VILLE DE Dinard

DIAGNOSTIC APPROFONDI ARBRE CONSEIL®

Ville de DINARD (35) - Parcs du Port Breton et des Tourelles

Diagnostic d'un pin de Monterey par test de traction

Avril 2019

- Client / Maître d'Ouvrage : Commune de DINARD
- Structure de réalisation : Agence Etudes Seine-Nord - Pôle Arbre Conseil®

1ère version d'exploitation des données

Office National des Forêts

Sommaire

Synthèse de l'étude 2

Présentation de l'étude 2

1. Principes méthodologiques 3

1.1. Méthode utilisée 3
1.2. Conditions et limites expertales 4
1.3. Historique de gestion et caractéristiques du site d'étude 6

2. Diagnostic visuel 7

2.1. Diagnostic visuel 7
2.2. Bilan 8

3. Localisation, historique et caractéristiques du site 8

3.1. Plan de l'arbre expertisé 8
3.2. Les contraintes locales 8
3.3. Prise en compte de l'environnement 10

4. Les moyens mis en oeuvre 11

4.1. Les élastomètres 11
4.2. Les inclinomètres 11
4.3. Le dynamomètre 12
4.4. Positionnement des capteurs 12

5. Les résultats du test de traction 12

5.1. Les facteurs de sécurité 12
5.2. L'évolution des facteurs de sécurité 12
5.3. Analyse sur le pin de Monterey n°244 13

6. Préconisations et perspectives 14

Conclusion 14

Annexe 1 : Résultats détaillés des tests de traction

Synthèse de l'étude

Ce rapport d'étude présente les résultats du diagnostic approfondi par test de traction, réalisé sur le pin de Monterey n°244 du parc de Port Breton. Ce travail fait suite à un diagnostic visuel de l'arbre et à la suspicion d'un soulèvement du système racinaire.

La mise en oeuvre du test de traction a permis de préciser l'état mécanique de l'arbre au niveau du système racinaire que du tronc grâce à la pose de capteurs enregistrant les déformations du bois ou l'inclinaison lorsqu'une force est exercée; cette force simulant la force subit par l'arbre lors d'un coup de vent.

Le bilan du test révèle des faiblesses structurelles importante du système racinaire. Ces faiblesses sont accrues suite à la suppression de plusieurs arbres à proximité du pin au cours des deux dernières décennies. Cette absence induisant une moindre protection de l'arbre. Un groupe d'arbre exerce un effet protecteur mutuel sur chacun des arbres le constituant ; l'arbre une fois devenu plus isolé mettra plusieurs années voire décennies à se renforcer en produisant du bois de compensation.

Bilan du pin de Monterey n°244	Travaux
Préconisation	Abattage de l'arbre : même une réduction de hauteur ne suffirait pas à le sécuriser.

Figure n°1: intervention préconisée.

Photographie n°1: vue de l'arbre depuis le sud sud-est

Le rapport complet sera transmis avec celui des deux autres arbres étudiés les 29 et 30 avril 2019

Présentation de l'étude

- Rappel de la commande

La commune de Dinard a missionné l'Office national des forêts pour la réalisation d'un diagnostic approfondi par test de traction sur 3 arbres dont le pin de Monterey n°244 du parc du Port Breton. L'objectif de l'étude est d'assurer la sécurité des usagers. En effet, l'état actuel de l'arbre suspecté de soulèvement et d'inclinaison récente supplémentaire par rapport à sa gîte antérieure (la gite actuelle est de 12°) et à le fait que l'arbre soit en situation assez isolée ont incité à la réalisation d'un diagnostic approfondi. La prestation d'étude est composée de plusieurs éléments :

— une étude individuelle par test de traction de l'arbre ;

— le bilan de son état général.

- Conditions de l'interventions

Cette étude s'est déroulée le 29 avril 2019. Les relevés de terrain ont été réalisés par un expert Arbre Conseil et deux grimpeurs de la ville de Dinard en présence de Madame Virginie Delorme, responsable du service Espaces Verts.

1. Principes méthodologiques

1.1. Méthode utilisée

1.1.1. Principe du diagnostic

L'étude repose sur l'observation et l'analyse des défaillances mécaniques et physiologiques pouvant avoir une incidence sur la dangerosité de l'arbre. Cette méthodologie de détection des défauts est inspirée de la méthode du centre de recherche de Karlsruhe : méthode VTA (Visual tree assessment) développée par C.MATTHECK.

L'appréciation de la probabilité de rupture est obtenue en considérant les seuils usuellement utilisés dans l'évaluation de la tenue mécanique des arbres.

Le diagnostic est basé sur l'observation détaillée de toutes les parties visibles, le jour de l'étude : départs des racines, collet, tronc, axes maîtres, ramifications… En l'absence de symptôme, l'examen s'arrête. Si un symptôme est présent, l'investigation se poursuit jusqu'à son évaluation suivant les prescriptions de la commande.

Toutes les observations ne sont pas systématiquement relevées, dans la description de l'arbre. Les défauts, n'ayant pas d'influence quant à l'avenir de l'arbre, ne seront pas signalés.

