



Comportement mécanique des branches lors de températures extrêmes (positives ou négatives) et conséquences sur le risque de casse

Lucie Heim, Guillaume Charrier, Joseph Gril, Eric Badel

► To cite this version:

Lucie Heim, Guillaume Charrier, Joseph Gril, Eric Badel. Comportement mécanique des branches lors de températures extrêmes (positives ou négatives) et conséquences sur le risque de casse. 8èmes journées du GDR 3544 “ Sciences du bois ”, INRA, Nov 2019, Epinal, France. pp.274-276. <hal-03053462>

HAL Id: hal-03053462

<https://hal.science/hal-03053462v1>

Submitted on 11 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Comportement mécanique des branches lors de températures extrêmes (positives ou négatives) et conséquences sur le risque de casse

HEIM Lucie¹, CHARRIER Guillaume¹, GRIL Joseph^{1,2} et BADEL Eric¹

¹ Université Clermont-Auvergne, INRA, PIAF, F-63000 Clermont-Ferrand, France

² Université Clermont-Auvergne, CNRS, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France
lucie.heim@hotmail.fr

Mots clefs : branches ; rupture imprévisible ; comportement mécanique ; températures extrêmes

Contexte et objectifs

L'étude des caractéristiques mécaniques des branches fait aujourd'hui défaut et les ruptures imprévisibles de branches survenant lors de températures extrêmes en absence de dégradation sanitaire, de vent ou de surcharge inquiètent de plus en plus les professionnels des espaces arborés urbains qui sont alors incapables d'assurer la sécurité des espaces arborés urbains.

Le stage de Master II AETPF (Université de Lorraine, AgroParisTech Nancy) que j'ai réalisé au sein de l'UMR PIAF à l'Inra de Clermont-Ferrand s'inscrit dans un nouveau projet qui cherche à comprendre le comportement mécanique des branches en particulier lorsqu'elles sont soumises à des températures extrêmes.

Quelques études ont déjà été réalisées par le passé (Harris, 1987 ; Rushforth, 1989 ; Brochier, 2004 ; Houziaux, 2005) mais ces dernières font pour la plupart de simples observations de casses imprévisibles sans en définir leurs causes. Une enquête réalisée dans la première partie de ce travail auprès des professionnels de l'arbre en ville (experts et gestionnaires) et le suivi médiatique de ces ruptures imprévisibles a permis d'étoffer nos connaissances concernant leurs caractéristiques. Ces branches qui se cassent sont pour la plupart des charpentières. Elles sont plagiotropes, longues, et le plus souvent situées en milieu ou à la base du houppier. Les experts indiquent que fréquemment, les branches concernées semblent en recherche de lumière, c'est pourquoi elles se développent très longues afin de dépasser les branches situées au-dessus. Leur diamètre est généralement important (minimum 10 cm), mais certains experts considèrent que les petites branches sont autant touchées que les grosses et que leur feuillage n'est pas détérioré. Au contraire, les branches cassées possèdent un feuillage très dense.

Ce travail d'enquête a mis en évidence quelques hypothèses concernant les causes éventuelles des ruptures estivales et hivernales. On testera ici deux d'entre elles, l'une pour la casse estivale et l'autre pour la casse hivernale.

Matériel et méthode

Effet d'une sécheresse sur les propriétés mécaniques d'une branche : étude de l'embolisation

L'une des hypothèses relevées dans certaines enquêtes et articles de presse suppose que l'embolisation des branches induite par des fortes chaleurs serait responsable des ruptures estivales. Cette première manipulation cherche ainsi à valider ou invalider cette hypothèse. Pour cela, une série de branches ont été artificiellement embolisées puis soumises à un test de flexion.

Lors de stress hydriques importants (sécheresse extrême), la tension dans les colonnes d'eau du système vasculaire augmente fortement. En cas extrême, cela peut conduire au phénomène de cavitation qui fait rompre la colonne d'eau par l'arrivée d'une bulle d'air dans le canal, qui perd alors sa fonction conductrice. S'il se diffuse dans le système hydraulique, ce passage de bulles

d'air qui vide les canaux de leur eau, impacte fortement le fonctionnement hydraulique et peut entraîner la mort de l'arbre. (Mollier, 2015)

L'hypothèse a été testée sur deux essences, un Angiosperme (érable plane, *Acer platanoides*) et un gymnosperme (cyprès, *Cupressus sempervirens*).

Vingt branches de 26 cm de longueur et de diamètre inférieur à 1 cm ont été échantillonnées par essence. Parmi ces vingt branches, dix d'entre elles ont été artificiellement embolisées, les dix autres n'ont pas subi de traitement et ont donc servi de témoin. L'embolie a été générée artificiellement par centrifugation (Cochard, 2002 ; Cochard et al., 2005) pour créer une tension dans le réseau hydraulique des échantillons.

Deux propriétés mécaniques ont été analysées ici : le module d'élasticité, ou module d'Young, E qui représente la rigidité du matériau, et la résistance à la rupture, MOR. Tous deux ont été déterminés par des essais de flexion 3 points à l'aide d'une machine d'essai universelle (Instron, Model 5565, capteur 5kN, USA) contrôlée par le logiciel Blue Hill.

