

# Gestion des grands arbres en ville

- Exemples de situations
- Cassures estivales

# Gestion des grands arbres en ville - Enjeu

**Ville → Préservation sujets majeurs vs. contraintes liées à l'emplacement**

Intérêt écologique

historique (patrimoine)

esthétique

Cibles potentielles multiples

(piétons, voies de circulations/ferrées, bâtiments,...)

Fréquence de passage élevée

(crèches, écoles, Gare, Musées,...)



Présentation de différents cas concrets et mesures prises afin de les préserver.

# Obligation d'assurer la sécurité

**Les propriétaires d'arbres ont l'obligation de prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter la mise en danger d'autrui.**

## Responsabilités

- En tant que produit naturel, l'arbre n'est pas considéré comme ouvrage au sens de l'art. 58 CO.  
→ Aucune obligation d'entretien.
- Il peut toutefois faire partie d'un ouvrage (espace routier, place publique, aire de jeux, etc.) et être soumis à la responsabilité du propriétaire d'ouvrage, à titre de responsabilité causale.
- L'arbre peut également faire l'objet d'une responsabilité en cas de dommage au sens de l'art 41 CO, ou d'une responsabilité du propriétaire en vertu des rapports de voisinage au sens de l'art. 679 CC.

La responsabilité incombe généralement au propriétaire du terrain sur lequel se situe l'arbre.

**L'administration communale est donc responsable des arbres qui se trouvent sur l'espace public**  
à **Contrôles réguliers**

**La sécurité absolue n'existe pas.**

**Les arbres sont des êtres vivants, et les symptômes ne sont pas toujours visibles.**

# Stratégie et plan d'entretien

Evaluation de la situation et du sujet (VTA)

**Lieu / environnement**  
Fréquence de passage  
cibles potentielles,...

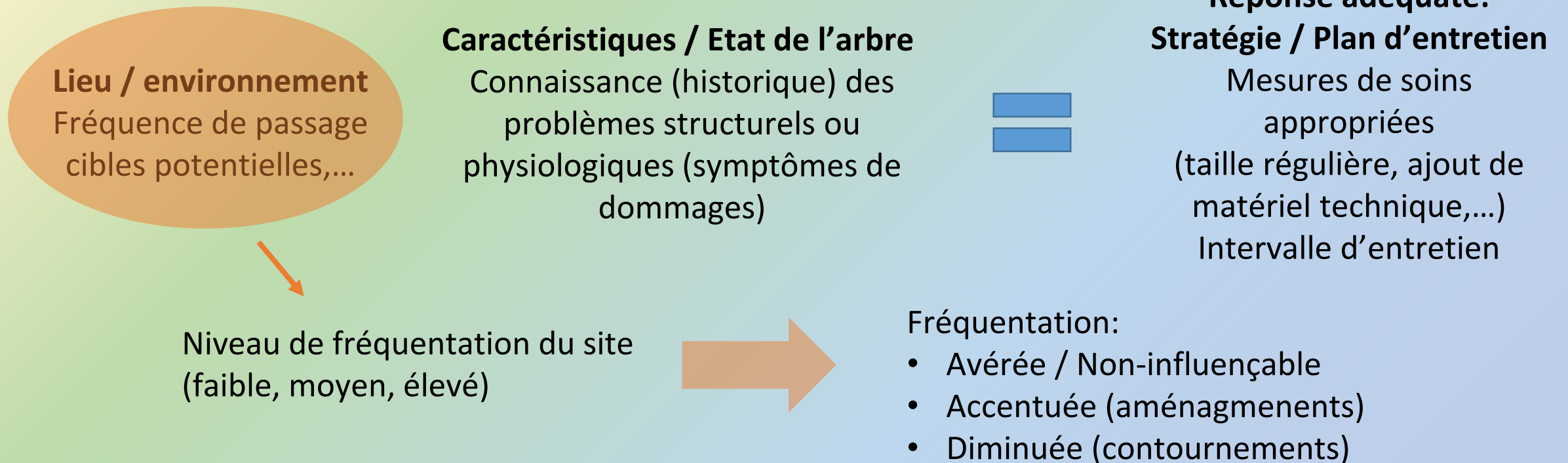
**Caractéristiques / Etat de l'arbre**  
Connaissance (historique) des  
problèmes structurels ou  
physiologiques (symptômes de  
dommages)



**Réponse adéquate:**  
**Stratégie / Plan d'entretien**  
Mesures de soins  
appropriées  
(taille régulière, ajout de  
matériel technique,...)  
Intervalle d'entretien

# Stratégie et plan d'entretien

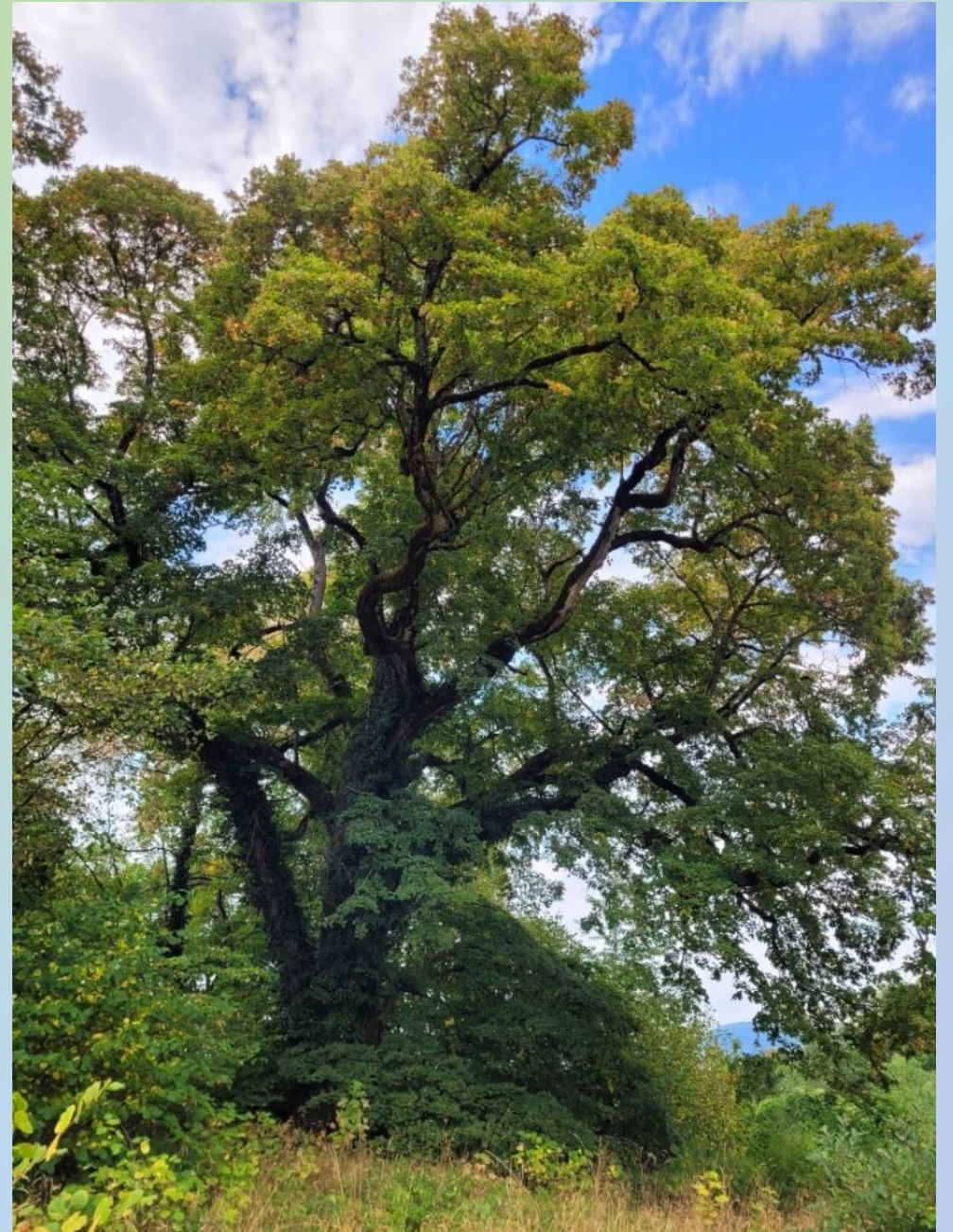
Evaluation de la situation et du sujet (VTA)