L'analyse conduite sur l'ensemble des données collectées permettra d'établir une évolution possible de l'arbre. Toutefois, cette dernière peut être dépréciée par des phénomènes (anthropiques, climatiques…) non perçus ou non sus lors de l'étude. Il en est de même pour ceux survenant après l'étude.

1.1.2. Méthodologie employée lors du diagnostic

L'examen de l'arbre est effectué depuis le pied du sujet, à l'œil nu, sans décaissement des racines, sans aucun moyen élévatoire. Il est basé sur l'observation de toutes les parties visibles de l'arbre, le jour de l'étude : racine, collet, tronc, axes maîtres, ramifications…

Les outils mis en œuvre lors du diagnostic de l'arbre sont : un mètre ruban, une canne métallique, une serfouette, un couteau, un maillet, des jumelles…

Le diagnostic consiste à rechercher selon une méthodologie précise les symptômes externes traduisant un dysfonctionnement physiologique, un problème mécanique ou sanitaire. L'appréciation de l'arbre résulte :

— de l'évaluation des contraintes environnementales, par la définition des cibles pouvant être atteintes en cas de chute et des facteurs de l'environnement contraignant l'arbre dans son développement et sa stabilité.

— de l'évaluation du stade de développement, qui est indépendant de l'âge réel de l'arbre et correspond à son niveau d'épanouissement, par l'observation de la couronne de l'arbre afin d'appréhender l'organisation architecturale mise en place ;

— de l'évaluation du comportement physiologique, par l'examen de la vigueur, de la vitalité, de l'architecture de la couronne, par la recherche d'éventuels dysfonctionnements ;

— de l'évaluation de l'état mécanique du tronc et de la couronne, par la recherche de défaut indiquant la présence ou pas de faiblesses mécaniques visibles durant la période du diagnostic, par des tests sonores au maillet sur les parties accessibles permettant de détecter la présence d'altération des tissus internes grâce à la perception auditive de la sonorité obtenue, par la collecte de défauts de port ;

— de l'évaluation de la qualité de l'ancrage racinaire, par l'observation du développement du plateau racinaire et des prospections menées au collet et sur les empattements au-dessus du sol (aucune prospection racinaire n'est effectuée), puis enfin par l'examen succinct des conditions édaphiques du site ;

— de l'évaluation de l'état sanitaire, par l'observation de toutes les parties de l'arbre (depuis l'empattement jusqu'à la frondaison) afin de détecter la présence d'agents pathogènes (champignons, insectes…) visibles durant la période de diagnostic et leur identification afin d'appréhender l'évolution du défaut suivant le pouvoir infectieux, le degré de parasitisme au niveau des zones infectées…

Chaque arbre fait l'objet d'un relevé individuel détaillé. Il est numéroté et positionné sur plan.

1.1.3. Approfondissement du diagnostic

Diagnostics approfondis : Visite en hauteur, Resistograph et Tomographe Picus à ondes sonores.

La démarche de diagnostic est une démarche progressive. Le diagnostic initial se base sur l'analyse visuelle de l'arbre, analyse complétée par l'utilisation d'un maillet qui permet la détection des altérations internes (en fonction de la résonnance du bois). Le premier diagnostic au sol a permis de sélectionner les arbres pour lesquels un diagnostic approfondi était nécessaire. Une résonnance suspecte révélée par le maillet ou la présence de cheminées dans le houppier peuvent motiver la mise en place d'un diagnostic complémentaire.

Le pénétromètre Resistograph® :

Il est utilisé si nécessaire par l'expert. Les mesures sont restreintes aux parties défectueuses ou supposées telles et ne pouvant être appréciées visuellement.

Il s'agit d'un appareil qui mesure en continu la résistance du bois au perçage d'une aiguille fine insérée dans l'arbre à force constante. La résistance au perçage de l'aiguille est transmise à un curseur avec stylet qui trace le profil du perçage sur un papier. Les zones altérées, qui se caractérisent par un résistance moindre à la pénétration de l'aiguille, sont alors visibles sur le graphique (rupture de courbe). Le graphique, appelé resistogramme, est à l'échelle 1:1 pour en faciliter la lecture: cela permet en effet d'estimer précisément l'épaisseur de bois sain résiduel sur un sondage.

Dans certains cas, le sondage au Resistograph est couplé à d'autres examens complémentaires (visite en hauteur ou tomographe).

Le Tomographe PICUS® :

Le Tomographe Picus est un appareil qui calcule la vitesse d'ondes sonores à travers le bois. La vitesse des ondes dépend du coefficient d'élasticité et de la densité du bois étudié. Les altérations internes (cavités, foyers de pourritures blanches ou cubiques) affectent les propriétés élastiques et la densité du bois et entraînent une perte de tenue mécanique.Composé d'une série de capteurs disposés sur le pourtour de l'arbre, le Tomographe Picus permet l'obtention d'une cartographie de la section transversale étudiée.

