueillies et traitées simultanément par le logiciel associé au matériel, dans un ordinateur relié aux différents capteurs. Un dynamomètre est fixé sur le câble de traction pour suivre la force appliquée sur l'arbre.

Le test est sécurisé par des valeurs limites qui déclenchent une alarme lorsque les résultats en temps réel dépassent les normales. Cela évite d'appliquer à l'arbre une charge supérieure à son seuil de rupture ou de renversement.



9 : Un des deux inclinomètres pour la mesure de stabilité du plateau racinaire



7 : Élastomètres pour mesurer l'étirement des fibres du bois (Fakopp)



8 : Dispositif d'ancrage de la traction



10 : Installation du câble sans mise en tension

Le point d'ancrage est un véhicule de chantier dont le poids est très supérieur à la charge qui doit être appliquée lors de la traction.

L'arboriste place les câbles dans les arbres selon les possibilités mécaniques de l'arbre, les prescriptions fournies par Arbostapp, la configuration des lieux et les conditions aérologiques locales.



RÉSULTATS DES TESTS DE TRACTION :

Deux tests sont réalisés sur le Chêne selon deux angles de traction différents.

L'ensemble des paramètres des tests de traction effectués sur l'arbre sont repris dans le tableau ci-dessous. Les courbes résultant de ces mesures, pour chaque inclinomètre et chaque élastomètre sont annexées en fin de rapport.

Lieu	Essence	Circonf. 1.3	Hauteur totale	Azimut ancrage	Hauteur ancrage	Écart de hauteur d'ancrage	Distance d'ancrage	Facteur de trainée	Vitesse de vent	Surface de couronne	Hauteur du centre de la couronne	Hauteur élasto 1	Hauteur élasto 2	Azimut élasto 1	Azimut élasto 2	Azimut inclino 1	Azimut inclino 2	Hauteur inclino 1	Hauteur inclino 2
Rue du port - 33450 St-Loubès	<i>Quercus robur</i>	362 cm	15 m	285 O	3.80 m	0 m	34.0 m	0.25	36 m/s	125 m ²	9.0 m	193 cm	91 cm	100 E	110 E	124 SE	31 NE	0 cm	0 cm
Rue du port - 33450 St-Loubès	<i>Quercus robur</i>	362 cm	15 m	245 O	3.80 m	0 m	32.5 m	0.25	36 m/s	125 m ²	9.0 m	193 cm	91 cm	100 E	110 E	124 SE	31 NE	0 cm	0 cm

11 : Coefficients et facteurs retenus pour les mesures

Les paramètres tiennent compte de l'essence de la dendrométrie, du niveau de rugosité du milieu environnant, du positionnement des capteurs,...

Les résultats du test pour chaque capteur, sont restitués sous la forme d'un coefficient qui indique le niveau de sécurité pour cette mesure uniquement. (Cf annexe Descriptif, principes et application du Test de traction).

Le tableau des coefficients restitués par les quatre capteurs lors des deux mesures sont repris dans le tableau ci-dessous :

Lieu	Essence	Circonf. 1.3	Hauteur totale	Azimut ancrage	Coeff élasto 1	Coeff élasto 2	Coeff inclino 1	Coeff inclino 2
Rue du port - 33450 St-Loubès	<i>Quercus robur</i>	362 cm	15 m	285 O	3.04	3.04	3.04	2.83
Rue du port - 33450 St-Loubès	<i>Quercus robur</i>	362 cm	15 m	245 O	3.04	3.04	3.04	2.83

Les coefficients sont **tous supérieurs à 2** ce qui indiquerait que l'arbre est stable au renversement et qu'il est résistant à l'élongation et donc peu sensible pour le bris du tronc sous le vent.

DISCUSSION SUR LES RÉSULTATS ET RÉSERVES :

L'impossibilité de placer le câble de traction à la hauteur du barycentre de l'arbre augmente automatiquement le coefficient de stabilité. La fiabilité du coefficient de résistance à l'élongation est donc biaisée, le taux d'erreur n'étant pas évalué.