# Cas 1 - Tilleul (Pierre-à-Bot)



Environ 200 ans // Hauteur: 25m // Etalement: 28m



# Cas 1 - Tilleul (Pierre-à-Bot)

## Problèmes structurels:

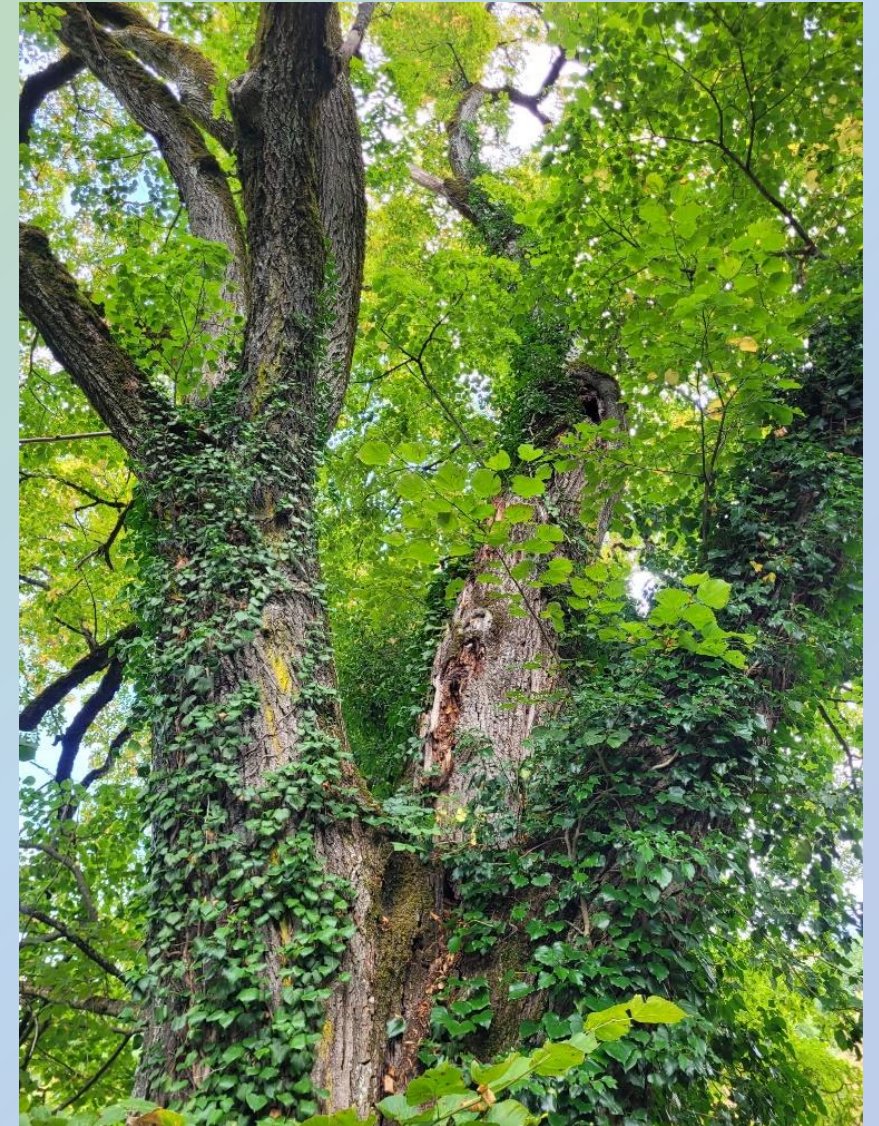
Ecorces incluses

Axes à risques déclarés aux  
départs des charpentières

## Contraintes:

Cheminement = Cibles  
multiples (promeneurs,  
véhicules).

Fréquentation faible-  
moyenne (saisonnier)



# Cas 1 - Tilleul (Pierre-à-Bot)

2011



Mesures: réduction de la fréquentation par déviation (possible ici)

→ Cibles potentielles éloignées et domaine vital préservé

2014



# Cas 2 - Platane (Pré-Barreau)



+ de 160 ans // Hauteur: 36m // Etalement: 30m



# Cas 2 - Platane (Pré-Barreau)



## Etat physiologique:

Bon (sous-sol ancienne écluse, eau disponible)  
Croissance des pousses importante, grandeur des  
feuilles élevée, forte densité de feuillage.



Problèmes structurels:  
Cavité importante suite à  
perte charpentière au  
sud-est

Contraintes:  
Fréquentation extrême,  
nombre de cibles  
potentielles très  
important.

# Cas 2 - Platane (Pré-Barreau)

Mesures:

Suivi régulier

Plan d'entretien rigoureux

→ Taille de maintien  
(intervalle 2-3 ans)



# Cas 2 - Platane (Pré-Barreau)

## Mesures:

Suivi régulier

Plan d'entretien rigoureux

- Taille de maintien (intervalle 2-3 ans)
- Installation de matériel technique:
  - Haubanage dynamique 8t.



# Cas 2 - Platane (Pré-Barreau)

## Mesures:

Suivi régulier

Plan d'entretien rigoureux

- Taille de maintien (intervalle 2-3 ans)
- Installation de matériel technique:
  - Haubanage dynamique 8t.
  - Haubanage statique 12t. (Dyneema)



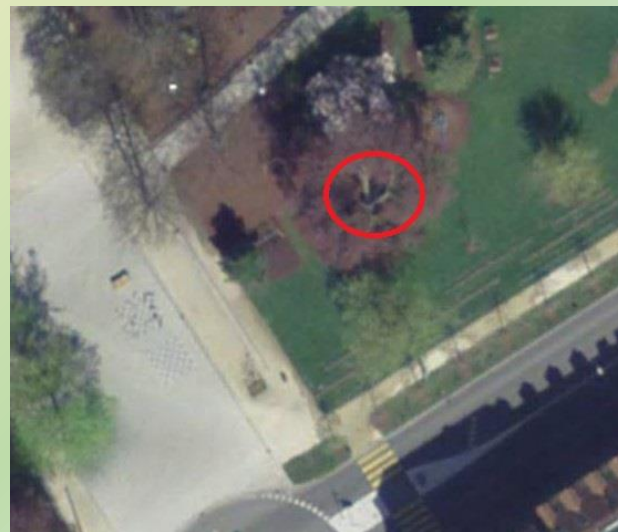


# Cas 3 - Hêtre (Jardin Anglais)

2006



2007



Etat physiologique:

Acceptable à bon

Croissance des pousses et grandeur des feuilles normales.



Problèmes structurels:

