

# ÉTUDE PHYTOSANITAIRE, D'ENRACINEMENT ET DE CONSEIL DE PRÉSERVATION LORS DE CHANTIER

## Rapport de synthèse

Novembre 2021



Auteur: Zintzen ARBO  
Vincent ZINTZEN, Ir, PhD  
Rue Roberts-Jones 15/03  
1180 Bruxelles  
<https://zintzen-arbo.com/>



**Bureau d'étude :** Zintzen ARBO  
Vincent Zintzen  
Bioingénieur des Eaux et Forêts, PhD, [European Tree Worker](#)  
Rue Roberts-Jones 15/03  
1180 Bruxelles  
Mob : +32499500779  
Email : [zintzen.arbo@gmail.com](mailto:zintzen.arbo@gmail.com)  
Numéro d'entreprise : BE0728 882 744

**Date d'expertise :** Novembre 2021

**Demandeur de l'expertise :** Marine de Waziers  
Rue de la cigale 31  
1170 Watermael Boitsfort

**Adresse des arbres à expertiser :** Drève des Libellules 7  
1170 Watermael Boitsfort

**Type d'expertise :** Expertise réalisée au sol par analyse VTA et sondage pour enracinement

**Nombre d'arbres :** 9

**Espèce :** Multiples

**Objectifs résumés de l'expertise :**

1. Étude phytosanitaire des arbres de la propriété à proximité de travaux d'implantation d'une piscine.
2. Étude d'impact des travaux sur l'enracinement du hêtre remarquable de la propriété.
3. Recommandations pour la gestion du chantier afin de minimiser l'impact des travaux sur les arbres.

**Signature de l'expert :** Fait à Bruxelles, le 21/11/2021



<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>5</b>
<b>1. PRÉAMBULE .....</b>	<b>6</b>
<b>2. IMPORTANCE DU SYSTÈME SOL-RACINES.....</b>	<b>8</b>
2.1. Généralités.....	8
2.2. Application pour le hêtre et le tilleul de la propriété.....	11
<b>3. NOTE MÉTHODOLOGIQUE .....</b>	<b>12</b>
3.1. Sélection des arbres.....	12
3.2. Numérotation des arbres.....	12
3.3. Gestion des données .....	12
3.4. Dimensionnement des arbres.....	12
3.5. Diagnostic des arbres.....	12
3.6. Contrôle de la qualité des données.....	17
3.7. Valorisation des données.....	17
3.8. Sondage des racines .....	17
<b>4. RÉSULTATS .....</b>	<b>18</b>
4.1. État sanitaire du hêtre remarquable .....	18
4.2. État sanitaire du tilleul.....	19
4.3. Diversité des essences sur site.....	20
4.4. État sanitaire des arbres du site.....	22
4.5. Dangereusité .....	24
4.6. Sondage des racines .....	24
<b>5. RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>29</b>
5.1. Préservation du hêtre remarquable et du tilleul .....	29
5.2. Interventions de gestion.....	29
5.3. Organisation des travaux.....	30
<b>ANNEXE 1. FICHES RÉCAPITULATIVES.....</b>	<b>33</b>
<b>ANNEXE 2. DATA SET .....</b>	<b>33</b>

## LISTE DES FIGURES

- Figure 1.** À gauche, le hêtre pourpre de la propriété repris à l'inventaire du patrimoine naturel de la Région de Bruxelles Capitale (<https://sites.heritage.brussels/fr/trees/3987>). À droite, un tilleul de Crimée de belle dimension également implanté sur la propriété. .... 6
- Figure 2.** Vue aérienne de la propriété au 7 Drève des Libellules à Watermael Boitsfort, montrant la localisation des 9 arbres inventoriés. En bleu les limites des parcelles cadastrales. .... 7
- Figure 3.** Définition de la zone racinaire très sensible d'après Mattheck et al. Elle équivaut à un cercle autour de l'arbre dont le rayon est égal à 4x le diamètre du tronc à 1m de hauteur. .... 9
- Figure 4.** Établissement de la zone de protection des racines. Exemple : si la circonférence du tronc mesurée à 1 m du sol est égale à 1 m, alors le rayon de la zone sensible est égal à  $4 \times 1 \text{ m} = 4 \text{ m}$ . Si la projection au sol du houppier a un rayon maximal de 8 m, c'est ce rayon supérieur qui sera retenu. Figure adaptée de Bonnardot (2017). ....10
- Figure 5.** Méthode d'évaluation de la sécurité d'un arbre, inspirée de Matheny & Clark. ....16
- Figure 6.** Photos du hêtre pourpre classé à l'inventaire du patrimoine naturel de la Région Bruxelles Capitale (ID 3987). L'arbre est sans défaut majeur et présente une belle vigueur. ....18
- Figure 7.** Photos aériennes historiques de la zone entourant le hêtre remarquable au 7 Drève des Libellules à Watermael-Boitsfort. Extrait de BruCIEL. ....19
- Figure 8.** Photos du tilleul de Crimée montrant les suintements sur la fourche principale à écorce incluse ainsi que le hauban 'artisanal' (flèche rouge). ....20
- Figure 9.** Portail BRUGIS : extrait des données sur les arbres classés comme remarquables par le Service de l'Inventaire du Patrimoine Naturel de la Région Bruxelles Capitale. Les cercles jaunes sont les arbres sur pied. Un seul arbre (N°3987) est ici visible sur le site. Accédé le 21/11/2021. ....21
- Figure 10.** Coefficient de l'état sanitaire général des arbres analysés sur le site. Un chiffre élevé indique un arbre en meilleure santé qu'un chiffre faible. Coefficient de l'état sanitaire basé sur le cahier des charges type relatif aux voiries en Régions de Bruxelles-Capitale, chapitre K. ....23
- Figure 11.** Niveau de dangerosité des arbres analysés sur le site .....25
- Figure 12.** Photos des racines du hêtre observées à 14-15m de son tronc. Les flèches en rouge pointent vers les racines les plus évidentes à distinguer. ....26
- Figure 13.** Localisation des sondages réalisés pour la détection de racines (rectangle vert). Les distances en rouge sont celles entre les sondages et les bases des troncs (hêtre et tilleul). Les cercles en bleu délimitent les 'zones racinaires sensibles' pour le hêtre et le tilleul qui est calculée sur base de  $r = 4 \times$  (Circonférence arbre à 1m). Les cercles en orange délimitent les 'zones racinaires très sensibles' des arbres qui est calculée sur base de  $r = 4 \times$  (Diamètre arbre à 1m). En jaune, la proposition d'implantation de nouvelle structure (piscine). ....27
- Figure 14.** Photos des racines du tilleul observées à 6,5m (photos 1-4) et 11,0m (photos 5 et 6) de son tronc. Les flèches en rouge pointent vers les racines les plus évidentes à distinguer. ....28
- Figure 15.** Exemple de mise en place d'éléments **temporaires** de protection contre la compaction de la zone racinaire des arbres. Une couche de gravier (10-15cm d'épaisseur) ou d'écorce (20-30cm), recouverte de plaque de roulage sont des solutions possibles. Adapté de Ziemiańska M. & Suchocka M. (2013). Tree protection at the construction site. Sustainable Development Applications, 4 : 67-83. ....32

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Définition du coefficient d'état sanitaire utilisé au cours de cette étude. ....	13
<b>Tableau 2.</b> Légende des scores utilisés dans la méthode de Matheny & Clark pour l'évaluation de la dangerosité des arbres. ....	14
<b>Tableau 3.</b> Échelle des niveaux de dangerosité des arbres, d'après Matheny & Clark.....	14
<b>Tableau 4.</b> Propositions d'interventions de gestion à prévoir sur le site. Les détails sur ces actions sont disponibles dans le fichier Excel joint ( <b>Annexe 2</b> , champ 'Remarques').....	30

## 1. PRÉAMBULE

Dans le but de préparer au mieux un projet d'implantation de piscine au 7 Drève des Libellules à Watermael Boitsfort, Zintzen ARBO a été chargé de réaliser une étude phytosanitaire des arbres potentiellement affectés par ces travaux. Ce rapport analyse également l'impact qu'aurait l'implantation des nouvelles structures sur le système racinaire du hêtre remarquable (**Figure 1**) situé sur la propriété. Enfin, des préconisations afin de minimiser l'impact de travaux sur le patrimoine arboré du site sont proposées.



