



Reconfiguration d'une branche de platane sous le 'vent' à 5m/s, 15m/s et 25m/s en partant de la gauche.

Interspecific diversity of wind resistance strategies among temperate tree species: what is the role of radial variations of wood material properties in different tree organs?

Responsable scientifique : Jana, DLOUHA, UMR Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt Bois (LERFOB)

Partenaires Labex : Julien RUELLE, Thiéry CONSTANT, Meriem FOURNIER (LERFOB)

Collaborations : Mathieu DASSOT (EcoSustain)

Contexte —

Les simulateurs des changements climatiques à haute résolution spatiale prévoient une intensification des tempêtes automnales en Europe de l'ouest ([Baatsen, Haarsma et al. 2014](#)). Dans ce contexte d'augmentation présumée des sollicitations mécaniques dues au vent, il est intéressant d'étudier la diversité des stratégies élaborées par les arbres à tolérer/éviter la charge due au vent et mieux comprendre les limites de sécurité face au vent sur un large échantillon d'espèces comprenant aussi des espèces moins étudiées.

La sensibilité d'un arbre au risque de casse au vent ne peut pas s'aborder seulement comme un problème de rupture en génie civil car les arbres se dimensionnent eux-mêmes en adaptant leur croissance aux signaux perçus de l'environnement ([Fournier, Bonnesoeur et al. 2015](#)). Sans entrer dans l'étude des processus de croissance, le dimensionnement des parties de l'arbre les unes par rapport aux autres, en dimension (hauteur, diamètre, volume du système racinaire, surface de la prise au vent de la couronne) comme en propriété (propriétés du bois, aérodynamique de la couronne, résistance du système racinaire) donne lieu à des règles empiriquement observées et largement discutées (Fournier, Dlouhá et al. 2013). De façon similaire à ce que d'autres auteurs ont publié pour les marges de sécurité hydrauliques ([Choat, Jansen et al. 2012](#); [Delzon and Cochard 2014](#)), il reste à produire et synthétiser l'information sur les marges de sécurité mécanique des espèces, pour l'instant très partielle et quasi-exclusivement centrée sur les espèces tropicales ([Read and Stokes 2006](#); [van Gelder, Poorter et al. 2006](#); [Butler, Gleason et al. 2012](#)).

Objectifs —

La différence de stratégie à tolérer/éviter le vent en fonction de la taille de l'individu a déjà été observée dans le passé comme nous le rappelle de La Fontaine dans sa fable « Le chêne et le roseau » ([de La Fontaine 1888](#)). La résistance d'un arbre soumis à la flexion longitudinale est fortement déterminée par son diamètre à l'exception des petits diamètres pour lesquels le rôle des propriétés matérielles peut s'avérer essentiel. L'hypothèse qu'on se propose de tester dans ce projet est que la variation radiale des propriétés mécaniques, souvent considérée par les technologues du bois comme un défaut pour l'utilisateur, fait partie intégrale de la stratégie de l'arbre à résister à la casse au vent et assurer la transition de la taille de l'arbre qui se repose sur la stratégie d'évitement à la taille qui peut se permettre de tolérer le vent permettant notamment une grande déformabilité de la tige chez les petits juvéniles. Comme la prise au vent dépend de la surface du houppier exposé, le besoin de rendre le houppier aérodynamique augmente avec la hauteur de l'arbre et la taille du houppier. Il est alors intéressant d'étudier la coordination des patrons des variations des propriétés radiales au niveau du tronc et au niveau des branches pour déterminer si et comment ces variations contribuent à la résistance de l'arbre au vent.

Démarche —

Dix espèces dont sept feuillues et trois conifères ont été sélectionnées en fonction des propriétés du bois et du coefficient de la traînée empirique ainsi que du résultat d'une enquête conduite auprès des arboristes permettant notamment d'identifier les espèces qui souffrent fréquemment de chute de branches due au vent comme *Salix alba* ou *Acer platanoides* L. Par ailleurs, on a été limité par la disponibilité des arbres architecturalement pleinement développés mais jeunes sur la commune du Grand Nancy car les branches doivent être prélevées progressivement pour permettre de les préparer et emmener à l'aérodrome de Chambley pour la mesure du coefficient de la traînée ce qui nous a forcé à restreindre le périmètre de recherche à la métropole du Grand Nancy. Chaque espèce est représenté par cinq arbre, cinquante arbres ont donc été sélectionné au total. Tous les arbres ont été scannés à l'aide du lidar terrestre pour acquérir l'information sur le houppier et le tronc a été carotté pour mesurer les propriétés du bois (densité et angle des microfibrilles) suivant le rayon. En parallèle, une plateforme expérimentale a été conçu au laboratoire pour permettre de mesure de la force et du moment exercé par le vent sur la branche et fixée sur le toit d'une voiture ainsi qu'un anémomètre qui mesure la vitesse du vent. La voiture a été aussi équipée d'une structure tubulaire qui permet une disposition flexible de trois caméras, en fonction de l'inclinaison de la branche dans l'arbre, qui assurent le suivi de la surface des feuilles exposée au vent ainsi que de la forme de l'axe principale de la branche. Une branche de 2-3m de long a été coupé dans le tiers supérieur du houppier de chaque arbre et son angle d'insertion a été mesuré. Une fois la branche fixée sur la voiture, la vitesse de la voiture augmentait par paliers de 5m/s allant de 0 à 25m/s et les mesures de traînée ont été faites à des paliers de vitesse constante. Le développement de cette plateforme a été beaucoup retardé à cause des problèmes de santé du leader du projet et donc elle est toujours en l'état des derniers tests. Le comportement aérodynamique des branches ainsi que les propriétés mécaniques du bois des branches vont donc être caractérisés seulement en été 2018.

Résultats marquants —

- Développement de la plateforme de mesure du coefficient de la traînée
- Les profils radiaux de la densité et de l'angle des microfibrilles dans le tronc sont en train d'être analysés
- Les données lidar sont aussi en train d'être analysées

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

Les premiers résultats des tests de mesure du coefficient de la traînée sont très prometteurs, les signaux de force, de moment, de vitesse du vent ainsi que les caméras sont bien synchronisés et la qualité de revêtement de la piste d'atterrissage à l'aérodrome est suffisante pour obtenir un signal de bonne qualité.

Perspectives —

Finaliser les tests de calibration de la plateforme de mesure du coefficient de la traînée ainsi que le développement de la méthode d'analyse des images permettant le suivi de l'évolution de la forme de la branche. Valoriser les données obtenues sous forme de publications scientifiques. Développer un modèle analytique pour estimer l'importance de la variation radiale des propriétés du bois dans la reconfiguration des branches sous le vent. Développer, en collaboration avec les modélisateurs numériques, un modèle numérique de la branche soumise au vent et étudier la possibilité

Valorisation —

- Organisation d'une rencontre internationale de l'association internationale des arboristes SAG « Baumstatik » le 4 octobre 2016 à l'INRA de Champenoux, en collaboration avec Bruno Moulia et Eric Badel de l'INRA de Clermont-Ferrand

Effet levier du projet —

- Sensibilisation des gestionnaires des espaces verts (très intéressés) à la thématique du projet (casé au vent)