Le Test de traction Arbostat® :

Dans ce tte étude le test de traction a été mis en oeuvre afin de préciser l'état mécanique actuel de l'arbre. Le test de traction permet de tester l'ancrage racinaire de l'arbre et la résistance en flexion du tronc en différents points. Pour ce faire, plusieurs appareils sont utilisés:

- des inclinomètres positionnés sur le plateau racinaire.

- des élastomètres positionnés sur le tronc, dans le sens de la traction. Ils doivent être positionnés sur les points de faiblesse du tronc. Dans notre cas, il s'agit de la cavité remontante au collet (deux élastomètres) et de la cavité au dessus de la fourche (un élastomètre).

- un dynamomètre permettant la mesure en temps réel de la force exercée sur l'arbre.

La visite de couronne en hauteur :

Il s'agit de compléter les observations effectuées depuis le sol, par des observations en hauteur depuis une nacelle ou par un grimper dans l'arbre. L'expert peut-alors mettre en oeuvre les outils précédemment décrits et quantifier des défauts.

1.2. Conditions et limites expertales

1.2.1. Conditions d'intervention

L'examen correspond à une commande passée. Il a été effectuée dans les limites des observations possibles ; conditions inhérentes à l'arbre lui-même ou à son milieu. La visibilité et l'accessibilité sont indispensables pour la réalisation du diagnostic.

1.2.2. Limites relatives à l'arbre

L'arbre est un être vivant, en évolution. Il forme une structure architecturée et partiellement masquée. Le fait qu'il ne présente aucun défaut détectable, ne constitue pas une garantie de l'absence de tout risque au moment de l'observation, et à fortiori dans le futur. Un arbre sain, peut se rompre dans diverses circonstances, indépendantes de son état. Sans antécédent notoire, certains bris (tels que la rupture estivale, par exemple) ne peuvent pas être pressentis. A l'opposé, pour un arbre présentant des défauts, les risques peuvent être gérés soit par les propres capacités de réaction de l'arbre lui-même, soit par une intervention humaine.

Le système racinaire sert à fixer l'arbre au sol. Cet organe, par définition, se trouve donc caché presque en totalité. Toutes les interventions qui peuvent être réalisées à proximité (telles que l'ouverture de tranchées, le déblai ou remblai, la compaction du sol…) peuvent générer des défauts. Lors du diagnostic, ils peuvent ne pas être appréhendés. L'évolution proposée peut donc être sous-estimée. Certains défauts racinaires, sans manifestation externe, peuvent engendrer une rupture, lors de tensions.

Selon la saison durant laquelle est conduit le diagnostic, la perception de l'arbre peut être différente. En période de végétation, les feuilles peuvent masquer certains défauts placés sur des branches. En période de repos végétatif, le fonctionnement physiologique peut être mal appréhendé ; le feuillage composant un élément déterminant dans la quantification d'un désordre. Toutes les pathologies ne peuvent pas être détectées. Certains champignons lignivores ont une période de fructification très limitée. Les pathogènes foliaires nécessitent la présence des feuilles…

La présence de lianes ou toutes formes de rejets, de façon localisée ou généralisée sur l'arbre, contribue à cacher certaines structures et donc gêner leur observation.

L'arbre présente, en général, une grande inertie dans sa réponse à un stress ou à une blessure. La réaction traumatique ne peut se manifester qu'au bout de plusieurs mois, voire plusieurs années après l'élément déclencheur.

L'étude constitue donc une photographie instantanée de l'état mécanique et sanitaire de l'arbre. Elle induit une analyse de la dangerosité de l'individu, au jour de l'étude, suivant les éléments portés à la connaissance de l'expert.

La dangerosité des arbres est définie d'après un arbre 'normal', soit avec un comportement physiologique et des états mécanique et sanitaire satisfaisants.

1.2.3. Limites inhérentes au milieu

Un arbre est capable de vivre des centaines d'années, même dans des conditions extrêmes. De très vieux arbres, peuvent être surprenants, parfois. Un arbre est aussi un être vivant, fragile et mortel. Il peut, dans certaines situations, devenir dangereux.

La présence d'équipements ou de moyens de protection autour de l'arbre peuvent masquer certains défauts.

Les contraintes éoliennes, les anciennes blessures, les interventions dans l'environnement de l'arbre (telles que la création de tranchées, le décaissement, le compactage des sols…), peuvent générer des défauts, actuellement indécelables ou dont l'évolution peut être sous-estimée. Certains de ces défauts, sans manifestation externe ou situés au niveau du système racinaire, peuvent engendrer une rupture, lors de tensions.

Cette notion de dangerosité est cependant toute relative car elle dépend de plusieurs facteurs qui ne sont pas toujours aisés à appréhender. Elle est appréciée dans le seul cas de conditions météorologiques dites normales. Lorsque celles-ci deviennent exceptionnelles, tout arbre présente un danger réel dès lors que son environnement immédiat est à risque (zones de circulation, habitat, réseaux aériens…) et à fortiori si l'arbre présente initialement un dépérissement et/ ou une faiblesse mécanique.

Les mesures de sécurité proposées, tenteront de réduire les risques, sans qu'il soit possible de les supprimer tous.