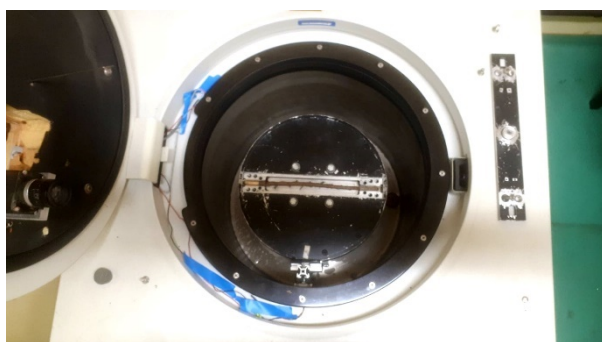


Fig. 1 : Branche de cyprès avant embolisation par centrifugation



Fig. 2 : Branche d'érable après rupture lors d'un essai de flexion 3 points

Effet du gel sur les propriétés mécaniques des branches

Pour les casses hivernales, nous avons supposé que la saison où se produit le gel impacte le comportement mécanique. En effet, il semblerait que la diminution précoce de température en automne combinée à des chutes de neige, même légères, ait des conséquences plus importantes que lors des chutes de neige, parfois abondantes, en plein hiver. Cela suggère que l'état hydrique des branches, lequel est modulé pendant l'hiver, pourrait jouer un rôle dans le comportement mécanique des branches gelées.

Deux séries de prélèvements ont été réalisées : l'une au début du mois de mars et l'une aux mois d'avril et de mai. Elles représentent respectivement la série nommée « Hiver » et la série nommée « Printemps ». Pour chaque série, plusieurs essences ont été récoltées : trois Gymnospermes (*Picea abies*, *Cupressus sempervirens* et *Cedrus atlas*), et six Angiospermes (*Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Fagus sylvatica*, *Corylus avellana*, *Ailanthus altissima*, *Betula pendula*). Les branches ont été gelées selon le mode opératoire suivant : les branches « Hiver » ont été gelées à -20°C (gel sévère) dans une enceinte d'essai climatique (Binder, série MK). Les branches de la série « Printemps » ont été soumises soit à un gel sévère (-20°C) soit à un gel doux (-5°C), semblable à un gel tardif printanier. Les propriétés mécaniques analysées ici, le module d'élasticité et la résistance à la rupture, ont été à nouveau obtenues à l'aide de tests de flexion 3 points jusqu'à la rupture.

Résultats et discussion

Chez le cyprès les branches embolisées ne montrent pas de différence de module d'élasticité par rapport à leurs témoins non embolisés avec des modules respectifs de 3,29 et 2,99 GPa (p -value = 0,3527). Par contre, chez l'érable, notre représentant des Angiospermes, le module d'élasticité semble un peu plus fort (4,46 GPa) pour les branches embolisées comparé aux 4,00 GPa pour les branches témoins (p -value = 0,05243) mais cette différence n'est pas significative. Concernant la résistance à la rupture de ces branches, l'embolie ne semble pas l'impacter ni chez le cyprès (MOR = 26,59 MPa pour les branches embolisées et 27,87 MPa pour les branches témoins, p -value = 0,7005) ni chez l'érable (MOR = 15,72 MPa pour les branches embolisées et 14,66 MPa pour les branches non embolisées, (p -value = 0,6494). Les résultats indiquent donc clairement que l'embolie du système vasculaire n'affecte aucunement les propriétés mécaniques de ces essences.

En ce qui concerne l'effet du gel sur le comportement mécanique des branches, on constate que l'effet saisonnier n'intervient pas sur le module d'élasticité des Angiospermes. C'est la sévérité du gel seule qui modifie ce module de leurs branches. Un gel, quelle que soit sa sévérité, augmente le module d'élasticité des branches des Angiospermes. L'effet saisonnier n'a pas d'impact sur ce module. Chez les Gymnospermes en revanche, ni le gel et ni les saisons n'affectent le module d'élasticité de leurs branches. Le gel semble donc avoir un effet plus important sur les propriétés mécaniques des Angiospermes que sur les Gymnospermes.

Contrairement au module d'élasticité, la résistance à la rupture des branches des Angiospermes et des Gymnospermes semble être modulée par les saisons, leur résistance étant renforcée en hiver. Les branches sont donc plus résistantes lors d'un gel en hiver que lors d'un gel au printemps. Ces résultats suggèrent qu'en cas de sollicitation mécanique (coup de vent), un gel sévère aura un effet beaucoup plus important sur les branches au printemps que sur les branches en hiver.

Le comportement mécanique face au gel est désormais connu à l'échelle globale des Angiospermes et des Gymnospermes. Cependant, si on s'intéresse de plus près au cas par cas interspécifique, on constate que chaque essence réagit de manière différente au gel, que certaines d'entre elles sont plus résistantes que d'autres et que l'impact de la saison n'est pas le même entre les essences. On peut alors supposer que l'état physiologique de la branche, lequel varie d'une essence à l'autre et d'une saison à l'autre, pourrait avoir un rôle majeur dans ces comportements.