**Figure 1.** À gauche, le hêtre pourpre de la propriété repris à l'inventaire du patrimoine naturel de la Région de Bruxelles Capitale (<https://sites.heritage.brussels/fr/trees/3987>). À droite, un tilleul de Crimée de belle dimension également implanté sur la propriété.



**Figure 2.** Vue aérienne de la propriété au 7 Drève des Libellules à Watermael Boitsfort, montrant la localisation des 9 arbres inventoriés. En bleu les limites des parcelles cadastrales.

## 2. IMPORTANCE DU SYSTÈME SOL-RACINES

### 2.1. Généralités

Les trois fonctions principales des racines sont (1) la fixation de l'arbre dans le sol, (2) le stockage de réserves pour la reprise de croissance au printemps (carbone sous forme de sucres solubles, d'amidon ou de lipides, d'azote sous forme de protéines, etc.) et (3) l'alimentation en eau et la nutrition minérale.

Deux grands types de racines existent afin d'assurer les différents rôles nécessaires au bon fonctionnement de l'arbre :

1. **Les racines ligneuses** sont essentielles pour l'ancrage de l'arbre dans son milieu, le transport de sèves, le stockage de réserves d'énergie, sa défense et sa protection.
2. **Les racines fines, non-ligneuses**, jouent un rôle prépondérant dans l'assimilation de la sève brute et sont formées de radicules, de nodosités, d'actinorhizes et de mycorhizes. Les jeunes radicules peuvent assimiler l'eau et les sels minéraux par absorption directe à travers le parenchyme cortical ou par l'intermédiaire des poils racinaires. Si leur masse est relativement faible vis-à-vis de la masse totale racinaire, elles totalisent une surface d'échange considérable avec le sol qui les entoure.

Les racines ligneuses pénètrent rarement à une profondeur supérieure à 1,5m. Les racines fines sont cependant pour la plupart superficielles, situées dans les premiers 20 à 30 cm du sol, et s'étalent, dans un milieu favorable, très loin du tronc. Le plus souvent, elles ne peuvent pas pousser dans des substrats anaérobiques : sols compactés, sol inondés, fondations des routes, etc.

Les facteurs influençant la stabilité des arbres d'un point de vue de leur ancrage racinaire sont :

1. L'efficacité de l'ancrage des racines.
2. Les propriétés aérodynamiques de l'arbre.
3. Les propriétés mécaniques du bois de l'arbre.
4. La direction et les caractéristiques locales du vent.

Les facteurs suivants devraient dès lors être pris en compte lors d'expertises liées à la stabilité d'ancrage des arbres :

#### A. Système racinaire :

- Dimension de l'assise racinaire
- Morphologie racinaire
- Quantité de racines ligneuses
- Présence de racines adventives
- Présence de racines anastomosées
- Le type de germination/transplantation
- Les dommages historiques au système racinaire

#### B. Milieu souterrain :

- Compaction
- Caractéristiques pédologiques
- Profondeur de la nappe phréatique
- Fertilisation du sol



- Configuration de la fosse
- Présence d'objets fixes ou mobiles du sous-sol

### C. Configuration vis-à-vis du vent :

- Forme de l'arbre
- Dimensions de l'arbre
- Exposition aux vents dominants
- Exposition topographique
- La " rugosité " du relief (présence d'obstacles au vent)

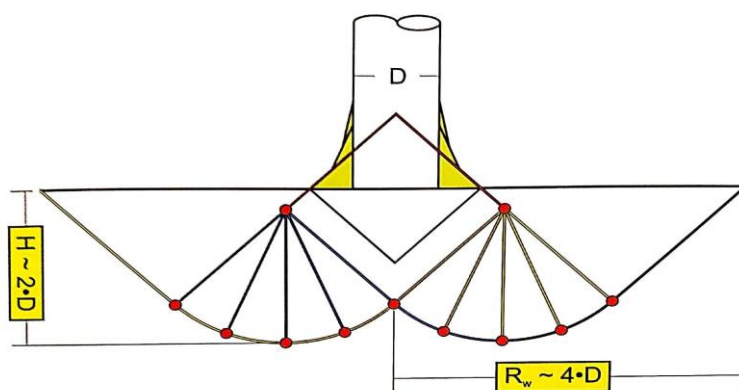
Considérant les précédentes remarques, tout dommage occasionné au système racinaire affecte l'arbre dans son fonctionnement physiologique et/ou sa stabilité. Par ailleurs, toute plaie est une porte d'entrée aux organismes pathogènes : l'arbre devra activer ses mécanismes de défenses, d'autant plus difficiles et coûteuses à mettre en place que ces blessures sont nombreuses ou importantes.

Étant donné que le système racinaire n'est ni visible, ni détectable de façon fiable par aucune machine à ce jour et que le système racinaire n'est jamais prévisible (car il résulte d'une multitude de contraintes souvent invisibles), seule l'excavation nous permet de poser un diagnostic racinaire précis.

Néanmoins, nous avons souvent besoin de notions généralistes pour pouvoir prendre des décisions en lien avec le sol à proximité des arbres. De nombreux auteurs ont étudié la question et proposés certaines formules, mais tous émettent de nombreuses conditions et précautions à l'usage de telles formules. Le contexte doit toujours être pris en compte par l'expert pour ce type de questions.

Dans ce cadre, on peut définir trois zones autour de l'arbre en lien avec des impacts potentiels sur son système racinaire (**Figure 3** et **Figure 4**) :

1 - **La zone très sensible**, dont une définition est proposée par Claus Mattheck et al. (2015) : une surface circulaire autour de l'axe de l'arbre dont le rayon est égal à 4 fois le diamètre du tronc (**Figure 3**). Cette formule est une des plus strictes de la littérature (la zone définie est de grande dimension) mais a l'avantage d'assurer la sécurité dans le plus large spectre de contextes. L'expert pourra éventuellement utiliser d'autre formules moins contraignantes en fonction des caractéristiques individuelles rencontrées (géométrie de l'arbre, propriété des matériaux, interaction arbre/vent).