1.2.4. Validité de l'étude

L'étude pratiquée correspond à une photographie, à un moment donné. L'arbre, comme tout être vivant va évoluer, influant sur les symptômes constatés. Cette évolution va dépendre :

— de **l'espèce** de l'arbre : essences plus ou moins propices au dépérissement et/ou pourrissement de ses tissus ;

— du **stade physiologique** : sujet ayant la capacité ou pas de réagir rapidement ;

— de son **état biomécanique** : stade d'avancement de la dégradation et/ou de l'attaque (début, avancé) ;

— de son **environnement** : milieu plus ou moins contraignant pour le sujet ;

— d'éventuels **aléas climatiques** : sécheresse, tempête…

Compte tenu du temps de réponse d'un arbre face à une agression et des autres éléments extérieurs, le diagnostic réalisé peut être rendu caduc, en tout ou partie, à court, moyen terme. Aussi, la validité du diagnostic qui a été conduit ne saurait être supérieure à une année.

De la même façon, l'environnement de l'arbre est susceptible d'être modifié, entraînant une réaction de ce dernier. Tous bouleversements des conditions environnementales et autres traumatismes divers, survenus après le diagnostic sont de nature à modifier la validité de la présente étude. Ils donneront lieu à une actualisation de l'examen.

1.3. Historique de gestion et caractéristiques du site d'étude

Le parc de Port-Breton est un parc municipal de 23 hectares, arboré et fleuri se situe face à la plage du prieuré. Port breton est aussi un parc animalier.

En 1920, Madame Meyer Sassoon, aristocrate britannique née aux Indes, décide de construire une demeure à Dinard, en bord de mer, le « Versailles dinardais ». Ensuite, le château et le parc de Port-Breton furent respectivemet achetés par la ville de Dinard en 1982 et 1989.

Etudier l'historique du site d'étude permet de rechercher un certain nombre de facteurs expliquant les désordres observés actuellement sur certains arbres. C'est le cas notamment du changement de mode de gestion des arbres ; lorsque des arbres initialement en forme libre sont ensuite fortement réduits (ce qui est le cas de plusieurs arbres du site, traités à nouveau plus librement depuis).

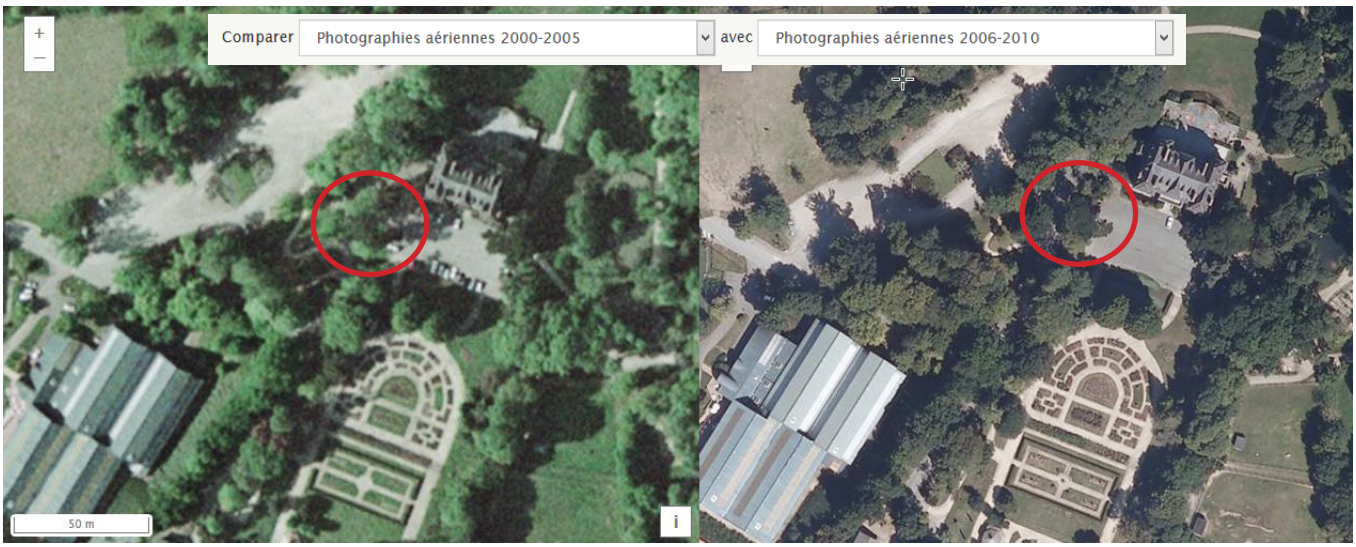
Ces changements de type de gestion ont plusieurs incidences sur les arbres :

— l'arbre implanté depuis plusieurs décennies a vu son environnement changer notamment du fait de **l'abattage d'arbres dégradés à proximité au cours de ces dernières décennies.**

— l'arbre est à proximité du château mais également d'un parking et d'une voie d'accès. Les travaux de réfection de ces voies ont probablement occasionné des désordres pour le système racinaire.