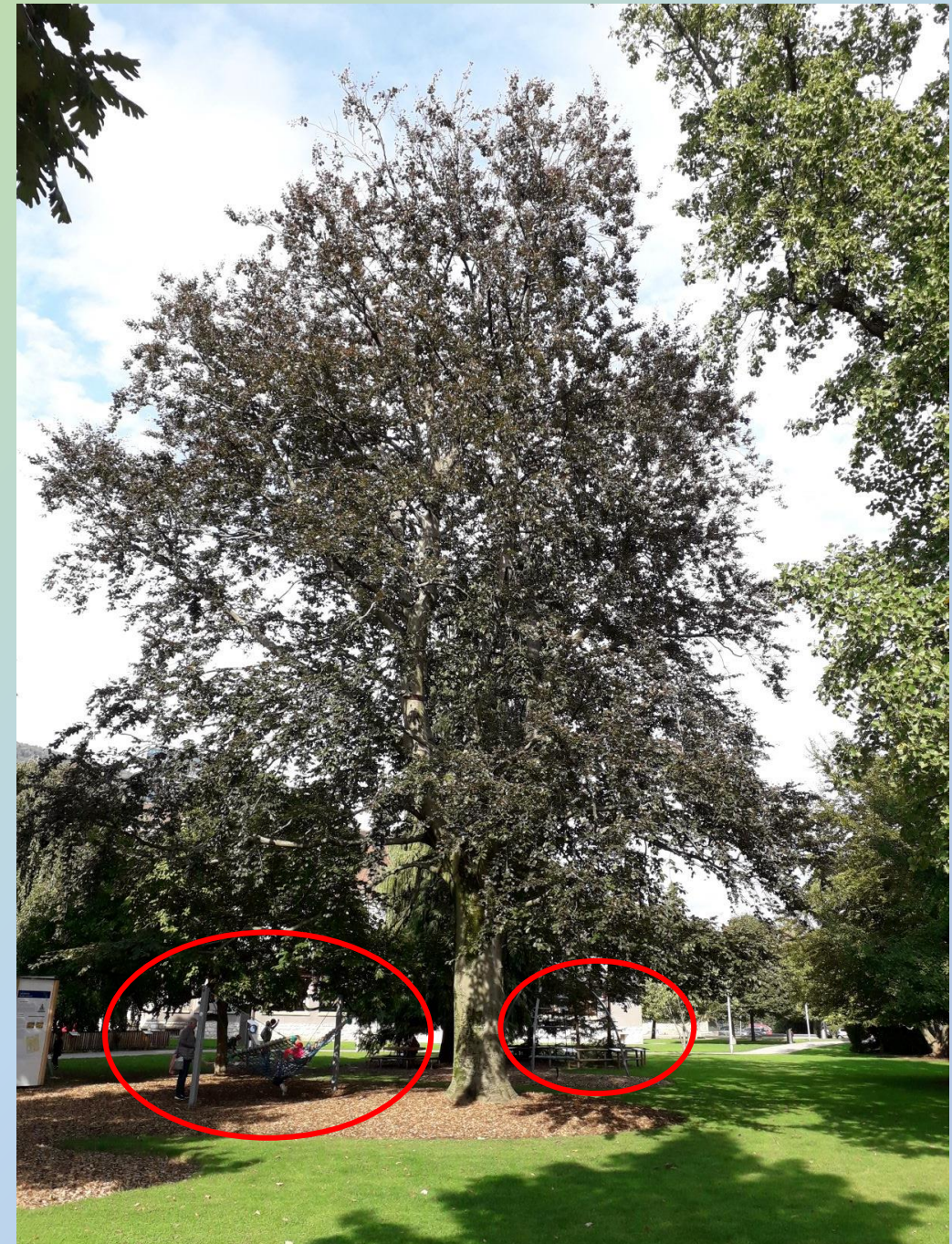
Perte de l'axe principal entre 2006 et 2007.

Actuellement infesté par un Phellinus.

# Cas 3 - Hêtre (Jardin Anglais)

## Contraintes:

Fréquentation accentuée par l'aménagement d'un espace de loisirs sous la couronne.



# Cas 3 - Hêtre (Jardin Anglais)

## Mesures:

Suivi régulier

Plan d'entretien rigoureux

- Taille de maintien  
(intervalle 2-3 ans)
- Installation de matériel  
technique:
  - Haubanage dynamique  
et statique



# Cas 3 - Hêtre (Jardin Anglais)

## Mesures:

Suivi régulier

Plan d'entretien rigoureux

- Taille de maintien  
(intervalle 2-3 ans)
- Installation de matériel  
technique:
  - Haubanage dynamique  
et statique



# Cas 4 - Chêne (Mail)



Env. 300 ans ! (1707) // Hauteur: 24m // Etagement: 21m



# Cas 4 - Chêne (Mail)

## Etat physiologique:

Bon

Croissance des pousses importantes,  
grandeur des feuilles élevées, densité  
de feuillage équilibrée

## Aspect structurel:

Pas d'inclinaison du tronc.

Houppier symétrique.

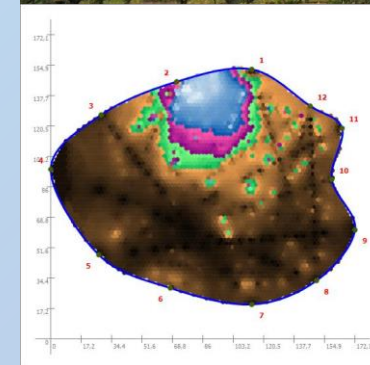
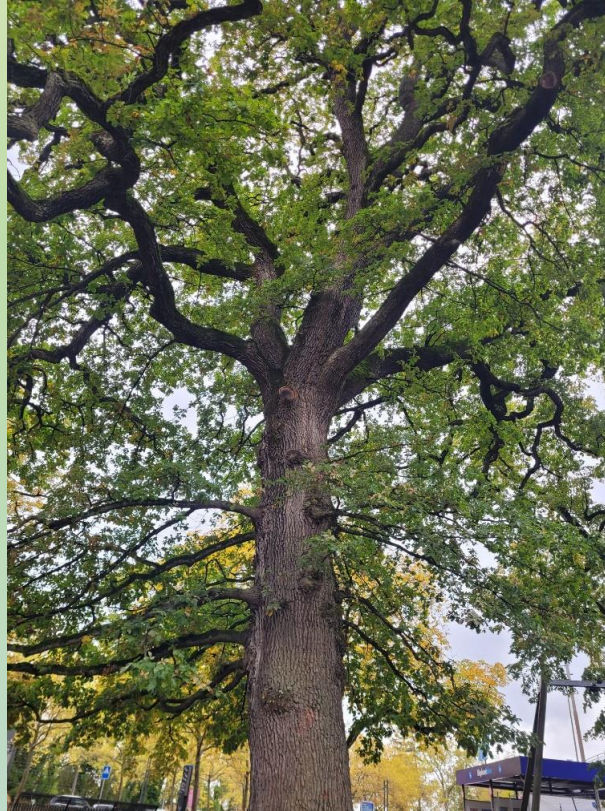
Pas/peu de signe de faiblesse au niveau  
de la ramure.

Ratio porte-à-faux/diamètre des axes  
correct.

Assise des charpentières saines.

Cavité au pied sans grand impact  
compte tenu du diamètre.

Pas d'infestation de champignon.



# Cas 4 - Chêne (Mail)

## Etat physiologique:

Bon

Croissance des pousses importantes,  
grandeur des feuilles élevées, densité  
de feuillage équilibrée

## Aspect structurel:

Pas d'inclinaison du tronc.

Houppier symétrique.

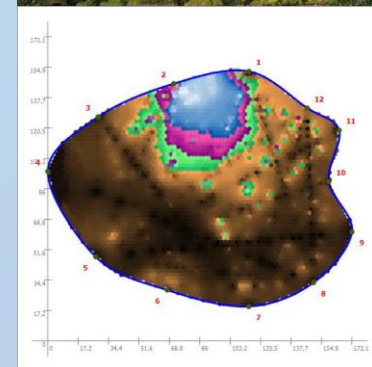
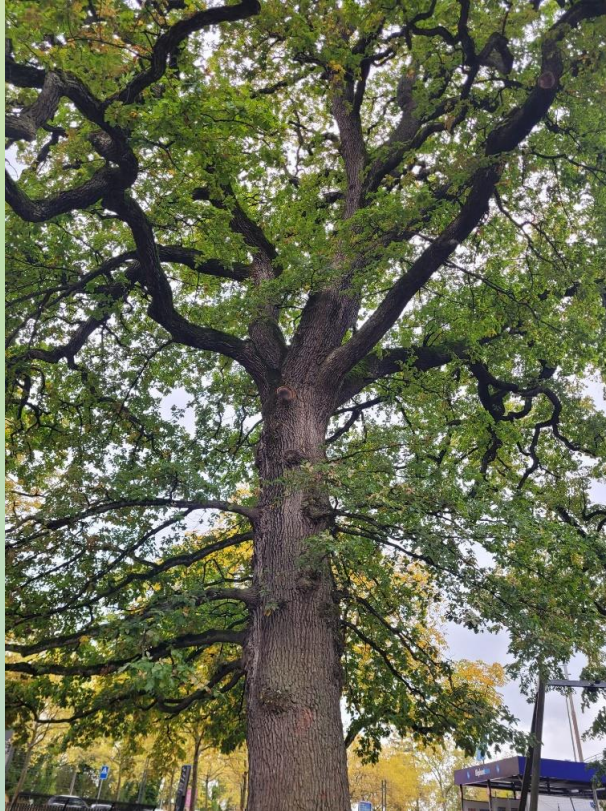
Pas/peu de signe de faiblesse au niveau  
de la ramure.