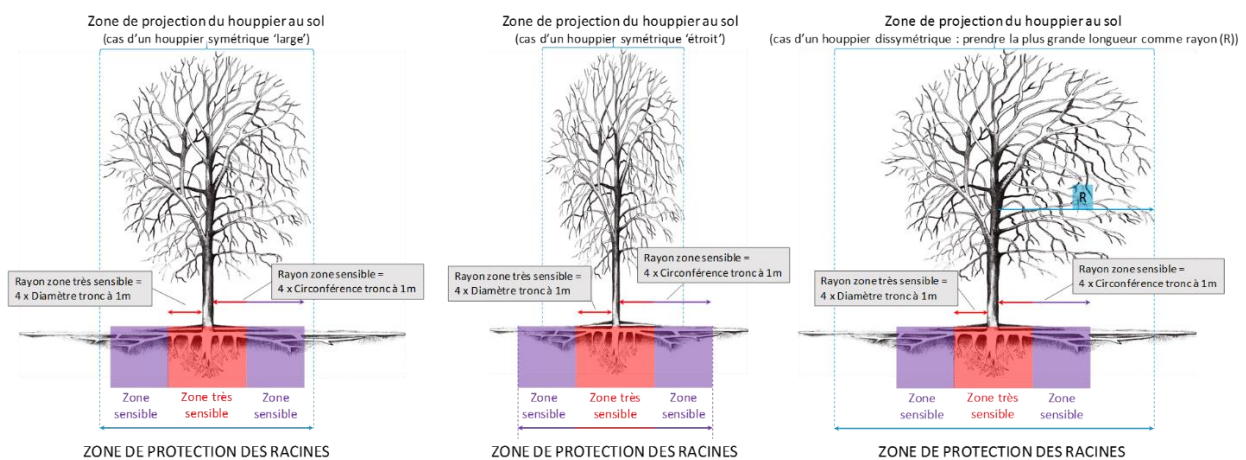


**Figure 3.** Définition de la zone racinaire très sensible d'après Mattheck et al<sup>1</sup>. Elle équivaut à un cercle autour de l'arbre dont le rayon est égal à 4x le diamètre du tronc à 1m de hauteur.

<sup>1</sup> Mattheck C., Bethge K. et Weber K. 2015. The body language of trees. Encyclopaedia of Visual Tree Assessment. Karlsruhe Institute of technology, Germany, 548pp.

Dans cette zone tout travail devrait être interdit. L'atteinte des racines y seraient dramatiques pour la stabilité de l'arbre. Les forages dirigés sont envisageables. En cas de travail dans cette zone un expert doit se positionner spécifiquement sur le contexte de chaque arbre individuellement avec son environnement sol et suivre intégralement les travaux de fouilles pour identifier les atteintes aux racines et prendre des décisions adaptées.

2 - La **zone sensible** est la zone ayant une faible influence sur la stabilité de l'arbre, mais dans laquelle la probabilité d'atteinte à la physiologie de l'arbre est significative. La projection du houppier au sol est souvent évoquée mais nous préférons retenir cette formule : la surface circulaire autour de l'axe de l'arbre dont le rayon est égal à 4 fois la circonférence à 1 mètre du sol. Toutefois, si le plus grand rayon de la projection du houppier au sol est supérieur à 4 fois la circonférence du tronc, cette valeur est préférée (**Figure 4**).



**Figure 4.** Établissement de la zone de protection des racines. Exemple : si la circonférence du tronc mesurée à 1 m du sol est égale à 1 m, alors le rayon de la zone sensible est égal à 4 x 1 m = 4 m. Si la projection au sol du houppier a un rayon maximal de 8 m, c'est ce rayon supérieur qui sera retenu. Figure adaptée de Bonnardot (2017)<sup>2</sup>.

Dans cette zone, les interventions de fouille devraient être réalisées avec des précautions particulières, selon un protocole défini par un expert.

Dans le cas d'une cépée, le calcul de la zone sensible via la circonférence à 1m de haut s'avère problématique car, à cette hauteur, il y a plusieurs axes mesurables, donc plusieurs circonférences. Nous proposons le calcul d'une circonférence (ou diamètre) virtuelle à 1m, équivalent à une superficie calculée en additionnant les superficies des différents axes mesurés à 1m de hauteur. La formule suivante peut être utilisée :

$$Circ_{virt.} = \pi \sqrt{\sum \left(\frac{c}{\pi}\right)^2} \quad \text{Équation (1)}$$

où  $c$  sont les circonférences des axes mesurés.

<sup>2</sup> Bonnardot A. 2017. La protection du système racinaire des arbres lors des travaux de terrassement, 9pp.

Exemple : sur une cépée à 3 axes, les circonférences mesurées à 1m de hauteurs sont 250, 125 et 156.

$$Circ_{virt.} = \pi \sqrt{\left(\frac{250}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{125}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{156}{\pi}\right)^2} \approx 320 \text{ cm}$$

**3 - La zone extérieure.** Il s'agit de toute la zone en dehors de la zone sensible et très sensible. Les interventions de fouille y sont libres, les dommages occasionnés au système racinaire et à l'arbre sont considérés comme peu significatifs dans la plupart des cas.

## 2.2. Application pour le hêtre et le tilleul de la propriété

Les rayons des zones racinaires très sensibles et sensibles du hêtre (circonférence à 1m = 400cm) sont respectivement de 5,1m et 16,0m. En ce qui concerne le tilleul (circonférence à 1m = 410cm), ces valeurs sont de 5,2m et 16,4m (Figure 13).

## 3. NOTE MÉTHODOLOGIQUE

### 3.1. Sélection des arbres

Les arbres analysés sont ceux pouvant interférer avec la zone des futurs travaux d'implantation de la piscine.

### 3.2. Numérotation des arbres

Chaque arbre analysé a reçu un numéro d'inventaire unique (numéros allant de 1 à 9) en suivant une séquence de numérotation logique qui minimise la distance entre deux arbres successifs. Les arbres sélectionnés ont vu leur position digitalisée et encodée dans la base de données

### 3.3. Gestion des données

La gestion des données récoltées pour chaque arbre a été conçue avec le système d'informations géographiques open source QGIS v3.14, en utilisant une base de données de type Geopackage. Une ortho-photo prise en 2019 a été utilisée comme fond de carte ([Brussels UrbIS®© - Distribution & Copyright CIRB](#)).

Les données collectées sur le terrain ont été encodées sur un téléphone mobile à l'aide du plugin QFIELD pour QGIS.

### 3.4. Dimensionnement des arbres

La circonférence a été mesurée à 1,5 m de haut avec un pentamètre enroulable Qualitäts-bandmass suivant les instructions recommandées par la Société de Dendrologie belge<sup>3</sup>. En cas de troncs multiples, seul le tronc le plus important a été mesuré.

Les hauteurs des arbres ont été évaluées visuellement par catégories de 5 m après calibrage sur une dizaine de sujets mesurés à l'aide d'un laser Leica Rangemaster 1000.

Les envergures de couronne ont été mesurées par projection verticale du rayon moyen de la couronne au sol et catégorisées également en classes de 5 m.

### 3.5. Diagnostic des arbres

Le diagnostic de l'état général des arbres a été réalisé par un bioingénieur spécialisé en phytopathologie et arboriculture urbaine en octobre 2020, et comprend deux étapes :

1. Une VTA (*Visual Tree Assessment*, Mattheck & Breloer, 2001)<sup>4</sup>. Pour chaque arbre, les éventuels signes de maladies et/ou défauts structurels observés ont été notés systématiquement au niveau des racines, du collet, du tronc, du houppier et des feuilles.
2. Une évaluation de l'état sanitaire général de l'arbre, de sa dangerosité et des interventions recommandées.

<sup>3</sup> Dendrologie belge : <https://www.dendrologie.be/fr/info> (consulté le 23/10/2017)

<sup>4</sup> Mattheck, C. and Breloer, H. (2001). *The body language of trees, a handbook for failure analysis*. The Stationery Office. London, UK. 240 pp.