Les travaux réalisés autour des arbres adultes peuvent avoir pour conséquences immédiates la section de grosses racines, des blessures sur le tronc et les axes principaux. Les plaies ainsi occasionnées constituent des portes d'entrée pour les agents pathogènes. Les conséquences à moyen terme sur l'état physiologique et mécanique des arbres peuvent être importantes (dépérissement, risque de basculement...).

Ateliers et o
Échauffement - Éta
Étirements - Échau
Barres fixes
Sauts à pieds joints
Abdominaux inclin
Abdominaux avant e
Échelle-abdomin
Barres parallèles
Abdominaux sur pl
Saut à pieds joints
Poutre équilibre, re
Extension sur le bra
Abdominaux sur pla
Sauts espacés
Dos d'âne
Échelle horizontale
Table spinal fessier
Pyramide étirements
Barres Étirements
Espalier Étirements
WC
WC
P
P
P



Photographie n°3: COmparaison photo vers l'an 2000 et vers 2010 (Source : www.ign/remonter le Temps)

Photographie n°4: Vitalité de l'arbre

2. Diagnostic visuel

2.1. Diagnostic visuel

Un diagnostic visuel a été réalisé le même jour que le test de traction. Le pin présente une vitalité correcte. Il se trouve au stade de vitalité 2 (stagnation) stade normal pour un arbre mature, cf. photo ci-contre.

L'arbre présente un houppier assez bien développé avec une densité irrégulière de feuillage. Son houppier présente une forte assymétrie avec un développement plus conséquent de branches du côté Sud, probablement du fait de la présence d'autres arbres par le passé sur les côtés Nord et Ouest notamment.

L'arbre présente une architecture aérienne assez complexe avec 4 axes principaux insérés à environ 7m chacun de grande dimension (entre 50 et 90cm de diamètre à la base pour des longueurs de 15 à 18m environ).

L'arbre présente des racines en surface avec des suspicion de fissuration du sol autour de certaines racines côté nord.

L'insertion des quatre principaux axes présentent quelques signes d'inclusion d'écorce. Un des axes a une petite cavité près de sa base (profondeur 15cm). Du bois mort en quantité modéré est présent dans l'arbre.

Photographie n°5: Racines apparentes côté tension

Plan n°1: localisation de l'arbre

2.2. Bilan

L'arbre présente des signes d'une suspicion d'inclinaison accrue récemment sans que cela soit une certitude ; le fait que le houppier du pin s'interpénètre avec le feuillu implanté juste à côté côté sud et les signes d'un soulèvement racinaire suspecté. Il est donc nécessaire de réaliser une investigation plus poussée de son ancrage racinaire afin de bien évaluer l'impact de la dégradation suspectée. Le test de traction a été employé dans ce but et il va également permettre de tester l'état du tronc.

3. Localisation, historique et caractéristiques du site

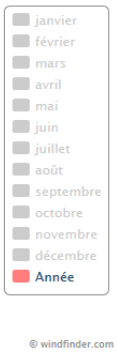
3.1. Plan de l'arbre expertisé

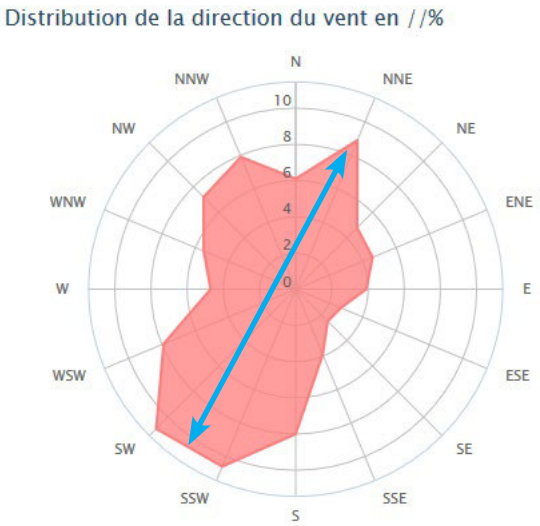
3.2. Les contraintes locales

3.2.1. La direction des vents dominants

La direction des vents dominants est un des éléments de base pour l'analyse mécanique des arbres. Un arbre soumis régulièrement à des vents soufflant de la même direction développe des bois de réaction lui permettant de résister à ces vents. La station météo la plus proche est celle de l'aéroport de Luxembourg (source windfinder.com, données 2002-2016).

La direction des vents dominants est Nord Nord-est / Sud Sud-ouest.





Direction des vents dominants

Station Météo : Dinard Pleurtuit Saint-Malo

Figure n°4: distribution de la rose des vents

3.2.2. Les directions de tractions retenues

Le test a été réalisé suivant deux directions : dans la direction Sud Ouest proche du sens des vents dominants et dans la direction Sud-Sud Est afin de tester l'arbre par rapport à la zone de faiblesse (gite et racines altérées) dans l'axe Sud- Nord.

Plan n°2: localisation des directions de traction

sens de traction

direction des vents dominants

3.3. Prise en compte de l'environnement

3.3.1. Les facteurs environnementaux

L'exploitation des données issues des élastomètres et inclinomètres est établie à partir des données d'analyse de charge du vent (surface du houppier faisant écran au vent, prise en compte des rafales de vents,...).