Conclusion et perspectives

La casse des branches est un sujet très peu étudié. A ce titre, ce stage revêtait un caractère très exploratoire. Le suivi médiatique de ces ruptures imprévisibles et les enquêtes réalisées auprès des gestionnaires et des experts de l'arbre urbain ont permis d'étoffer nos connaissances concernant leurs caractéristiques : les branches sensibles aux ruptures estivales sont des charpentières plagiotropes de longue portée appartenant à des arbres âgés d'essences assez communes. La rupture survient généralement dans la zone située de 1 à 3 m de l'insertion, le plus souvent en fin de journée. En raison de leur plus faible fréquence, les connaissances sur les ruptures hivernales sont encore très minces. Les expérimentations menées en laboratoire démontrent que l'embolisation d'une branche induite par une sécheresse en période de forte chaleur ne peut pas être à l'origine de sa rupture. De plus, les résultats expérimentaux indiquent que le comportement mécanique général des Gymnospermes face à un gel diffère de celui des Angiospermes, le gel ayant un effet plus important sur la résistance à la rupture et le module d'élasticité des branches de ces derniers.

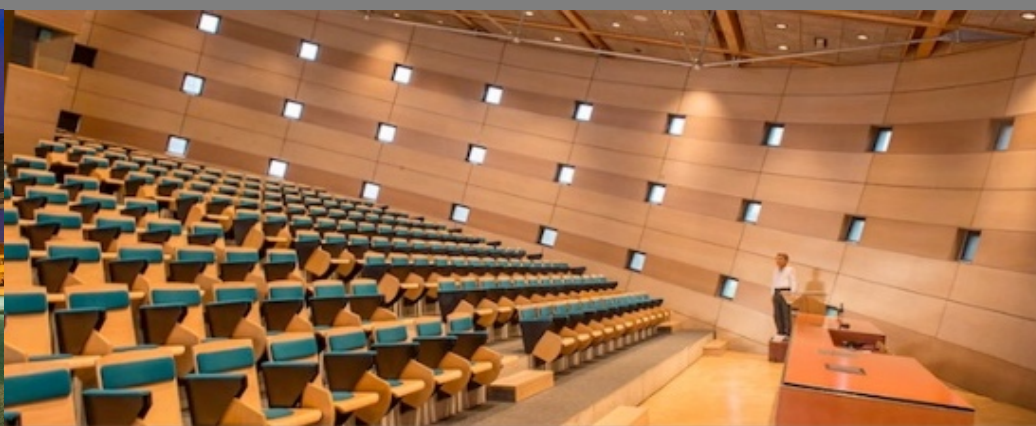
Remerciements

Références

- Brochier, V, 2004. Les accidents climatiques et leur dangerosité dans les parcs et jardins à Paris. Etude générale des principaux accidents climatiques rencontrés à Paris. 2004. S.l. : s.n.
- Cochard, H., 2002. A technique for measuring xylem hydraulic conductance under high negative pressures. In : Plant, Cell & Environment. 2002. Vol. 25, n° 6, p. 815-819. DOI 10.1046/j.1365-3040.2002.00863. x.
- Cochard H., Damour G., Bodet C., Tharwat I., Poirier M., Améglio T. (2005) Evaluation of a new centrifuge technique for rapid generation of xylem vulnerability curves. In : *Physiologia Plantarum* [en ligne]. 1 août 2005. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1399-3054.2005.00526.x>.
- Harris R.W (1987) Summer Branch Drop. In : *Journal of Arboriculture* [en ligne]. avril 1987. Disponible à l'adresse : <file:///C:/Users/lucie/AppData/Local/Temp/p0111-0113.pdf>.
- Houziaux G. (2005) Caractérisation du phénomène de rupture estivale de branches d'arbre. In : 2005. p. 58.
- Mollier P. (2015) L'embolie des arbres en direct. In : [en ligne]. 22 mai 2015. Disponible à l'adresse : <http://www.inra.fr/%2FChercheurs-etudiants%2FMecanismes-du-vivant%2FTous-les-dossiers%2FMicroscopie-jusqu-ou-voit-on%2FL-embolie-des-arbres-en-direct>.
- Rushforth K.D. (1989) Summer Branch Drop. In : *Arboriculture Research Note* (Arboriculture Advisory & Information Service. 1989.

Actes des 8^e journées scientifiques du GDR 3544 Sciences du Bois

*L'apport des Sciences du Bois à la
société et au monde industriel*



18, 19 et 20 novembre 2019
Campus Bois, Epinal, France

Manifestation : 8^{èmes} journées scientifiques du GDR 3544 Sciences du Bois, Epinal, Nov. 2019

Collection : Journées annuelles du GDR 3544 sciences du bois, Volume 8, 2019

Coordination et édition des actes : Romain Rémond, Arnaud Besserer, Emmanuel Fredon, Philippe Gérardin (LERMaB), Joseph Gril (Institut Pascal et PIAF)