Les causes des maladies affectant les arbres ont été identifiées dans la mesure du possible par l'examen visuel des agents parasites éventuellement présents et/ou par déduction des symptômes observables au moment du diagnostic.

Du point de vue biomécanique, les défauts structurels visibles depuis le sol ont été recensés par examen visuel des racines, du collet, du tronc et du houppier, ainsi que par tapotement auditif du tronc au maillet. Les cavités accessibles depuis le sol ont été sondées avec une tige métallique à pointe pour en évaluer l'étendue et leur impact supposé sur la stabilité des arbres.

L'état sanitaire de chaque arbre a ensuite été évalué en fonction de l'espèce, de leur vigueur physiologique, leur espérance de maintien et leur capacité à surmonter d'éventuelles attaques d'agents pathogènes en leur associant un coefficient d'état sanitaire numérique en vigueur à Bruxelles-Capitale<sup>5</sup> variant de 0 (arbre mort) à 10 (arbre exceptionnellement sain) (

Tableau 1).

Tableau 1. Définition du coefficient d'état sanitaire utilisé au cours de cette étude.

Coefficient d'état sanitaire	Description
De 1 à 0,8	Arbres possédant un état sanitaire allant d'exceptionnel à sains, pouvant en principe être maintenus durablement en place moyennant un suivi et un entretien usuel.
0,7	Arbres dominés ou sensiblement impactés par des conditions environnementales relativement éloignées de leur optimum de développement. Ils sont typiquement modérément vigoureux et manifestent généralement des signes de stress physiologiques légers (gourmands, rejets de réitération, broussins, etc.). Ce sont par exemple des sujets qui pourraient être éliminés préférentiellement en cas d'éclaircies sylvicoles ou de régénération de massifs boisés.
0,6	Arbres manifestant des troubles susceptibles de compromettre leur espérance de maintien endéans les 10 prochaines années. Ils nécessitent en principe un suivi particulier et/ou des interventions de gestion adaptées au cas par cas.
De 0,5 à 0,1	Arbres en déclin irréversibles, attaqués par au moins un agent pathogène agressif susceptible de provoquer leur dépérissement endéans les cinq prochaines années. Condamnés à mourir à relativement brève échéance, ils nécessitent en principe des interventions de gestion particulières de type abattage ou mise en sécurité.
0	Arbres morts sur pied.

<sup>5</sup> CCT 2011. *Cahier des charges type relatif aux voiries en Régions de Bruxelles-Capitale*, chapitre K : Plantations et engazonnement. Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale, Administration de l'équipement et des déplacements – Direction des Voiries (Belgique).

La **dangerosité** potentielle des arbres a été déterminée d'après la méthode de Matheny & Clark (1994)<sup>6</sup> en intégrant trois facteurs clés :

- A. Risque de rupture/basculement de l'organe instable.
- B. Dimension de l'organe instable.
- C. Probabilité d'impacter une cible potentielle.

Un score d'intensité variant de 1 (faible) à 4 (très élevé) a été associé à chacun des trois facteurs analysés en fonction de leur ampleur, suivant la légende reprise dans le **Tableau 2**.

**Tableau 2.** Légende des scores utilisés dans la méthode de Matheny & Clark pour l'évaluation de la dangerosité des arbres.

Score	1	2	3	4
A. Risque de rupture/basculement	Faible	Modéré	Élevé	Très élevé
B. Dimension de l'organe instable	< 150 mm	150 – 450 mm	450 – 900 mm	> 900 mm
C. Probabilité d'impacter une cible	Occasionnelle	Peu fréquente	Fréquente	Permanente

La somme des scores des trois facteurs donne le **niveau de dangerosité** de chaque arbre selon une échelle variant de 3 (très faible) à 12 (sévère) (**Tableau 3**). Ceci permet notamment de comparer objectivement des niveaux de dangerosité entre les arbres et d'appréhender les interventions de gestion à réaliser prioritairement (**Figure 5**). Si aucune partie de l'arbre ne présente de défaut posant un risque, un score de 1 a été arbitrairement donné pour les facteurs risque de rupture et dimension de l'organe. Cependant, chaque arbre a reçu un score concernant sa probabilité d'impacter une cible et ce quel que soit son état sanitaire.

**Tableau 3.** Échelle des niveaux de dangerosité des arbres, d'après Matheny & Clark.

Niveau de dangerosité	Très faible	Faible	Modéré	Elevé	Sévère
Σ scores (A + B + C) du Tableau 2	3 à 4	5 à 6	7 à 8	9 à 10	11 à 12

<sup>6</sup> Matheny, N. P. and Clark, J. R. (1994) *A Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas*. International Society of Arboriculture, Savoy, Illinois. 85 pp.

## Exemples de calcul de score et niveau de dangerosité global :

1. Un arbre de 80cm de diamètre présentant une cavité de grande dimension en pourriture active à son collet et situé à proximité d'une école pourrait recevoir les scores suivants :

	Niveau de dangerosité	Score équivalent (Tableau 2)
Risque de rupture/basculement	Très élevé	4
Dimension de l'organe instable	450-900 mm	3
Probabilité d'impacter une cible	Permanente	4
<b>Total</b>		<b>11</b>

Niveau de dangerosité global (Tableau 3) :  
Sévère

2. Un arbre avec une branche morte de 30cm de diamètre et située au-dessus d'un banc public pourrait recevoir les scores suivants :

	Niveau de dangerosité	Score équivalent (Tableau 2)
Risque de rupture/basculement	Élevé	3
Dimension de l'organe instable	150-450 mm	2
Probabilité d'impacter une cible	Permanente	4
<b>Total</b>		<b>9</b>

Niveau de dangerosité global (Tableau 3) :  
Élevé

3. Un arbre de 40cm de diamètre ne présentant aucun défaut particulier et situé dans une zone boisée peu fréquentée pourrait recevoir les scores suivants :

	Niveau de dangerosité	Score équivalent (Tableau 2)
Risque de rupture/basculement	Faible	1
Dimension de l'organe instable	150-450 mm	2
Probabilité d'impacter une cible	Occasionnelle	1
<b>Total</b>		<b>4</b>

Niveau de dangerosité global (Tableau 3) :  
Très faible

Au final, une intervention de gestion adaptée a été proposée, si nécessaire, pour chaque arbre en vue de les conserver autant que possible dans des conditions de vitalité et de sécurité acceptables. Les arbres ne présentant pas de problème particulier ont reçu une valeur 'Suivi et entretien usuel' pour le champ 'Intervention'.