Ratio  $p_{100}$  - à au diamètre des axes  
correct.

Assise des charpentières saines.

Cavité au pied sans grand impact  
compte tenu du diamètre.

Pas d'infestation de champignon.



## Cas 4 - Chêne (Mail)

### Contraintes:

Fréquentation accentuée par l'aménagement d'un espace de loisirs sous la couronne (1990)



# Cas 4 - Chêne (Mail)

## Contraintes:

Fréquentation accentuée par l'aménagement d'un espace de loisirs sous la couronne (1990)

## Mesures:

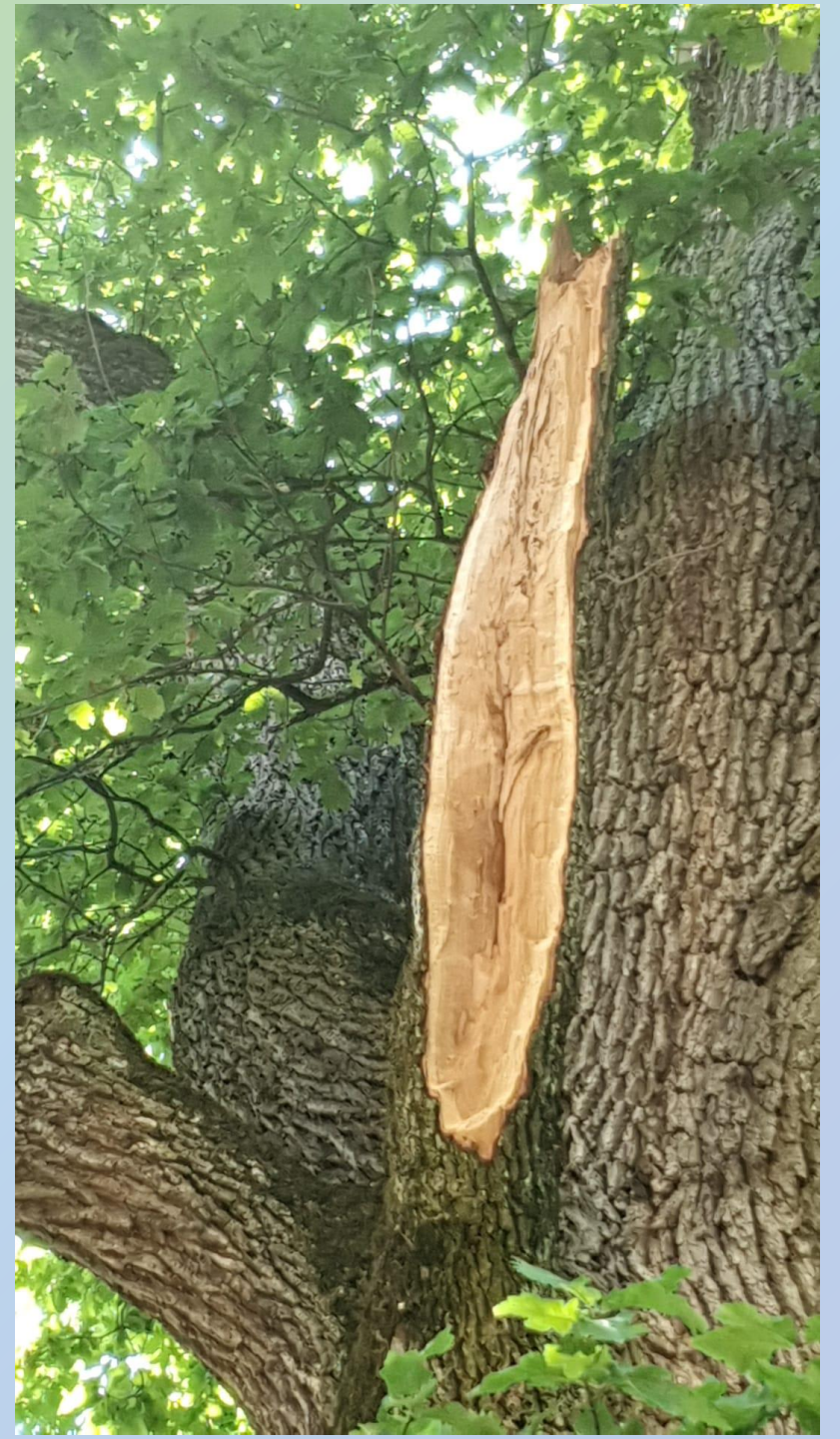
Suivi régulier

Plan d'entretien usuel (considérant l'essence et l'état sain du sujet)

- Taille de sécurité bois mort-défauts, intervalle 3-4 ans.
- Taille d'allègement ciblée au besoin (alternance).
- Pas d'installation de matériel technique.

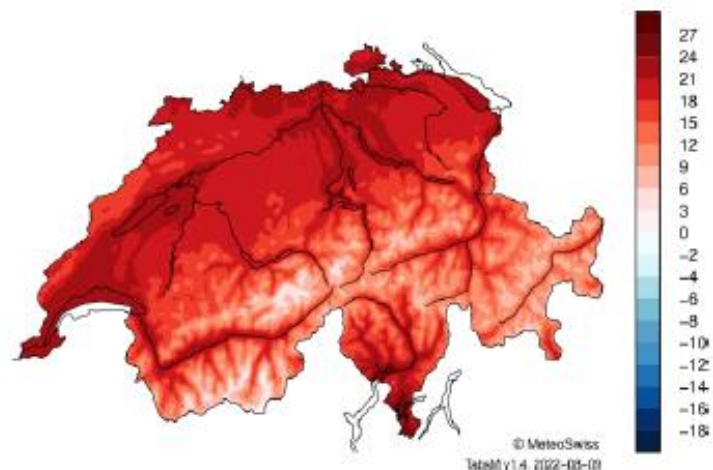


## Cas 4 - Chêne (Mail)

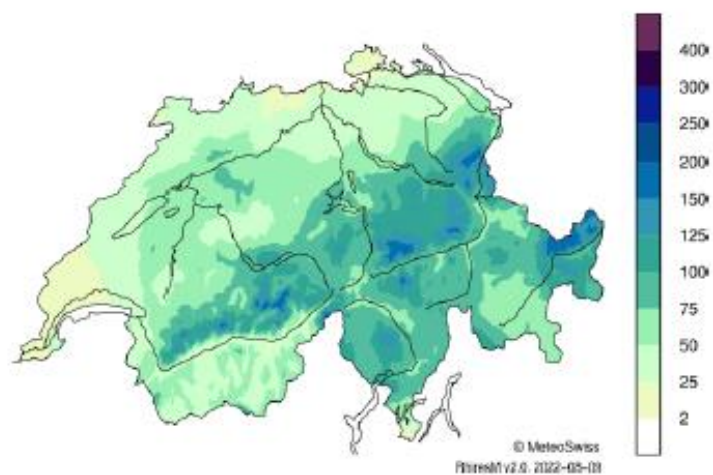


## Valeurs mensuelles absolues

## Températures moyennes mensuelles (°C)



## Somme mensuelle des précipitations (mm)



## Quatrième mois de juillet le plus chaud depuis le début des mesures

En moyenne nationale, la température du mois de juillet a dépassé de 2,4 °C la norme 1991-2020. Depuis le début des mesures en 1864, seuls juillet 2015, 2006 et 1983 se sont montrés plus chauds avec un dépassement de la normale de l'ordre de 3 °C.

Quelques sites de mesures dans les Alpes et au Sud des Alpes ont enregistré le deuxième mois de juillet le plus chaud, derrière juillet 2015. Cela a été le cas au col du Gd-St-Bernard, à Grächen, à Segl-Maria, à Lugano et à Locarno Monti.