Le collet initial de l'arbre est enterré et l'aménagement rend impossible le dégagement du plateau racinaire pour retrouver le niveau initial. Le plateau racinaire est lesté par l'amas de terre et les aménagements de pierre et de Béton comme un 'pied de parasol" le serait avec des dalles bétons. L'examen pratiqué plus tôt au cours de l'année a montré que l'arbre est sujet à une pourriture interne remontante et qu'il y a une cavité sous le plateau racinaire dans l'axe du tronc, où s'exerce le poids de l'arbre.

La dégradation des racines s'étend à une vitesse qu'il nous est impossible de vérifier et la perte de fonction d'ancrage sera à la fois brutale et silencieuse avec l'accélération de la dégradation, le champignon responsable du délitement du bois n'ayant plus beaucoup de matière à sa disposition.



Lorsque les racines seront dégradées jusqu'à l'intérieur du cercle des aménagements, la stabilité de l'arbre sera radicalement modifiée.

L'examen précédent n'avait pas mis en question la stabilité globale de l'arbre. Les risques détectés concernaient d'une part le risque d'effondrement de l'arbre sous son propre poids, d'autre part un risque élevé de rupture des charpentières.

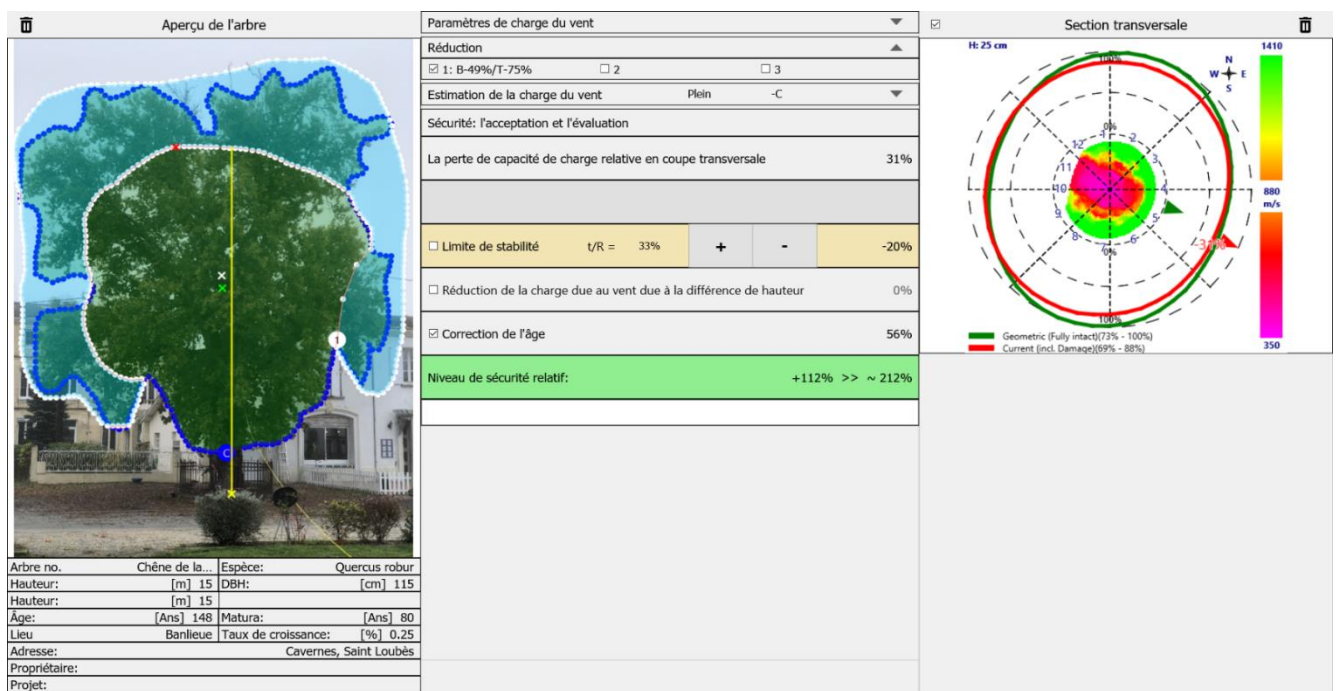
Les examens complémentaires associés au test de traction, la tomographie et les sondages des charpentières ont confirmé cette situation à risque.