# Estimation du danger global d'un arbre D'après Matheny & Clark

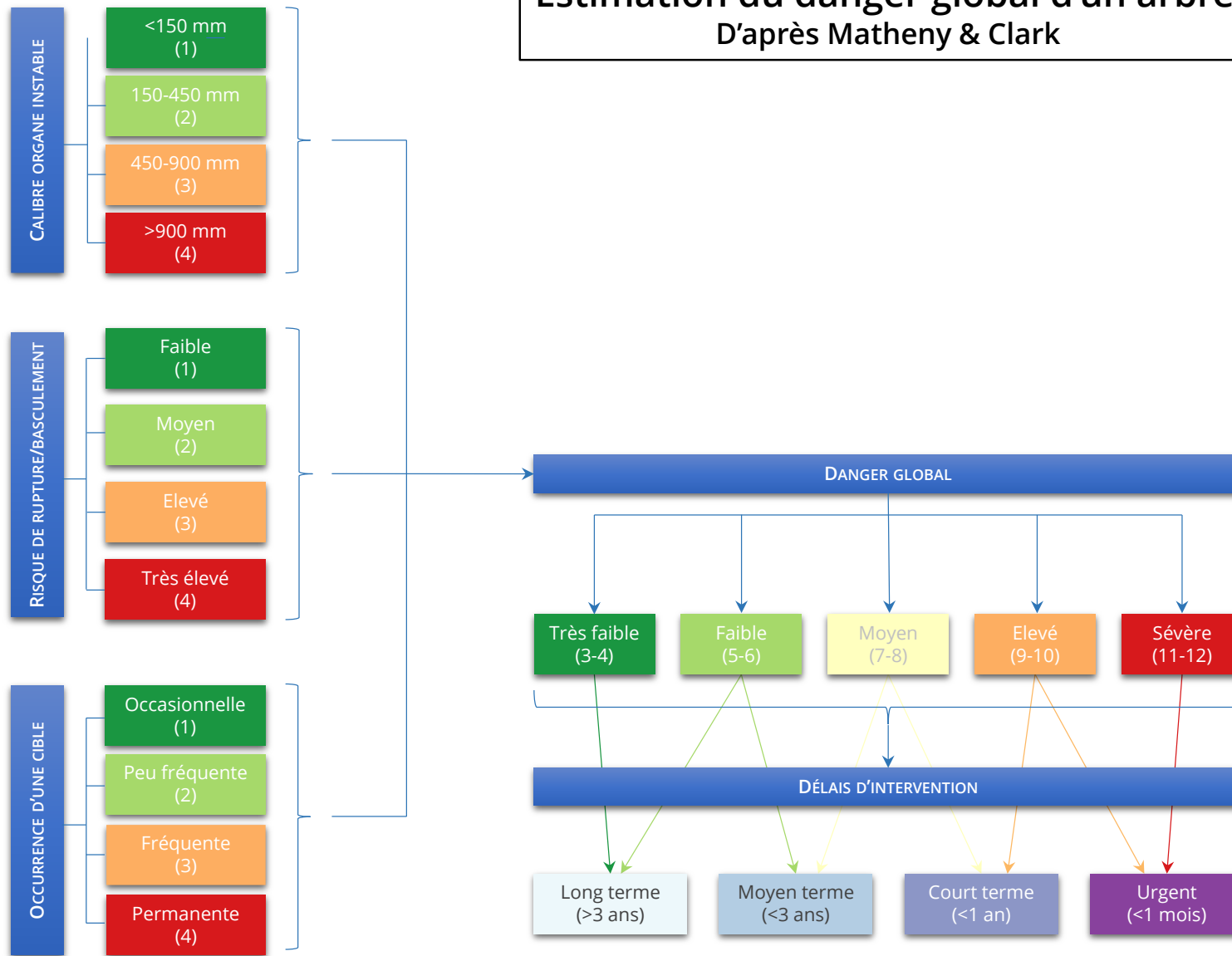


Figure 5. Méthode d'évaluation de la sécurité d'un arbre, inspirée de Matheny & Clark.



### 3.6. Contrôle de la qualité des données

Avant leur utilisation dans le cadre de ce rapport, les données ont été inspectées pour assurer le plus haut niveau possible de précision et minimiser les erreurs d'encodage. En autres, les tests suivants ont été réalisés :

- Adéquation entre l'identification des arbres et image aérienne.
- Vérification du caractère unique du champ 'ID' de chaque arbre.
- Vérification de la visite par le bioingénieur de chaque arbre (code couleur utilisé dans QFIELD).
- Uniformisation des propositions d'intervention et de leur délai.
- Calibration humaine des estimations de hauteur et diamètre de couronne.

### 3.7. Valorisation des données

Les informations encodées dans la base de données ont été utilisées de plusieurs façons :

1. Les tables et graphes de ce rapport ont été réalisés sous R 3.6.1 (code disponible à la demande) en interrogeant directement la base de données de type Geopackage.
2. Les différentes cartes thématiques de ce rapport ont été créées directement dans QGIS pour mettre en valeur les différents aspects des données collectées.
3. Des fiches diagnostiques d'arbres pouvant être utilisées dans le cadre d'une demande de permis d'urbanisme pour l'abattage d'arbres ont été conçues via QGIS Report en y associant dynamiquement les données récoltées sur le terrain, photos et cartes de géolocalisation.

### 3.8. Sondage des racines

La présence de racine dans la zone proposée d'implantation des nouvelles structures a été évaluée en réalisant des sondages superficiels à la bêche.

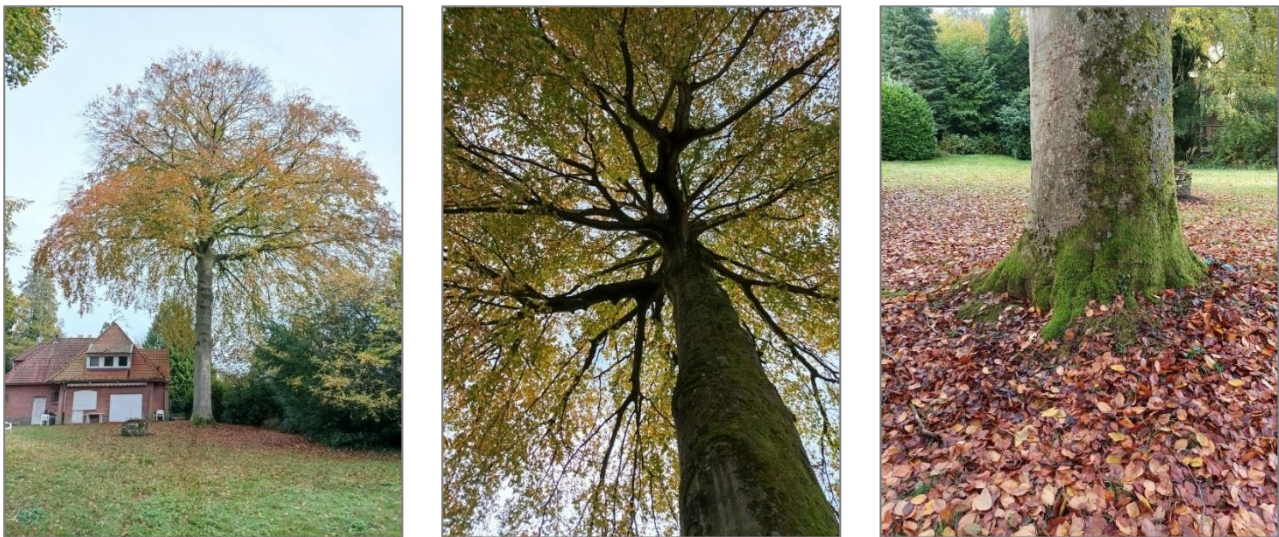
Une inspection visuelle pour la présence de racines a ensuite été effectuée.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1. État sanitaire du hêtre remarquable

L'état sanitaire du hêtre inscrit à l'inventaire des arbres remarquables de la Région est excellent. Il présente une belle vigueur sans signe évident de début de descente de cime comme très souvent observé sur des hêtres de cette dimension sur la région bruxelloise. Il ne semble pas non plus avoir subi de traitements drastiques ou des tailles inappropriées (Figure 6).