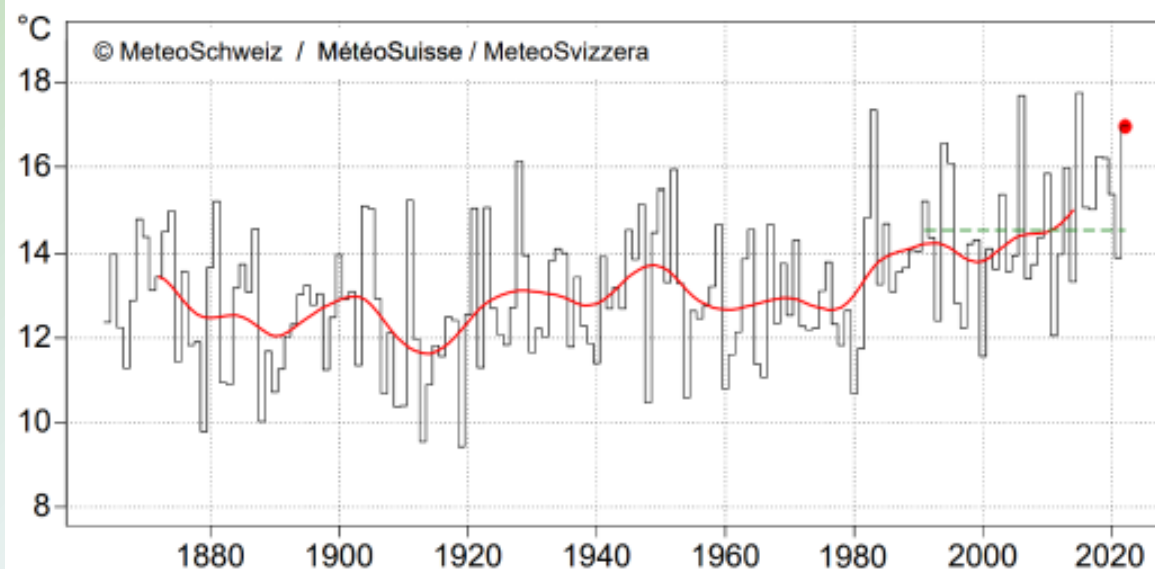


Figure 1.  
La température en juillet en Suisse depuis le début des mesures en 1864. Le point rouge montre juillet 2022 (17,0 °C). La ligne verte interrompue montre la norme 1991-2020 (14,6 °C), la ligne rouge montre la moyenne glissante sur 20 ans.

# Cassures estivales

## **Définition:** (*FLL 2010*)

Casse de quelques branches saines et entièrement feuillues en l'absence de vent  
« après des périodes de sécheresse prolongée et/ou de forte chaleur »

**Synonymes:** Rupture ou casse de branches vertes, Rupture spontanée

## **Espèces concernées en particulier:**

Peupliers, Marronniers, Frênes, Hêtres, etc.

# Cassures estivales

## Résumé des connaissances actuelles:

- Surviennent principalement dans l'après-midi, par temps chaud (Wessoly & Erb, 1998)
- Ne semblent pas déclenchées par des pics de charge extérieurs (vent) (Götz et al., 2002)
- Affectent principalement les branches à forte croissance des arbres à feuilles caduques, avec un bois de traction abondant, sans croissance matérielle supplémentaire sur la face inférieure des branches (bois normal, mais cercles annuels larges) (K. Joss)
- La rupture survient généralement dans une zone de 1 à 3 m à partir du point d'insertion de la branche. (U. Weihs, 2014)
- Aucun dommage préalable ne semble être extérieurement visible sur la branche.
- L'intérieur de la branche cassée ne présente généralement pas de pourriture ou d'autres défauts (Sinn, 2003)

→ **La cassure estivale n'est pas prévisible !**

# Cassures estivales

(U. Weihs, Osnabrücker Baumpflegetage 2014)

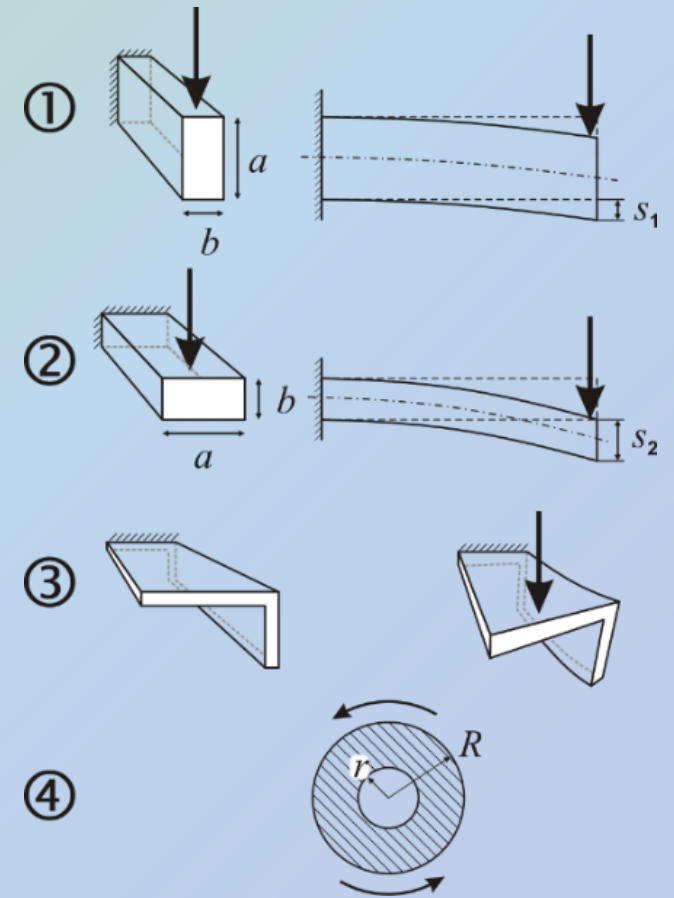


- Bases physiques/mécanique du bois
- Bases biologiques/mécanismes d'action

# Cassures estivales – Bases physiques/mécanique du bois

La résistance de la branche à la rupture dépend de :

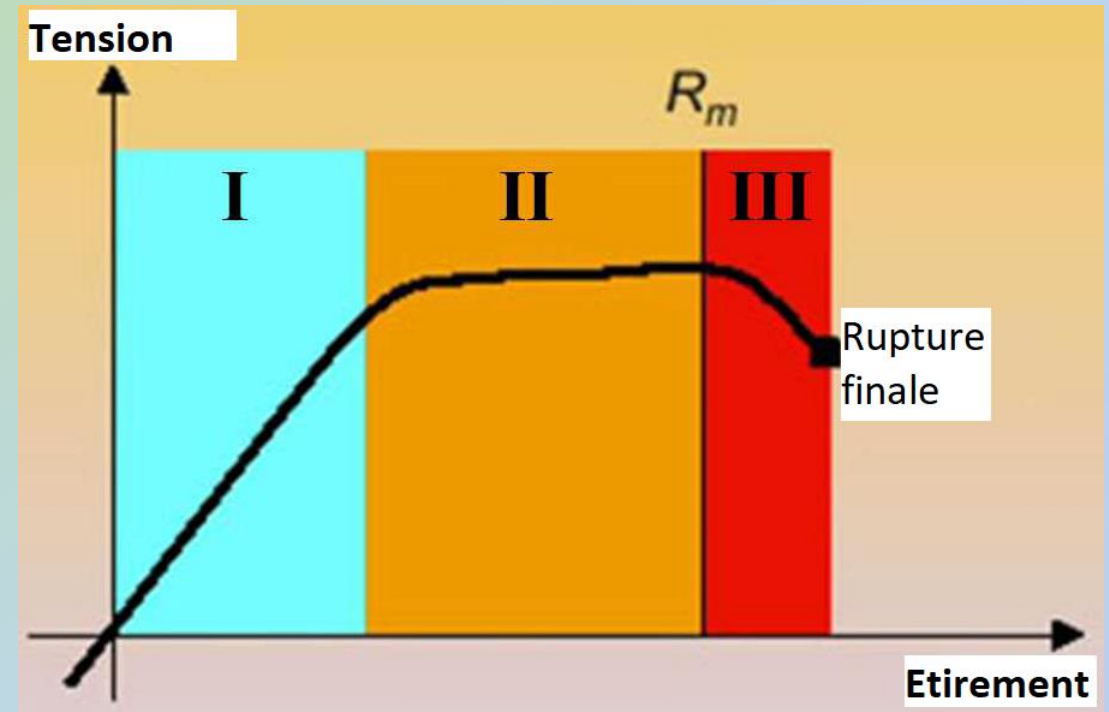
- **Propriétés du bois** spécifiques à l'essence  
Elasticité,..
- **Forme de la branche / Géométrie de la section transversale**  
Bois de compensation
- **Longueur de la branche** (bras de levier)
- **Force de pesanteur** (poids)