Pour l'analyse des conditions aérologiques, la méthode des tests de traction développée par Lothar Wessolly (Wessolly, et al., 1998) se base sur l'Eurocode 1 «Action du vent sur les structures» (AFNOR, 2000). L'effet de friction par le vent est négligé en architecture (surfaces lisses). Pour les arbres, l'effet de friction du vent sur les houppiers ne peut pas être négligé. De ce fait, deux coefficients de pondération sont mis en oeuvre:

— Le coefficient de voisinage décrit l'influence de grandes structures avoisinantes sur les vitesses locales du vent. De fait, le comportement de fluctuation du vent dans une zone proche du sol crée de fortes turbulences. De plus, la vitesse de fluctuation du vent peut-être augmentée localement par des effets d'entonnoir ou de tunnel ainsi qu'à proximité de hauts bâtiments (facteur supérieur à 1). D'autre part, une diminution de la vitesse du vent peut également survenir du fait de la pression dynamique devant une grande structure. Ces effets sont évalués conservateurs grâce au facteur de voisinage, f_N.

Dans la vitesse du vent estimée lors de la mesure, le facteur de voisinage intervient de manière linéaire comme facteur de correction.

— Le facteur d'exposition tient compte d'une éventuelle occultation de l'arbre testé par d'autres grandes structures ou d'arbres placés devant celui-ci. Par exemple, un coefficient d'exposition de 0.8 signifie que seulement 80% de la charge de vent calculée est prise en compte. Il réduit la charge totale de vent indiquée lors de la mesure et est pris en compte comme facteur linéaire f_E dans le calcul simplifié de la pression du vent.

Les connaissances sur les effets d'occultation viennent entre autre des études sur le canal du vent faites par RUCK et aussi de travaux plus anciens sur le mouvement d'air au sol dans l'environnement de bâtiments. L'influence des bâtiments diminue fortement, plus la distance par rapport à l'arbre est importante. Le coefficient d'exposition ne devrait prendre en compte que les effets qui n'ont pas encore été saisis par le choix de la catégorie du terrain. De plus, la distance entre l'arbre et la structure occultant est déterminante.

3.3.2. Le contexte local

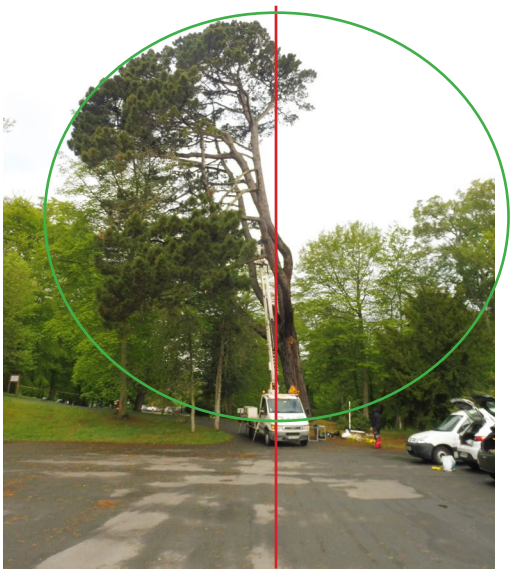
site	n° arbre	essence	direction de traction	type de facteur	valeur retenue	valeur standard
Parc Port Breton	244	*Pinus radiata*	Sud Sud-Est	facteur exposition	1	1
Parc Port Breton	244	*Pinus radiata*	Sud Ouest	facteur exposition	1	1

Au vu des connaissances actuelles il est possible de mieux tenir compte de l'écran formé par les arbres et bâtiments voisins. Les facteurs d'exposition pris en compte figurent dans le tableau suivant :

La suppression de plusieurs arbres à proximité directe du pin a modifié l'environnement de l'arbre étudié. D'une situation de groupe, il est passé à un statut d'arbre en grande partie isolé, notamment du côté nord et est.

L'arbre est dorénavant plus impacté par les vents, notamment du côté nord. Dans le cas présent le facteur d'exposition est maximal, d'une valeur de 1.

Le coefficient de voisinage est lui de 1 du fait de la proximité directe de la mer sur ce site.



Photographie n°5: visualisation de l'assymétrie du houppier , vue prise depuis le sud

L'évolution du paysage à proximité du févier a été significative depuis 20 ans du côté ouest et sud.

L'assymétrie du houppier lorsque l'on observe l'arbre depuis l'Est est flagrante.

4. Les moyens mis en oeuvre

4.1. Les élastomètres

La prise de données sur site est réalisée à l'aide d'élastomètres qui mesurent l'allongement (ou la compression) des fibres du bois. Les bandes de couleur sur les élastomètres correspondent aux couleurs données à chaque appareil. Ces couleurs se retrouvent dans les résultats. Après exploitation des données ce sont les mesures des élastomètres qui permettent d'apprécier la résistance du tronc.

Photographie n°6: Mise en place des élastomètres.