L'inspection de photos aériennes historiques indique également que cet arbre semble avoir joui d'un environnement de croissance relativement stable (Figure 7). Il était déjà présent en 1930-35 ce qui en fait un arbre centenaire. De plus, la maison adjacente à l'arbre était également déjà présente en 1930-35 et l'autre maison au sud visible en 1953, indiquant que l'environnement racinaire de l'arbre n'a probablement pas subi de grosses perturbations depuis cette époque.



**Figure 6.** Photos du hêtre pourpre classé à l'inventaire du patrimoine naturel de la Région Bruxelles Capitale (ID 3987). L'arbre est sans défaut majeur et présente une belle vigueur.



**Figure 7.** Photos aériennes historiques de la zone entourant le hêtre remarquable au 7 Drève des Libellules à Watermael-Boitsfort. Extrait de BruCIEL.

#### 4.2. État sanitaire du tilleul

L'arbre n°2 (**Figure 2**) est un tilleul de Crimée (*Tilia x euchlora*) de belle dimension (circonférence à 1,5m = 384cm) mais n'étant pas retenu sur l'inventaire du patrimoine naturel de la Région de Bruxelles Capitale. Il présente une belle vigueur mais sa fourche principale au tronc est à écorce incluse avec suintements visibles (probablement provoqué par une bactérie de type *Erwinia nimipressuralis*). Un hauban 'artisanal' est présent mais n'est pas positionné idéalement et devrait être remplacé pour garantir la sécurisation de l'arbre (**Figure 8**).



**Figure 8.** Photos du tilleul de Crimée montrant les suintements sur la fourche principale à écorce incluse ainsi que le hauban 'artisanal' (flèche rouge).

#### 4.3. Diversité des essences sur site

La répartition en essence du site est la suivante (Figure 2) :

- 1 *Acer campestre* (érable champêtre)
- 1 *Acer platanoides* (érable plane)
- 1 *Acer pseudoplatanus* (érable sycomore)
- 2 *Chamaecyparis lawsoniana* (faux-cyprès de Lawson)
- 1 *Fagus sylvatica* (hêtre pourpre)
- 1 *Tilia x euchlora* (tilleul de Crimée)
- 2 *Thuja occidentalis* (thuya occidental)

D'après l'**inventaire des arbres remarquables** de Bruxelles<sup>7</sup> réalisé vers 2003 par le Service de l'Inventaire du Patrimoine Naturel de la Région Bruxelles Capitale et dont les données peuvent être téléchargée pour chaque commune, il y aurait un seul arbre remarquable sur ce site : le hêtre pourpre portant l'ID 3987 (Figure 9).

<sup>7</sup> <http://arbres-inventaire.irisnet.be/index.php>



**Figure 9.** Portail BRUGIS : extrait des données sur les arbres classés comme remarquables par le Service de l'Inventaire du Patrimoine Naturel de la Région Bruxelles Capitale. Les cercles jaunes sont les arbres sur pied. Un seul arbre (N°3987) est ici visible sur le site. Accédé le 21/11/2021.

#### 4.4. État sanitaire des arbres du site

Il ressort de l'inventaire que l'état sanitaire des arbres du site est relativement bon. Le hêtre pourpre classé sur la liste de l'inventaire est l'arbre présentant le meilleur état sanitaire avec un coefficient de 9.

**De 1 à 0,8 :** six des arbres tombent dans cette catégorie. La majorité des arbres analysés ont donc un bon coefficient d'état sanitaire supérieur ou égal à 0,8. Cela indique qu'ils sont relativement sains et qu'ils peuvent, en principe, être maintenus durablement en place moyennant un suivi et un entretien usuel.

**0,7 :** deux des arbres ont un coefficient d'état sanitaire égal à 0,7. Ce sont des sujets dominés ou sensiblement impactés par des conditions environnementales relativement éloignées de leur optimum de développement. Ils sont typiquement modérément vigoureux, peuvent présenter un houppier déséquilibré et manifestent généralement des signes de stress physiologiques légers (gourmands, rejets de réitération, broussins, etc.). Ce sont par exemple des sujets qui pourraient être éliminés préférentiellement en cas d'éclaircies sylvicoles ou de régénération de massifs boisés.

**0,6 :** Par définition, le seul arbre caractérisé par un coefficient d'état sanitaire égal à 0,6 (érable sycomore) manifeste des troubles susceptibles de compromettre son espérance de maintien endéans les 10 prochaines années. Il nécessite en principe un suivi particulier et/ou des interventions de gestion adaptées au cas par cas.

**De 0,5 à 0 :** Aucun arbre ne tombe dans cette catégorie. Ce sont des arbres en déclin irréversible, attaqués par au moins un agent pathogène agressif susceptible de provoquer leur dépérissement endéans les cinq prochaines années. Condamnés à mourir à relativement brève échéance, ils nécessitent en principe des interventions de gestion particulières de type abattage, taille de sécurisation drastique du houppier ou mise en défend si possible.



**Figure 10.** Coefficient de l'état sanitaire général des arbres analysés sur le site. Un chiffre élevé indique un arbre en meilleure santé qu'un chiffre faible. Coefficient de l'état sanitaire basé sur le cahier des charges type relatif aux voiries en Régions de Bruxelles-Capitale, chapitre K.

## 4.5. Dangerosité

Pour rappel, la dangerosité des arbres est une notion sécuritaire qui n'est pas nécessairement liée à leur condition sanitaire. Un arbre parfaitement sain peut, par exemple, être dangereux s'il possède une fourche susceptible de se déchirer et chuter sur un bâtiment. À l'opposé, un arbre très instable peut chuter au milieu d'un massif boisé fermé au public sans pour autant causer de dégâts significatifs. La dangerosité est donc directement liée au risque qu'ont les arbres de provoquer des dégâts aux biens ou aux personnes en cas de rupture ou de basculement. Elle intègre donc à la fois des facteurs de risque mécanique, de cible potentielle et de calibre des organes fragilisés.

Sur la base des observations collectées au cours du présent inventaire, **l'érable sycomore et le tilleul, ont atteint un niveau de dangerosité moyen** ces derniers nécessitant en principe une intervention de sécurisation à courte échéance ou des analyses complémentaires.

L'érable sycomore est dépérissant et pourrait présenter un risque dans les années à venir (chute de bois mort et/ou basculement). Le tilleul quant à lui présente une fourche faible à écorce incluse qui demanderait à être sécurisée par le placement d'haubans.

## 4.6. Sondage des racines

Les sondages ont pris place en dehors de la 'zone racinaire sensible' de l'arbre (voir paragraphe **IMPORTANT DU SYSTÈME SOL-RACINES** pour la définition). Les sondages à la bêche effectués en bordure d'implantation du projet de piscine, à 2m au-delà de l'aplomb de la couronne du hêtre remarquable et 14-15m de son tronc ont révélé la présence de racines non-ligneuses en nombre significatif (**Figure 13** et **Figure 12**). D'autres sondages ont été effectués à 6,5 et 11,0m du tronc du tilleul et ont également révélés des racines non-ligneuses en nombre élevé.