Le test de traction n'a pas apporté de complément de réponse sur ces risques précis qui restent exactement évalués de la même manière, c'est-à-dire **un niveau de risque élevé et imminent dans un secteur fréquenté et à proximité d'équipements**.

La simulation d'une réduction du tiers de la longueur des charpentières et de la moitié du volume total du houppier et de son poids provoque une remontée du coefficient de sécurité à 212 % : Ce coefficient est en conformité avec les exigences pour la sécurité du public et la gestion des risques.

L'opération de réduction ampute l'arbre de plus de la moitié de sa surface foliaire ce qui peut conduire à sa mort ou impliquer une forte réduction de sa longévité en terme physiologique. Mais l'opération réduit la masse des branches sur la structure la prise au vent et le risque de rupture ou d'effondrement à court terme.

C'est donc une solution médiane, qui permet une espérance de maintien statique à échéance de 5 ans sous réserve que l'arbre supporte la mutilation.



12 : simulation de réduction du tiers de la longueur des charpentières



PRÉCONISATIONS :

Nous préconisons une réduction sous 6 mois, à minima du tiers de la longueur des charpentières, correspondant à une réduction de 50 % du volume de houppier vert, et une réduction équivalente de la masse qui exerce son poids sur les enfourchements fatigués des charpentières.

Cette solution a pour but de réduire le risque pour les personnes et les biens en limitant le risque d'effondrement ou de bris.

Mais exigeant une grande quantité d'énergie de l'arbre et amputant de moitié sa capacité de photosynthèse, elle est susceptible de conduire à une mort prématurée de l'arbre.

Cette réduction s'accompagnera d'une mise en sécurité de l'arbre et d'une information panneauisée pour le public.

La durée de validité des présentes conclusions est fixée à un an.

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 événements climatiques exceptionnels et/ou des travaux, effectués sur ou à proximité des arbres, pouvant affecter leur fonctionnement physiologique ou leurs résistances mécaniques.

Nous pensons avoir répondu à la mission.

Fait à Pessac le 17 novembre 2021,
pour servir et valoir ce que de droit.

F. RICHARD

B. GAYAUD

Experts Forestiers Associés



ANNEXES :

- 1 : Descriptif, principes et application du Test de traction
- 2 : Courbes des sondages au résistographe des charpentières
- 3 : Planches contact des courbes des élastomètres et inclinomètres
- 4 : Planches contact des clichés de la mission
- 5 : Arrêté municipal de voirie



Annexe n°1 :

LE TEST D'ANCRAGE FAKOPP DESCRIPTIF, PRINCIPES ET APPLICATIONS, CHOIX DES FACTEURS :

Le test est réalisé avec le kit de test de traction pour les arbres FAKOPP, constitué de jeux de 2 inclinomètres et 2 élastomètres, d'un câble relié à un dynamomètre mesurant la tension appliquée sur le câble et donc la force de traction exercée sur l'arbre. L'ensemble est relié en direct à un ordinateur portable équipé du logiciel de calcul qui contient les algorithmes permettant de traduire les résultats des capteurs en coefficient de sécurité. Les charges : L'arbre est sujet à deux sortes de charges, celles liées à son poids et à la résistance de sa structure à la pression, et les charges d'origines extérieures dont le vent. La masse de l'arbre exerce une force verticale qui s'applique vers le sol au niveau de la projection au sol de son centre de gravité, G. Il est donc important de considérer l'homogénéité du houppier et de s'assurer que cette projection de G se situe bien dans les abords immédiats du centre du plateau racinaire. Plus il est proche, plus l'arbre est stable.