# Cassures estivales – Bases physiques/mécanique du bois

## 3 phases dans la rupture de branche

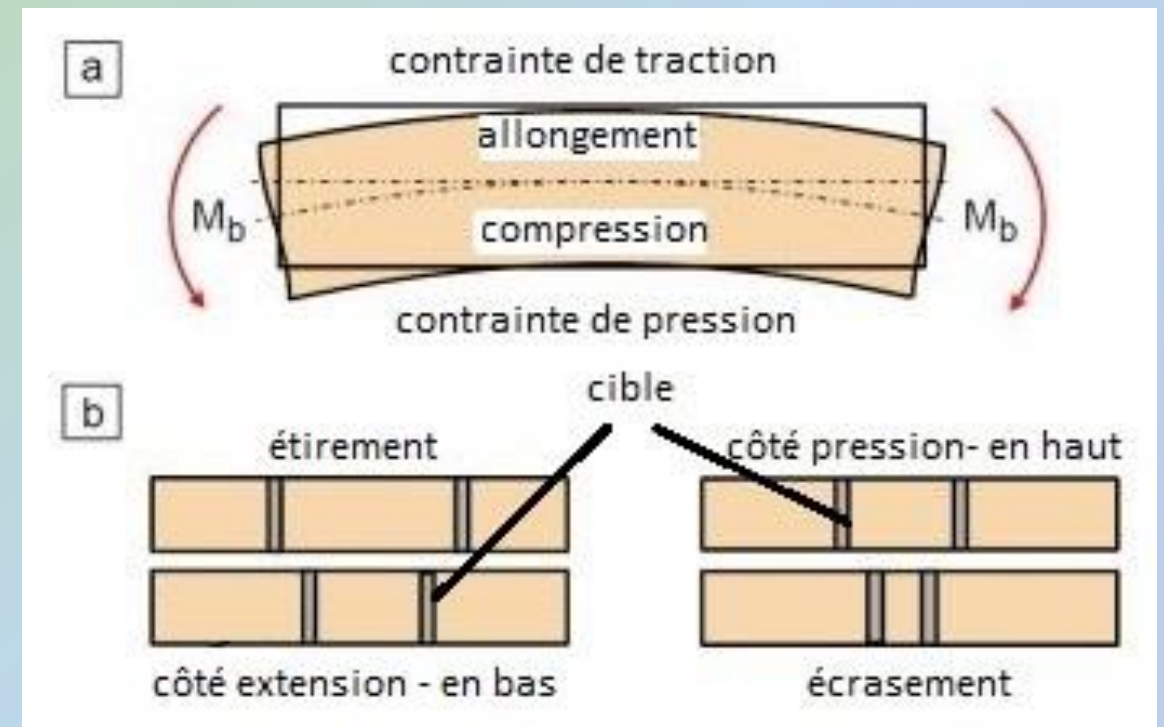
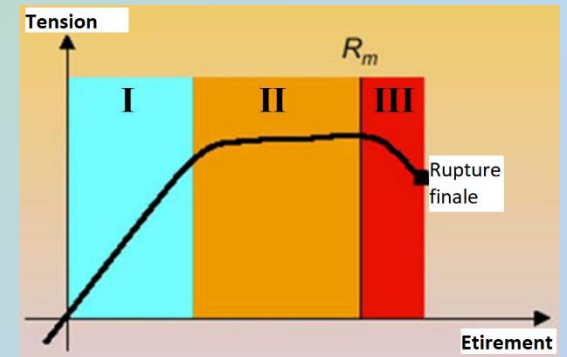
- I. **Zone élastique**  
(déformation réversible)
- II. **Défaillance primaire**  
(dépassement de la limite d'élasticité avec déformation irréversible)
- III. **Défaillance secondaire**  
(rupture finale)



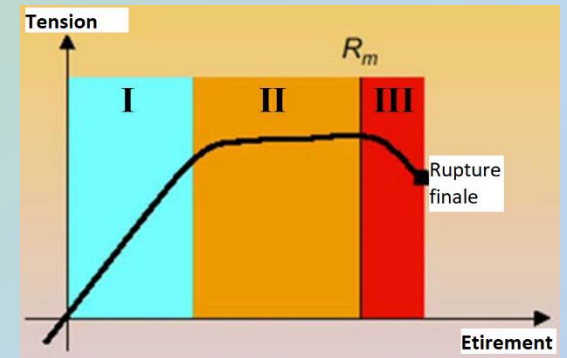
# Cassures estivales – Bases physiques/mécanique du bois

## I. Domaine élastique (déformation réversible)

- Les **charges** les plus importantes s'appliquent au niveau de la traction des branches (en général, côté supérieur)
- Le **pic d'allongement** se situe toujours directement **sous l'écorce** (zone des fibres marginales vertes les plus extérieures)
- La **résistance** du bois à la **compression** est **2-4x inférieure** à sa résistance à la traction.



# Cassures estivales – Bases physiques/mécanique du bois

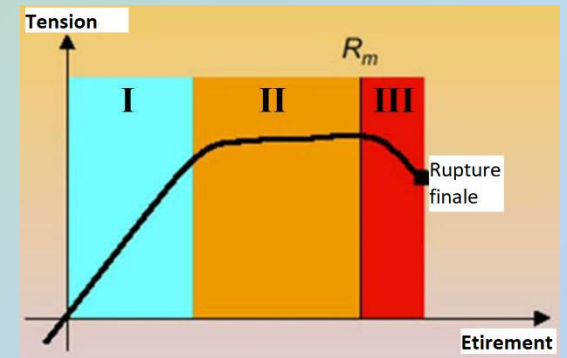


## II. Défaillance primaire: Dépassement de la limite d'élasticité (déformation irréversible)

- La limite d'élasticité est dépassée lorsque **la branche ne reprend pas son ancienne forme** après avoir été soumise à une charge de flexion.

→ Déformation sans rupture

# Cassures estivales – Bases physiques/mécanique du bois



## III. Défaillance secondaire: Rupture finale

- Si une branche continue d'être sollicitée après la défaillance primaire, d'autres faisceaux de fibres voisins se plient (en direction du centre de la branche).
- Si de plus en plus de faisceaux de fibres cèdent du côté de la compression, il se produit une augmentation constante de la charge de traction sur les fibres de bord du côté opposé, jusqu'à la surcharge.
- Si la fibre de bord la plus extérieure du côté de la traction ne peut plus supporter la charge, elle se déchire de manière audible et la défaillance secondaire (rupture finale) se produit.