4.2. Les inclinomètres

Les inclinomètres mesurent les mouvements du plateau racinaire. Le principe des couleurs (bleu et jaune dans l'exemple ci-contre) est similaire à celui des élastomètres.

Photographie n°7: Mise en place des inclinomètres.

4.3. Le dynamomètre

Les mesures relevées sont mises en relation avec la force exercée à l'instant de la prise de mesure. La force exercée est mesurée à l'aide d'un dynamomètre.

Photographie n°8: Mise en place du dynamomètre (traction SudSudEst)

4.4. Positionnement des capteurs

Le choix des emplacements de pose des inclinomètres et élastomètres est établi en fonction des problèmes rencontrés.

Les inclinomètres ont été posés à différents emplacements en prenant soin d'éviter les contreforts racinaires pour éviter les artefacts de mesures. En posant un inclinomètre sur un mât racinaire, les risques de mesurer un mouvement de mât racinaire au lieu des mouvements du plateau racinaire est élevé.

5. Les résultats du test de traction

5.1. Les facteurs de sécurité

L'interprétation des résultats aboutit à des valeurs numériques, sans unités, appelées «facteur de sécurité».

Le facteur de sécurité de base est le résultat du rapport entre la compression subie (à 1m du sol, point le moins résistant d'un arbre) par l'effet du vent (selon l'Eurocode 1) avec la valeur maximale admissible pour l'essence étudiée:

— Un facteur de sécurité de base (SIA) <1 signifie que l'arbre n'est pas susceptible de résister au vent maximum d'après l'Eurocode 1 ;

— Un facteur de sécurité de base (SIA) > 1.5 ne nécessite pas de mesures particulières. L'arbre se situe au-delà des seuils de risque ;

— Un facteur de sécurité de base (SIA) compris entre 1 et 1.5 signifie que l'arbre résiste mais que la marge de sécurité est réduite. En général, un tel résultat aboutit à des propositions de taille de réduction dont l'ampleur est déterminée par le calcul.

Ce facteur de sécurité est un calcul théorique permettant de déterminer si un arbre dispose de réserves mécaniques ou non. En le comparant avec les facteurs de sécurité (élastomètres) issus des tests, il est possible de se rendre compte si ces réserves sont entamées par les problèmes rencontrés.

Un facteur de sécurité inférieur à 1.5 est considéré comme insuffisant et nécessite des mesures d'adaptation.

5.2. L'évolution des facteurs de sécurité

Afin de mieux visualiser l'état mécanique de l'arbre, les valeurs de facteurs de sécurité obtenues à partir des différents emplacements de pose sont comparées avec le facteur de sécurité de base en déterminant un pourcentage. Ce pourcentage est obtenu en divisant

Ce rapport est calculé pour chaque traction au niveau de chaque appareil de mesure. Il permet de détecter :

1. Le point de moindre résistance et le mettre en relation avec les constations visuelles ;

2. Evaluer la perte (cellules rouges) ou gain par bois de réaction (cellules vertes) de la résistance mécanique, aussi bien au niveau de l'ancrage que de la résistance à la rupture du tronc ;

3. Suivre l'évolution mécanique en cas de suivi par tests de traction. Certains facteurs de sécurité peuvent être suffisants avec une importante perte de résistance mécanique.

Dans l'exemple du tableau ci-dessus :

le niveau de moindre résistance se situe au niveau du tronc à 1,80m du sol de 47%. Cependant le facteur de sécurité à ce point reste largement supérieur au 1.5 minimal requis.

Par contre l'ancrage est nettement supérieur au facteur de base. Aucune faiblesse d'ancrage n'est détectée dans ce cas.

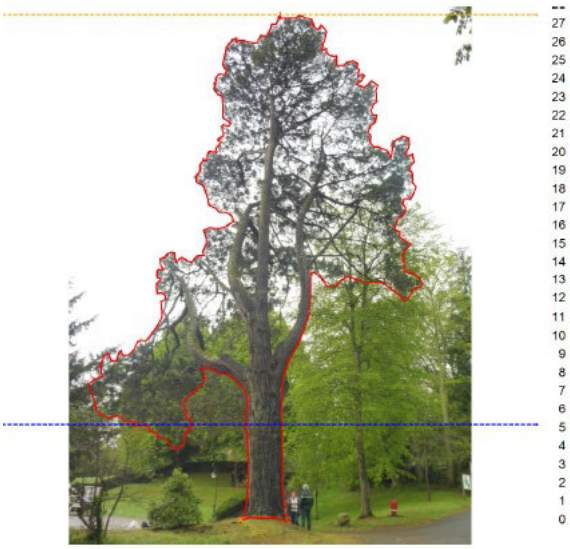
5.3. Analyse sur le pin de Monterey n°244

5.3.1. Généralités

paramètre	valeur
Hauteur totale	27,5m
Ø// à 1m du sol	128cm
Ø_|à 1m du sol	116cm
Stade de vitalité	VS 2 (Roloff)

(échelle de Roloff)

Le test de traction a été proposé suite à la suspicion d'un soulèvement des racines et d'une gite accrue récemment.