En sens inverse, le matériau bois exerce une force de résistance dirigée vers le haut et dans l'axe des fibres du bois, dont l'intensité est supérieure à celle du poids et qui la compense largement dans le cas d'un sujet homogène et de bonne verticalité. 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. Ces charges appliquent des forces latérales qui agissent comme des bras de levier. Les arbres sont stables au renversement quand la somme des forces qui s'appliquent est nulle ou lorsque les forces de basculement sont inférieures aux forces de résistance de l'arbre. Il en va de même pour le risque de bris : les parties aériennes de l'arbre se comportent comme un axe surmonté d'une zone de contact. Le vent exerce une poussée sur la zone de contact comme une masse en mouvement sur un mur, cette poussée entraîne un effort sur l'axe qui se déforme, il s'allonge au vent et se comprime sous le vent, jusqu'au dépassement de son seuil de rupture. Les élastomètres mesurent cet allongement en fonction de la masse appliquée au houppier et vérifie que le seuil de rupture n'est pas atteint. Des charges supplémentaires par exemple dues à la neige ou à la glace peuvent aggraver la charge de vent.

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 lignine, 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. Les paramètres 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 symétrie est également importante car elle conditionne l'intensité du moment de torsion qui s'applique sur l'axe de l'arbre. 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 \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.

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. 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. Le test d'ancrage permet donc de s'affranchir en partie des a priori induits par les examens préalables en particulier ceux qui révèlent des cavités au niveau du tronc.

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. 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... L'ensemble des paramètres extérieurs ainsi que les données dendrométriques de l'arbre sont combinés dans le logiciel du test de traction en un algorithme qui aboutit au calcul d'un coefficient de sécurité globale de l'arbre ou facteur de sécurité. Exprimé en nombres ou en pourcentage, le facteur de sécurité doit être supérieur à 2 (200%) pour que l'arbre soit réputé stable ou résistant au bris. L'évaluation de la sécurité de basculement (limite de basculement) des arbres est impossible en utilisant uniquement des méthodes d'évaluation visuelle. Les fouilles radicaires 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 apparaît lorsque les racines sont sectionnées à environ 1 mètre à 1,3 mètre du tronc de l'arbre.



Des études sur plusieurs centaines d'arbres soumis à des tractions jusqu'au basculement ont permis d'établir des courbes de basculement de référence. Ces courbes indiquent qu'il suffit d'atteindre et de maintenir une force de traction qui engendre une inclinaison de 2.5 à 4° pour engendrer le basculement complet de l'arbre. 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 poursuit 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 dans les calculs. C'est ce que calcule l'algorithme du test Fakopp. 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 36m/s soit 129 km/h Lorsque le coefficient est supérieur à 2 l'arbre est considéré comme très fiable, les valeurs entre 2 et 1,5 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 1,5, 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.