# Cassures estivales – Exemples



# Cassures estivales – Exemples



# **Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action**

- 1) Défaillance de la tension dans les fibres périphériques**
- 2) Embolisation des branches**
- 3) Prédispositions**
- 4) Position des branches**
- 5) "Principe modulaire"**

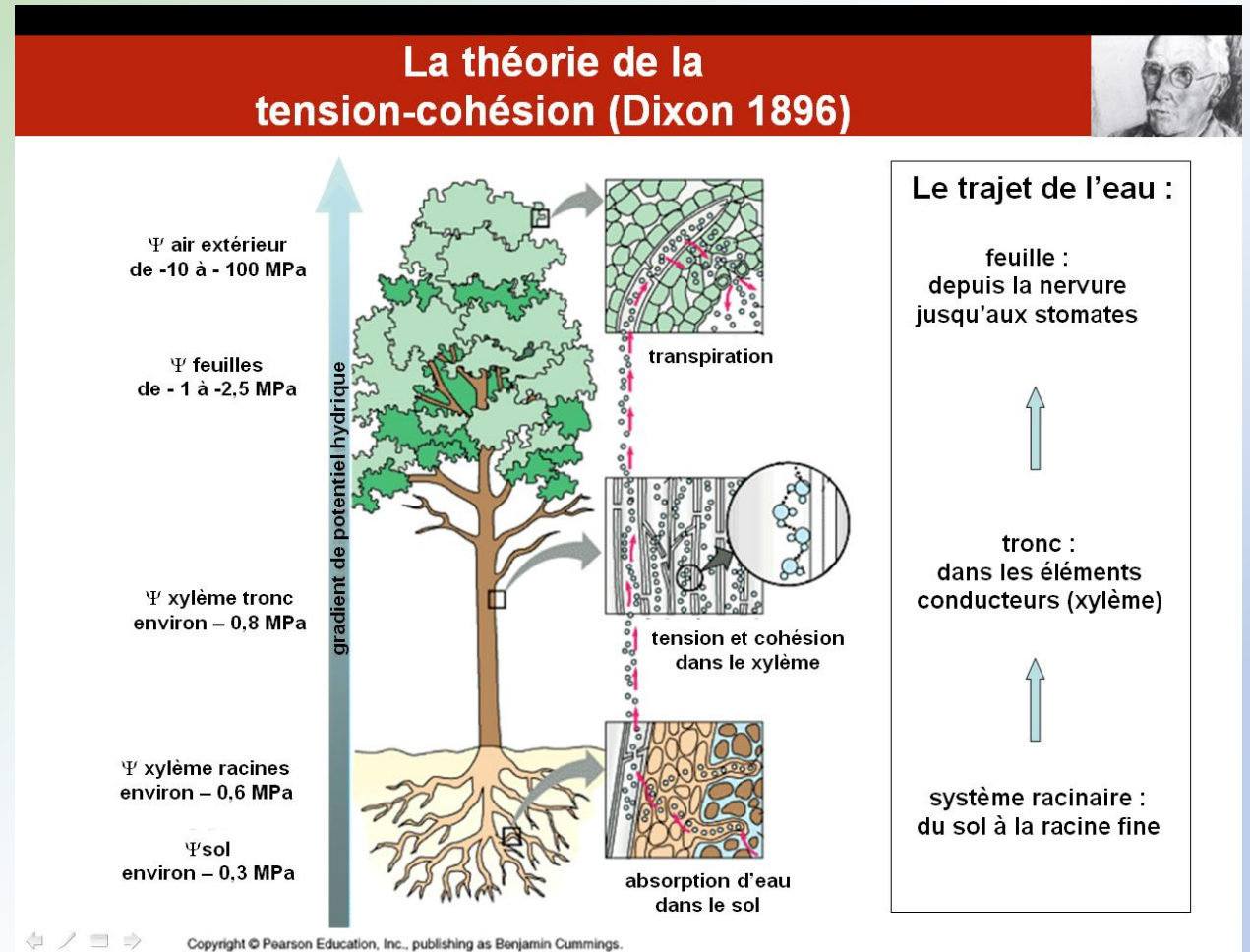
# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 1) Défaillance de la tension dans les fibres marginales extrêmes (périphériques) dûe à l'échauffement de la surface de la branche

- Le bois est un **mauvais conducteur** de chaleur
- A partir de 20°C, avec l'augmentation de la température il se produit un **abaissement continu du module d'élasticité**, la diminution la plus importante est perpendiculaire aux fibres (Ranz, 2007)
- Les **propriétés d'élasticité et de résistance** du bois sont **influencées par la dilatation thermique** (Kollmann, 1982 ; Ranz, 2007)
- Le réchauffement de la surface des branches par l'air ambiant ou par l'action directe du soleil peut entraîner une **perte de la pré-tension des fibres extérieures** (Wessoly & Erb, 1998)

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 2) Embolisation des branches induite par des fortes chaleurs



**Le système hydraulique d'un arbre**

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

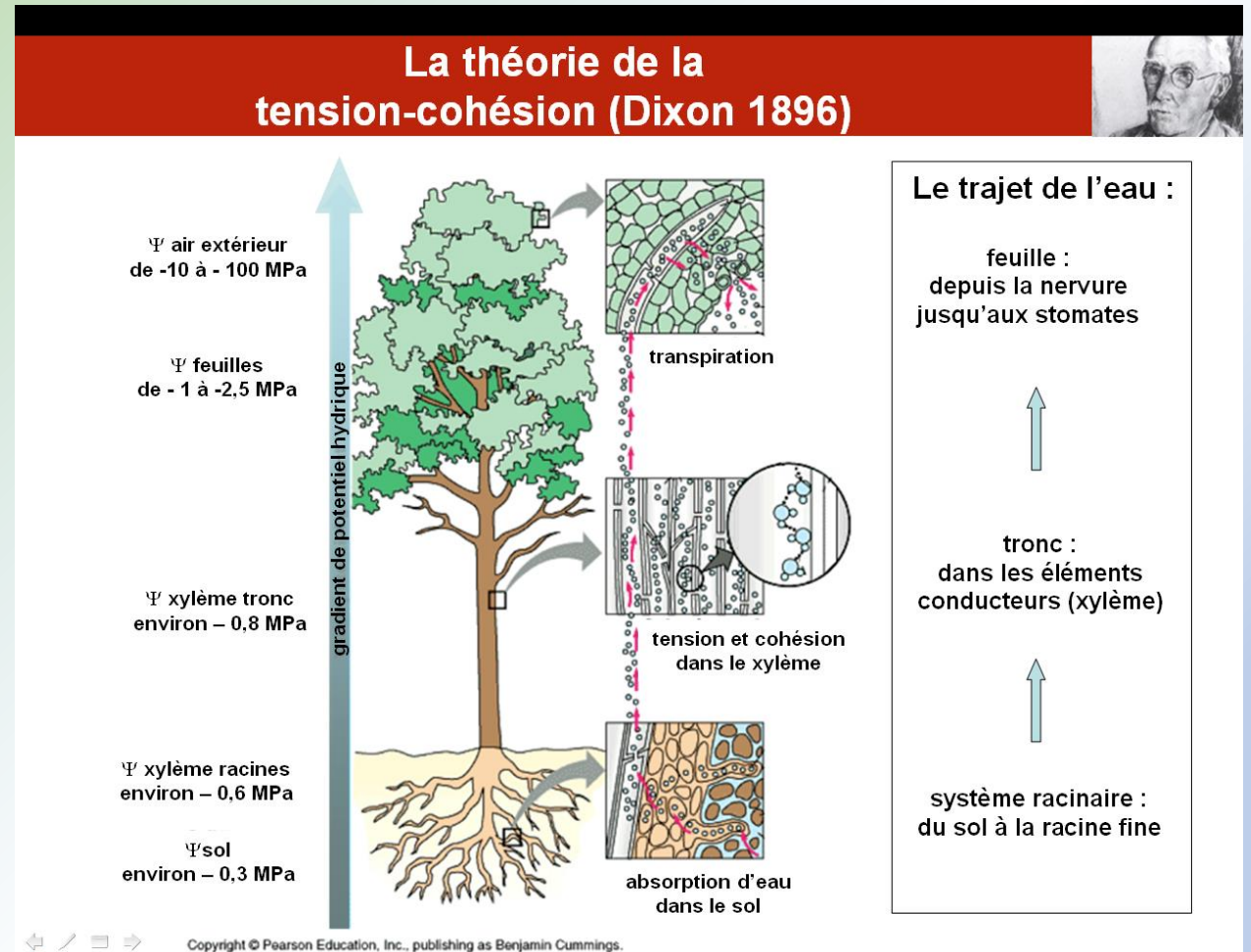
## 2) Embolisation des branches induite par des fortes chaleurs

### Mécanisme d'embolie gazeuse:

La **colonne d'eau** est **sous tension** (corde tendue).

En cas de sécheresse, ce mécanisme sensible peut se désamorcer et la «corde peut casser» suite à l'**entrée d'une bulle d'air** dans le conduit.

Ce phénomène de **cavitation** qui fait **rompre la colonne d'eau** lui fait perdre sa fonction conductrice, c'est l'**embolie**.