Figure 11. Niveau de dangerosité des arbres analysés sur le site

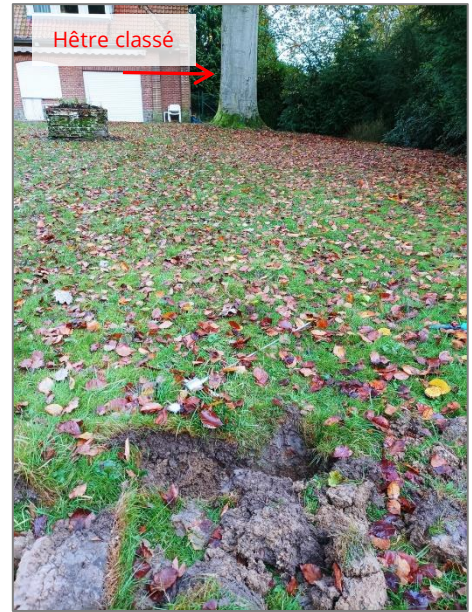


Figure 12. Photos des racines du hêtre observées à 14-15m de son tronc. Les flèches en rouge pointent vers les racines les plus évidentes à distinguer.



**Figure 13.** Localisation des sondages réalisés pour la détection de racines (rectangle vert). Les distances en rouge sont celles entre les sondages et les bases des troncs (hêtre et tilleul). Les cercles en bleu délimitent les 'zones racinaires sensibles' pour le hêtre et le tilleul qui est calculée sur base de  $r = 4 \times$  (Circonférence arbre à 1m). Les cercles en orange délimitent les 'zones racinaires très sensibles' des arbres qui est calculée sur base de  $r = 4 \times$  (Diamètre arbre à 1m). En jaune, la proposition d'implantation de nouvelle structure (piscine).



**Figure 14.** Photos des racines du tilleul observées à 6,5m (photos 1-4) et 11,0m (photos 5 et 6) de son tronc. Les flèches en rouge pointent vers les racines les plus évidentes à distinguer.

## 5. RECOMMANDATIONS

### 5.1. Préservation du hêtre remarquable et du tilleul

Tout travaux d'implantations de nouvelles structures affectant la zone d'exploration racinaire du hêtre se feront au détriment de son développement futur. Il ressort des sondages effectués que le hêtre a développé un système racinaire non-ligneux au-delà de sa limite de projection de couronne. Si des travaux avaient lieu dans la zone actuellement proposée pour l'implantation de la piscine, sa stabilité ne serait pas mise en péril mais des effets à long terme sur sa physiologie auraient certainement lieu. Étant donné les stress dus aux dérèglements climatiques auxquels les hêtres sont déjà soumis actuellement ces dernières années, nous recommandons de minimiser toute intervention qui pourrait engendrer de nouveaux stress : une atteinte au système racinaire, si limitée soit-elle, rentre certainement dans ce cadre.

Nous recommandons donc d'envisager l'implantation des nouvelles structures à une distance la plus élevée possible du hêtre.

L'implantation des nouvelles structures auraient également un impact sur le système racinaire du tilleul qui, même s'il n'est pas classé, est un arbre remarquable de par sa vigueur et ses dimensions.

En termes de localisation pour le projet de piscine, le coin sud-ouest de la propriété ou l'avant de la maison côté drève des Libellules pourraient être des options minimisant l'impact sur ces deux arbres. Ces options se feraient cependant aux dépens d'autres arbres en place de plus petites dimensions.

### 5.2. Interventions de gestion

En fonction des conditions sanitaires et du niveau de dangerosité des arbres analysés, des conseils de gestion associés à un délai d'intervention sont proposés pour chaque arbre en vue de leur apporter les soins les plus adaptés à la situation et de les maintenir autant que possible durablement dans des conditions de sécurité acceptables.

**En urgence :** Nous n'avons aucune recommandation à réaliser en urgence.

**À court terme,** c'est-à-dire de préférence avant novembre 2022, nous conseillons l'abattage de l'érable sycomore ainsi que le haubanage du tilleul afin de sécuriser sa fourche principale dont l'intégrité mécanique est affaiblie par une insertion à écorce incluse et la présence d'un pathogène non-identifié (suintements visibles, probablement d'origine bactérienne).

**Sur le moyen terme (< 3 ans) :** nous n'avons aucune recommandation à réaliser sur le moyen terme.

**Sur le plus long terme,** les 7 arbres restants peuvent en principe être suivis et entretenus en routine. Nous n'avons pas d'autres recommandations pour des actions de gestion à long terme.

Nous estimons de manière réaliste que l'incertitude des pronostics liés au maintien des arbres devient trop importante au-delà d'environ 3 ans, eu égard aux nombreux facteurs environnementaux susceptibles d'influencer favorablement ou non leur état sanitaire (épidémies éventuelles, travaux d'aménagement, événements climatiques exceptionnels, etc.).

Les fiches diagnostiques concernant les arbres recommandés à l'abattage sont disponibles en pièces jointes à ce rapport (**Annexe 1**) et pourront être utilisées dans le cadre d'une demande de permis d'urbanisme.

**Tableau 4.** Propositions d'interventions de gestion à prévoir sur le site. Les détails sur ces actions sont disponibles dans le fichier Excel joint (**Annexe 2**, champ 'Remarques').

Numéro d'arbre	Essence	Intervention souhaitable	Délais d'intervention	
1	2	<i>Tilia x euchlora</i>	Haubanage	Court terme (<1 an)
2	9	<i>Acer pseudoplatanus</i>	Abattage	Court terme (<1 an)

### 5.3. Organisation des travaux

Des travaux de construction peuvent endommager un arbre par les mécanismes suivants :

- **Modification du niveau des sols :**
  - Excavation de terres, même sur quelques centimètres, ou création de tranchées => dégâts physiques directe aux racines.
  - Apport de sol, même si ces terres sont en principe de bonne qualité pour le développement végétal => asphyxie possible des racines.
  - Modification du niveau de la nappe phréatique par creusement de fosses, drainage ou installation de plans d'eau => modification du régime hydrique de l'arbre.
- **Compaction des sols :**
  - Réduit l'espace poreux du sol entraînant une restriction du développement racinaire => les racines sont asphyxiées (diminution du transport d'O<sub>2</sub>) et une résistance à la pénétration accrue empêche le renouvellement racinaire.
  - Rend les sols non-drainant en condition humide (=> anaérobie) et particulièrement sèche en période de faibles précipitations.
  - Provoquée par l'utilisation d'engins de chantiers et dans une moindre mesure par le piétinement.
  - Varie en fonction de la force appliquée par unité de surface, la fréquence d'application, la couverture, la texture et l'humidité du sol.
  - Les sols avec un taux d'argile/limon élevé, un taux élevé d'humidité et un taux faible de matière organique seront plus susceptibles.
- **Dépôt au pied des arbres :**
  - Du sol ou des débris entreposés au pied des arbres peuvent causer des conditions favorables au développement de certains pathogènes des racines et/ou du collet.
- **Blessure physique aux racines, troncs, collet et couronne :**
  - Provoquée par des engins de constructions ou lors de tailles par du personnel non-qualifié.
  - Réduit les réserves de l'arbre.
  - Réduit la capacité de transports (sève brute et élaborée) de l'arbre.

- Créé une porte d'entrées sur un arbre peut-être déjà affaibli pour divers pathogènes dont des insectes et des champignons lignivores.
- **Dommmage par la chaleur :**
  - Feuilles, branches et troncs peuvent être endommagés par des chaleurs trop fortes.
  - Source : pot d'échappement d'engins, dépôt de film plastique sur feuilles ou feu de débris à proximité de l'arbre.
- **Dommmage chimique :**
  - Solvants, huiles et fuel peuvent être létaux pour les feuilles et racines des arbres.
  - Des eaux contaminées ou évacuations de résidus de béton peuvent également altérer la chimie des sols.
- **Production de poussières :**
  - Pour certains types de chantier, la production de poussière est telle qu'elles peuvent engendrer un impact sur le bon fonctionnement de la photosynthèse en période de feuillaison.