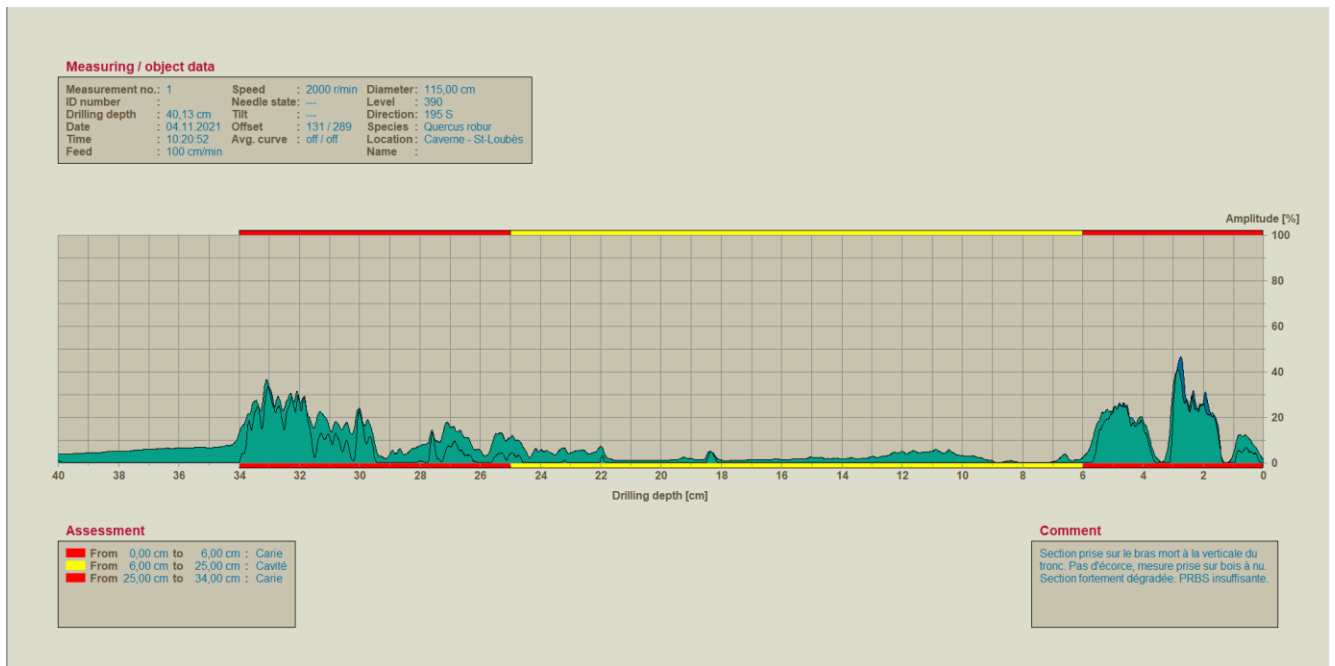
LES LIMITES DE LA MÉTHODE :

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.