**Le système hydraulique d'un arbre**

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 2) Embolisation des branches induite par des fortes chaleurs

### Stress hydrique important (sécheresse extrême)

- Les embolies s'accumulent dans le système vasculaire.
- Si le stress hydrique s'intensifie, l'embolie peut se propager. Le passage d'une bulle d'air d'un canal à son voisin se fait alors à travers les parois, via les punctuations.

**Les tensions en jeu dans une branche seraient modifiés  
et pourrait entraîner une défaillance du système.**

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 3) Prédispositions en lien avec les propriétés du bois (croissance dans le haut de la norme, mauvaises propriétés statiques)

Exemple des Peupliers hybrides (particulièrement préposés à la casse):

- Croissance dans le haut de la norme
  - Rendement volumétrique élevé
  - Atteignent jusqu'à 30-40 m de hauteur en quelques décennies seulement
  - Grande couronne avec des branches étendues (longs bras de levier)
- Bois tendre et à grosses fibres, avec une faible densité
  - Faibles valeurs de résistance (module d'élasticité) et de portance
- Teneur élevée en eau du bois frais (cœur humide)
  - Poids relativement élevé (jusqu'à 840 kg/m<sup>3</sup>)

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 3) Prédispositions en lien avec les propriétés du bois (croissance dans le haut de la norme, mauvaises propriétés statiques)

Selon Mattheck (2001):

- Résistance à la rupture des branches est dépendante de:
  - **Résistance à la compression longitudinale**
  - **Résistance à la flexion radiale**
- Ce n'est qu'après avoir surmonté la résistance transversale que le **flambage des fibres** commence du côté compression de la branche par la séparation des fibres.
- Les **rayons de bois** (parenchyme, s'étendant radialement) jouent un **rôle important dans la résistance transversale** des branches, en particulier dans la zone d'attache des branches.
- Les **essences** de feuillus qui forment de **petits rayons sur une seule rangée** (ex. Saule, Peuplier) présentent une **moins bonne résistance** du bois que les essences qui forment de **grands rayons à plusieurs rangées** (ex. Chêne)

# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 4) Position des branches dans la couronne

- Plus les branches commencent haut dans la **cime** de l'arbre, plus leur port de **croissance** est **conique**.
  - à Faible charge pondérale
  - à Nombreuses branches latérales
  - à **Adaptées à une charge continue**  
(optimisée par le vent)
- Les branches poussant dans la **zone inférieure**, présentent une **croissance** plus **horizontale**.
  - à Longue partie de branche sans feuilles
  - à Ramifications dans leur zone apicale
  - à **Bras de levier, charge pondérale**



# Cassures estivales – Bases biologiques / mécanismes d'action

## 5) Principe du module comme stratégie de survie de l'arbre

- Les branches basales du houppier ne sont que peu efficaces pour l'arbre (ombrage → gain énergétique diminué, parfois négatif), contrairement aux branches situées dans la partie supérieure de la couronne.
- La séparation active/détachement actif des branches et des rameaux d'importance mineure (pour la structure de la cime et les performances de la photosynthèse) est un processus normal/naturel dans la croissance des arbres.

**L'arbre se sépare de ses maillons faibles (modules de branches ou embranchements) afin de favoriser un développement d'ensemble optimal et d'assurer sa survie.**

(Genenz et al. 1997; Höster et al. 1968; Pietzarka et al. 2010; Shigo, 1990 ; Sinn, 2003)

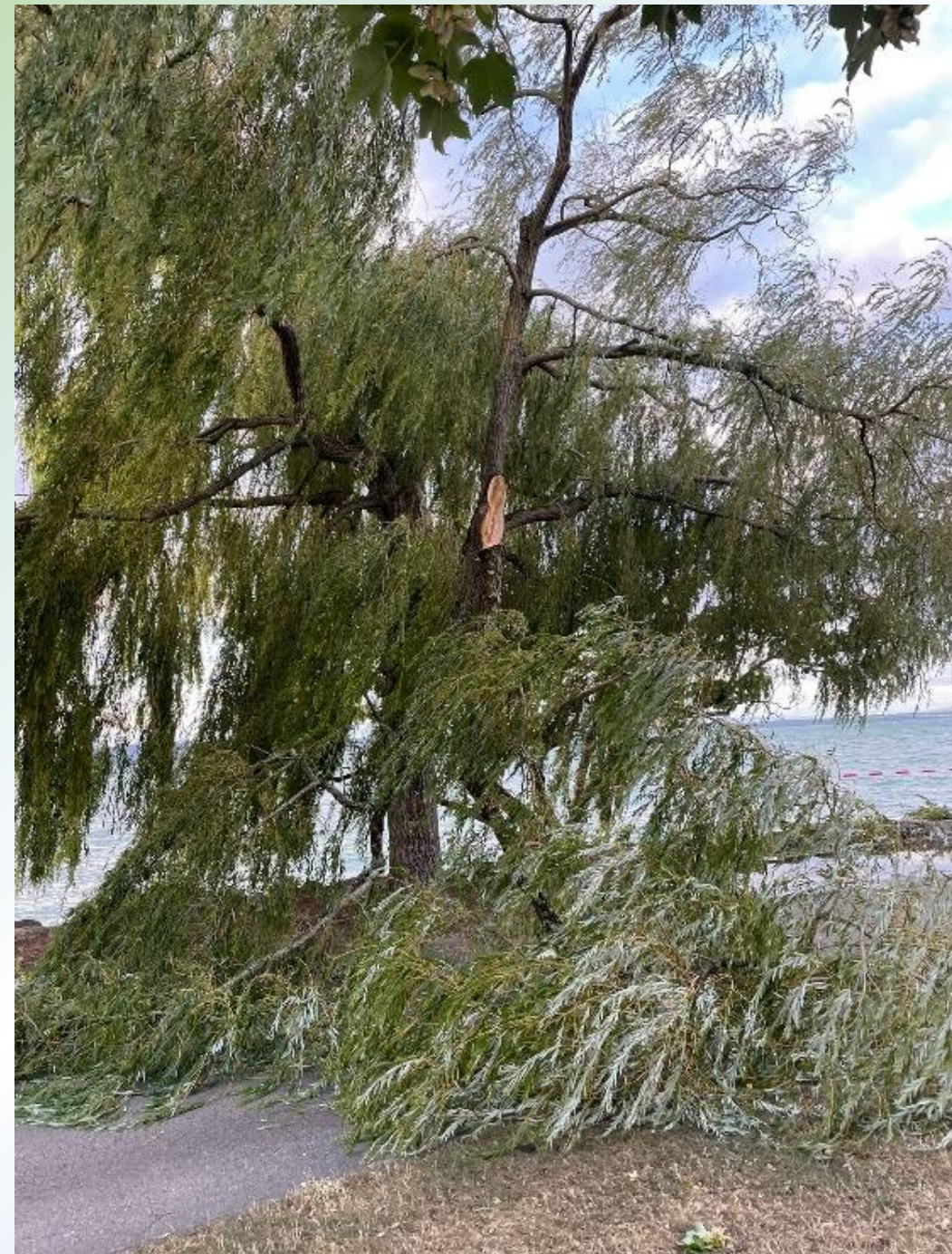
# Cassures estivales - Synthèse



**Phénomène imprévisible**

**Quelle stratégie adopter pour gérer les risques ?**

- **Réflexions/Discussions**
- **Consensus**
- **Communication**



# Cassures estivales - Stratégie actuelle Ville de Neuchâtel

- à Limiter/Éviter d'accentuer la fréquentation sous les arbres (selon les possibilités)
- à Fermeture temporaire des zones à risques
- à Information au public



## Attention

### Casse de branche spontanée

Pendant les périodes de forte chaleur, lorsque les températures restent élevées et ne se rafraichissent pas la nuit, des branches, même, saines peuvent se détacher.

- Cet emplacement est temporairement fermé



Pour tout renseignement complémentaire :  
Office des parcs et promenades au 032 717 86 60 ou par courriel :  
[parcs\\_et\\_promenades.neuchatel@ne.ch](mailto:parcs_et_promenades.neuchatel@ne.ch)

Parcs et promenades, Ville de Neuchâtel

# Merci de votre attention