Ces impacts peuvent être minimisés en respectant les principes suivants :

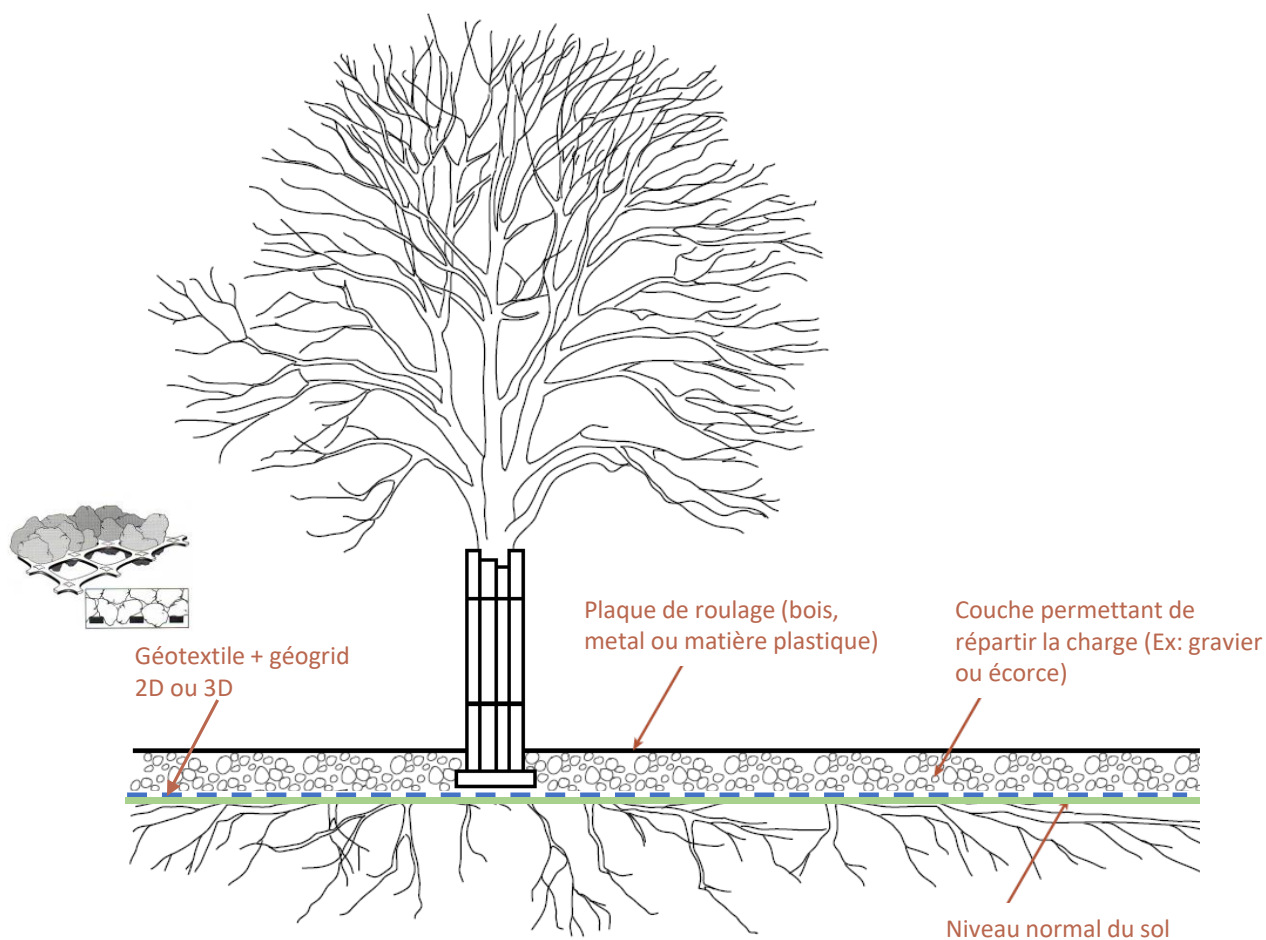
1. **Phase de planification :**
  - Définir l'étendue du projet et les arbres potentiellement affectés en concertation avec les architectes, le client et un arboriste qualifié.
  - Réaliser un inventaire phytosanitaire des arbres et une étude d'impact du projet.
2. **Décider d'un plan de gestion :**
  - Déterminer quels arbres seront maintenus et/ou affectés par les travaux.
  - Planifier et arrêter les zones de protection racinaire des arbres.
  - Planifier et arrêter d'autres mesures de protection, comme la mise en place d'éléments réduisant la compaction des sols (matériaux porteurs) dans les zones de passages fréquents.
3. **Avant le début du chantier :**
  - Mettre en place les zones de protection des arbres à l'aide de barrière physique durable et efficace (type barrière Nadar ou autre).
  - Mettre en place une signalétique claire et hautement visible expliquant le pourquoi de la mise en place de la zone de protection. Les niveaux de pénalité encourue en cas d'infraction peuvent avoir un effet dissuasif.
  - Si nécessaire, mise en place de route temporaire afin d'éviter de compacter la zone de protection racinaire (**Figure 15**). Il est beaucoup plus difficile de remédier à une compaction que de la mitiger.
  - Procéder à des tailles préparatoires de branches si nécessaire afin d'éviter des dégâts par les machines.
  - Informer le responsable de chantier des mesures mises en place pour protéger les arbres et des pénalités encourues en cas de dommage aux arbres.

#### 4. Phase de construction :

- Communiquer avec le personnel de chantier, tout particulièrement les opérateurs de machine travaillant à proximité des arbres et les grutiers. Ces hommes devront être clairement informés sur la nature du problème et l'étendue de la zone de protection. En cas d'identification d'une manœuvre pouvant porter préjudice à l'arbre, il est souhaitable qu'ils puissent dialoguer tout d'abord avec le responsable de chantier avant de procéder.
- Opérer un suivi régulier de chantier afin de s'assurer que les opérateurs respectent les mesures mises en place.
- Dans le cas de chantier de longue durée, il peut s'avérer utile de suivre l'état phytosanitaire des arbres pour éventuellement détecter des signes de stress.

#### 5. Phase de post-construction :

- Réaliser une phase finale d'inspection des arbres.
- Un monitoring des arbres sur le long-terme peut parfois être requis dans le cas de travaux lourds.
- À envisager : ajout de bois raméaux fragmentés (BRF) pré-composté sur une épaisseur de 6-7cm et une superficie couvrant la projection de couronne de l'arbre pour aider à compenser certains stress subis durant la période de travaux.



**Figure 15.** Exemple de mise en place d'éléments **temporaires** de protection contre la compaction de la zone racinaire des arbres. Une couche de gravier (10-15cm d'épaisseur) ou d'écorce (20-30cm), recouverte de plaque de roulage sont des solutions possibles. Adapté de Ziemiańska M. & Suchocka M. (2013). Tree protection at the construction site. Sustainable Development Applications, 4 : 67-83.



## **Annexe 1. Fiches récapitulatives**

Le document suivant est joint à ce rapport et présente toutes les fiches diagnostiques des arbres étant conseillés à l'abattage : *'Annexe 1 - DreveLibellule7 - Fiches récapitulatives.pdf'*

## **Annexe 2. Data set**

Un fichier Excel intitulé *'Annexe 2 - DreveLibellule7 - DataSet.xlsx'* est joint à ce rapport et reprend toutes les données collectées durant l'étude du site.