



**HAL**  
open science

# Modélisation du comportement aérodynamique de l'arbre au vent

Ming Yang, Sylvain Dupont, Pauline Defossez

► **To cite this version:**

Ming Yang, Sylvain Dupont, Pauline Defossez. Modélisation du comportement aérodynamique de l'arbre au vent. 5. journées du GDR sciences du Bois, Nov 2016, Bordeaux, France. 2016. hal-02739507

**HAL Id: hal-02739507**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02739507v1>**

Submitted on 2 Jun 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.

## Modélisation du comportement aérodynamique de l'arbre au vent

YANG Ming, DUPONT Sylvain, DEFOSSEZ Pauline

ISPA, INRA, Bordeaux Sciences Agro, F-33140 Villenave d'Ornon, France  
[ming.yang@bordeaux.inra.fr](mailto:ming.yang@bordeaux.inra.fr)

**Mots clefs :** chargement dynamique, couplage de modèles, méthode des éléments finis, racines, sol, stabilité de l'arbre au vent

La forêt joue un rôle important dans nos sociétés par ses diverses fonctions écologiques, économiques, etc. Les tempêtes, incendies, insectes et champignons représentent les principales causes de dommages des forêts. En Europe, les tempêtes sont à l'origine de plus de 50% des dégâts au cours des soixante dernières années. Les dégâts liés aux tempêtes dans les forêts européennes ont tendance à augmenter depuis 1950. Plusieurs études prédisent un doublement, voire un quadruplement des dégâts d'ici la fin du siècle en lien avec le changement climatique (Gardiner et al. 2010). La vulnérabilité des forêts aux tempêtes résulte de l'interaction de processus complexes mettant en jeu la météorologie, la composition du peuplement, les opérations sylvicoles effectuées, les propriétés morphologiques et mécaniques des arbres, l'état du sol et sa modification au cours de la tempête, etc. Pour atteindre une prévision fiable des dégâts liés aux tempêtes, il est important de prendre en compte l'ensemble de ces facteurs dans les modèles de risque. Pour ce faire, une meilleure compréhension de la stabilité des forêts à l'échelle de l'individu est nécessaire.

La question de la stabilité de l'arbre au vent est par nature dynamique et repose essentiellement sur : (1) l'intensité moyenne et les rafales du vent, (2) le comportement aérodynamique de la partie aérienne de l'arbre, et (3) l'ancrage en fonction des propriétés du système racinaire et du sol environnant. D'un côté, la dynamique de la partie aérienne de l'arbre sous sollicitation aérodynamique du vent turbulent a été étudiée à partir de méthodes spectrales (Mayer et al. 1989) ou de modèles d'éléments finis (Sellier et al. 2008) mais sans considérer la partie souterraine de l'arbre. D'un autre côté, la réponse de la partie souterraine de l'arbre au vent n'a été étudiée que par des approches statiques, tant expérimentalement que numériquement (Cucchi et al. 2004 ; Dupuy et al. 2005 ; Yang et al. 2014 ; Yang et al. 2016). Les effets dynamiques du chargement sur l'ancrage sont donc peu connus.

Notre approche consiste à modéliser pour la première fois le processus physique de mouvement d'un arbre dans son ensemble, parties aérienne et souterraine, en réponse aux sollicitations d'un vent turbulent. Par rapport à d'autres méthodes numériques, la méthode des éléments finis est choisie pour sa capacité à : (1) résoudre numériquement une large gamme d'équations aux dérivées partielles décrivant les phénomènes physiques, et (2) décrire avec précision des géométries complexes telles que l'architecture d'une plante. Un modèle de dynamique des parties aériennes de l'arbre (Sellier et al. 2008) est couplé à un modèle de dynamique du système racinaire et de son sol environnant (Yang et al. 2016). Ce modèle couplé est forcé par un modèle d'écoulement turbulent (Dupont 2016). A partir de ce couplage de modèles, nous présenterons la sensibilité de la dynamique de l'arbre dans son ensemble, à différentes conditions de vent, en allant jusqu'à des conditions de tempête. Nous regarderons aussi l'impact de l'ancrage racinaire sur la dynamique de la partie aérienne de l'arbre, et inversement comment la dynamique de la partie aérienne se transfère aux racines.

## Références

- Cucchi V., Meredieu C., Stokes A., et al. (2004) Root anchorage of inner and edge trees in stands of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) growing in different podzolic soil conditions. *Trees: Structure and Function* 18:460–466.
- Dupont S. (2016) A simple wind–tree interaction model predicting the probability of wind damage at stand level. *Agricultural and Forest Meteorology* 224:49–63.
- Dupuy L.X., Fourcaud T., Stokes A. (2005) A numerical investigation into the influence of soil type and root architecture on tree anchorage. *Plant and Soil* 278:119–134.
- Gardiner B., Blennow K., Carnus J.M. et al. (2010) Destructive Storms in European Forests: Past and Forthcoming Impacts. Final Report to European Commission – DG Environment.
- Mayer H., Raupach M.R., Kohsiek W. et al. (1989) Windthrow [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 324(1223), 267–281.
- Sellier D., Brunet Y., Fourcaud T. (2008) A numerical model of tree aerodynamic response to a turbulent airflow. *Forestry* 81:279–297.
- Yang M., Défossez P., Danjon F., Fourcaud T. (2014) Tree stability under wind: simulating uprooting with root breakage using a finite element method. *Annals of Botany* 114:695–709.
- Yang M., Défossez P., Danjon F., Dupont S., Fourcaud T. (2016) Which root architectural elements contribute the best to anchorage of *Pinus* species? Insights from *in silico* experiments. *Plant and Soil*, 1–17. doi:10.1007/s11104-016-2992-0.