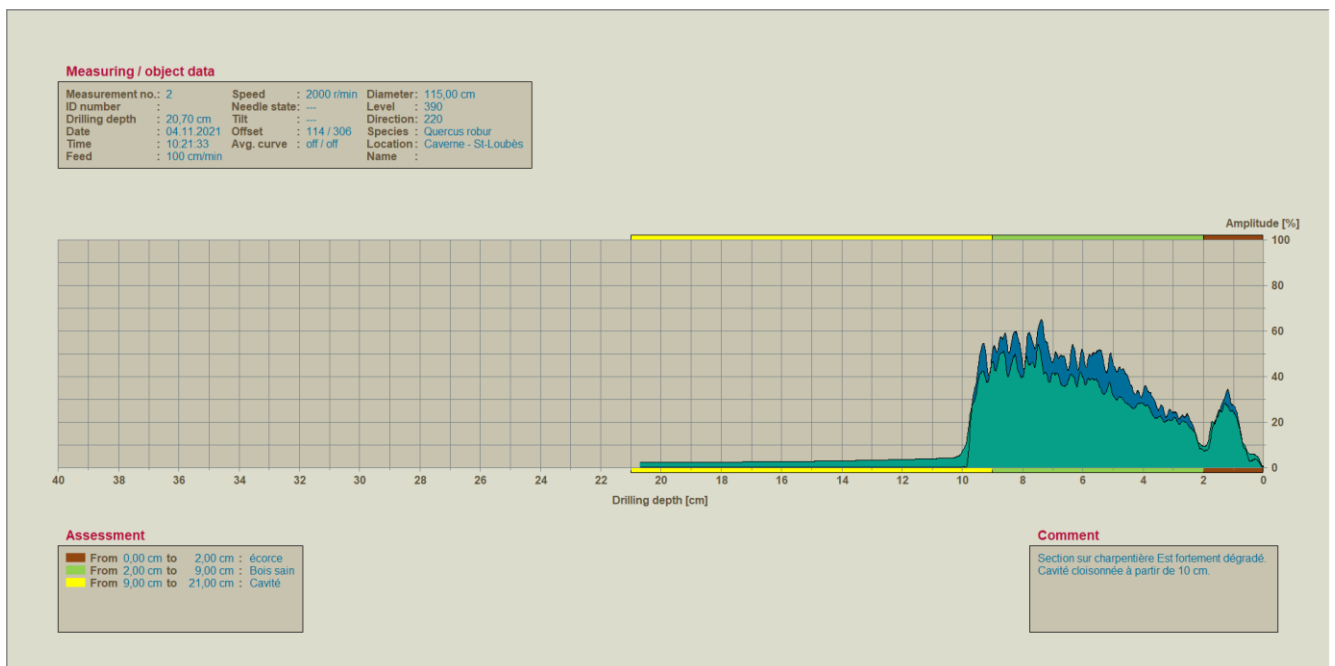


Annexe n° 2 :

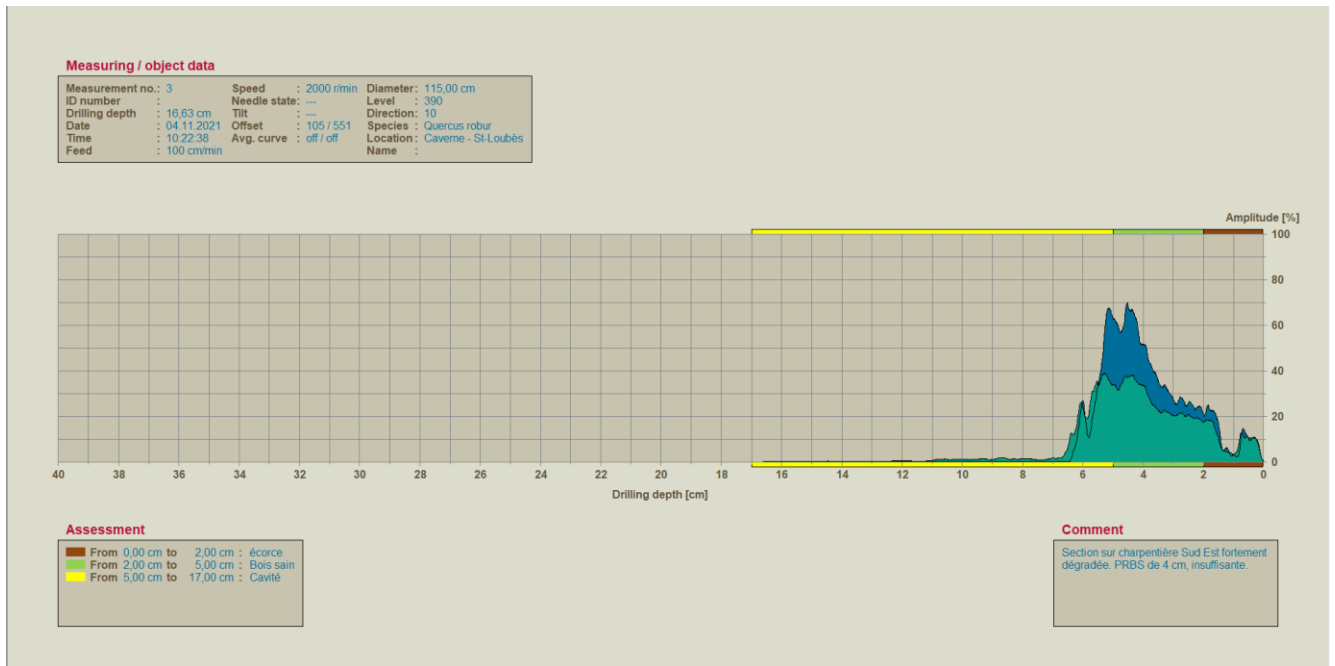
COURBES DES SONDAGES AU RÉSISTOGRAPHE RÉALISÉES DANS LES CHARPENTIÈRES



13 : Bois de la charpentièrre centrale totalement dégradé



14 : Bois de la charpentièrre Sud avec cavité de plus de 10 cm de vide complet.



15 : Bois de la charpentièrre Est totalement disparu avec cavité de plus de 10cm de profondeur et 4 cm de PRBS