Photographie n°7: Vue générale de l'arbre. Traction Sud-Sud-Est

5.3.2. Exploitation des données du test

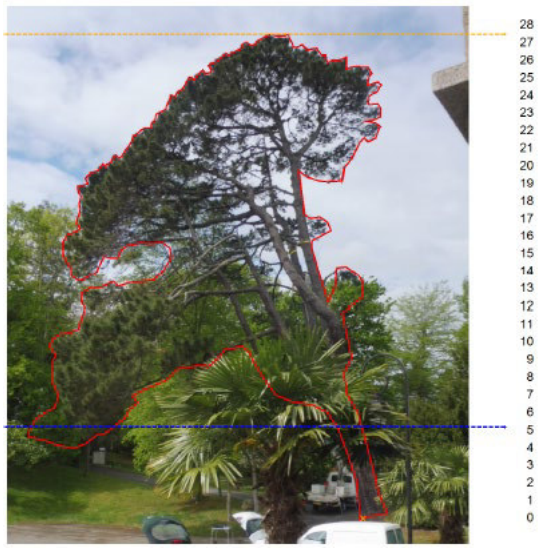
Figure n°6: Résultat de la traction Sud-Sud-Est

Traction sud-sud-est Facteur de sécurité de base: **3,6**	Elastomètre rouge	Elastomètre bleu	Date du test 04/12/2018	Inclinomètre bleu	Inclinomètre jaune
Hauteur de pose (à partir du collet initial, en mètre)	*0,85m*	*2,05m*	Direction de pose (en ° à partir du sens de traction)	*280°*	*70°*
Mesure n°1 *facteur de sécurité*	**3,09**	**3,74**	Mesure n°1 *facteur de sécurité*	**1,1**	**1,05**
Mesure n°1 *perte ou gain de résistance*	-14 %	+4%	Mesure n°1 *perte ou gain de résistance*	-69%	70%
Hauteur de pose (à partir du collet initial, en mètre)	*idem*	*idem*	Direction de pose (en ° à partir du sens de traction)	*210°*	*0°*
Mesure n°2 *facteur de sécurité*	**7,27**	**4,02**	Mesure n°2 *facteur de sécurité*	**1,26**	**1,54**
Mesure n°2 *perte ou gain de résistance*	+50%	+12%	Mesure n°2 *perte ou gain de résistance*	-65%	-57%

Figure n°7: Résultat de la traction Sud-Sud-Est

Traction sud-ouest Facteur de sécurité de base: **2,6**	Elastomètre rouge	Elastomètre bleu	Date du test 04/12/2018	Inclinomètre bleu	Inclinomètre jaune
Hauteur de pose (à partir du collet initial, en mètre)	*1,07m*	*1,79m*	Direction de pose (en ° à partir du sens de traction)	*110°*	*280°*
Mesure n°1 *facteur de sécurité*	**1,6**	**2,85**	Mesure n°1 *facteur de sécurité*	**0,99**	**1,03**
Mesure n°1 *perte ou gain de résistance*			Mesure n°1 *perte ou gain de résistance*	-62%	60%
Hauteur de pose (à partir du collet initial, en mètre)	*idem*	*7,60m*	Direction de pose (en ° à partir du sens de traction)	*10°*	*190°*
Mesure n°2 *facteur de sécurité*	**1,54**	**11,9**	Mesure n°2 *facteur de sécurité*	**1,12**	**1,17**
Mesure n°2 *perte ou gain de résistance*			Mesure n°2 *perte ou gain de résistance*	-57%	-55%

Photographie n°8: Vue générale de l'arbre. Traction Sud-Ouest



6. Préconisations et perspectives

6.3.1. Simulation de réduction de l'arbre

Quel avenir pour ce pin de Monterey?

Il ne dispose plus en l'état d'une résistance mécanique suffisante. Il y a un risque de rupture du système racinaire. Une simulation de réduction de la hauteur de l'arbre de 3m ne permet pas de retrouver des facteurs de sécurité satisfaisant.

Conclusion

A ce jour, le pin de Monterey n°244 du Parc de Port-Breton ne peut pas être maintenu, même en pratiquant une intervention de taille de réduction. La taille de réduction proposée consisterait à réduire de 3m en moyenne la hauteur de la couronne tout en gardant la forme générale de l'arbre. Outre l'aspect esthétique dégradé et l'impact sur la physiologie de l'arbre ; cette réduction ne suffirait pas à retrouver des facteurs de sécurité suffisants. L'abattage est donc la seule solution.

ETAT 3 : Arbre avec des défauts rédhibitoires

- Abattage à prévoir au plus tôt.

A Etiolles, le 2 mai 2019

Denis Gournay
Expert Arbre Conseil®

Agence Études Seine-Nord
Service administratif
Parc de la Faisanderie
77 300 Fontainebleau

Technique : 01 60 75 68 02
Administratif : 01 60 74 68 68

Champ de certification « cœur de métier » : ISO 9001 et 14001

PEFC 10-4-4 / Promouvoir la gestion durable de la forêt / pefc-france.org

Office National des Forêts
www.onf.fr