

Une **séance publique de l'Académie d'agriculture** aura lieu le **22 mai 2019 de 14h30 à 17h00** à Paris (18 rue de Bellechasse, 7ème) sur le thème :

Le vent, un signal environnemental majeur pour la croissance végétale (de l'aléa à l'adaptation)

Une **séance portée par les sections 5, 2 et 7**, qui sera animée par [Bruno MOULIA](#) et [Meriem FOURNIER](#)

Présentation générale

Le vent a longtemps été considéré comme un aléa majeur pour les plantes cultivées¹⁻³, mais comme un facteur mineur de leur croissance. Or dès que les plantes ont colonisé la terre ferme, elles se sont trouvées face à un challenge majeur : elles ne pouvaient plus flotter et l'accès à la dimension verticale et à la lumière requérait des tiges rigides, mais qui constituaient un bras de levier amplifiant l'effet mécanique du vent sur le feuillage et donc le risque de casse. Cette pression de sélection a conduit à la réaffectation de mécanorécepteurs (déjà présents chez leurs ancêtres unicellulaires) à la perception du niveau d'exposition au vent des plantes, et à la modification de leur croissance, leur permettant de s'acclimater de manière adaptée^{4,5}.

Depuis trois décennies, les travaux en micrométéorologie, biomécanique et mécanobiologie ont permis de mesurer l'ampleur du contrôle de la croissance des plantes par la perception de leur exposition au vent, en conditions sylvicoles ou agricoles. Tous les compartiments de la croissance sont affectés : croissance caulinaire et racinaire⁶, croissance primaire et secondaire (quand celle-ci est présente)⁷. Ainsi l'effet de la perception des déformations sous la zone feuillée induit une réduction de 50 % de la croissance en hauteur de champs de luzerne^{8,9} (fig 1 a), et une multiplication par 2 de la croissance radiale (et de la production de bois) de forêts de hêtres ou de pins¹⁰⁻¹² (Fig 1b). Ces fortes modifications de la morphogenèse, de la croissance et du développement – un syndrome de réponses nommé « thigmomorphogenèse » – permettent à la plante d'accroître sa résistance au vent, même si l'efficacité de cette acclimatation adaptative varie suivant les espèces et leurs stratégies écologiques^{6,13}. Les mécanismes mécanobiologiques permettant cette réponse commencent à être élucidés. Ainsi sur peuplier 2600 gènes sont régulés suite à une flexion de tige mimant le vent, et cette réponse met en jeu des phénomènes de pré-activation de voies de signalisation (priming) et d'accommodation^{14,15}.

Le vent est donc un facteur agronomique et sylvicole majeur. Or l'exposition aux effets mécaniques du vent est un facteur très variable et en partie modifiable. A large échelle, l'écoulement de vent peut être modifié par la structure du paysage en lien avec la topographie¹⁶. A moyenne échelle, les lisières modifient le vent alors que des haies peuvent jouer comme brise-vent. Au sein du peuplement, une modulation de la densité du peuplement entraîne une augmentation de la déflexion des plantes à même vent (du fait de la réduction des contacts entre plantes). Il a ainsi été montré récemment sur hêtre que la moitié de l'effet stimulant d'une éclaircie était due à la réponse thigmomorphogénétique à l'augmentation de la stimulation mécanique liée au vent, et non à la seule augmentation de l'accès aux ressources (lumière, sol...)¹⁷.

Enfin un milieu induisant une modification extrême de la stimulation par le vent est la serre. La perception par les plantes d'absence de stimulation mécanique déclenche une réaction généralement non souhaitée par les horticulteurs (ex surcroissance en hauteur); qui est généralement contrôlée par l'usage de raccourcisseurs chimiques. Or la recherche a montré que l'introduction d'une dose même minime de sollicitation mimant le vent était une alternative peu coûteuse et « biologique »¹⁸ (Figure 1e).

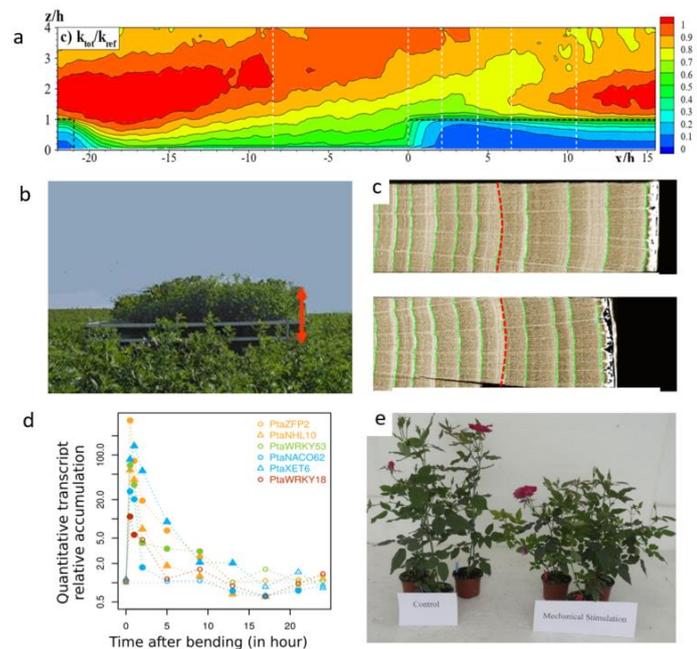
Au cours de cette séance les intervenantes et intervenants feront le point sur tous ces aspects.



Figure 1: le vent sur les forêts et les cultures

Figure 2: le vent facteur majeur de croissance et de morphogénèse chez les plantes cultivées

a) Ecoulement moyen du vent simulé pour une transition couvert-clairière-couvert : flux de quantité de mouvement (Dupont and Brunet 2009); b) vue d'un couvert de luzerne dont l'amplitude du mouvement au vent de la tige sous le feuillage a été réduite, (Mouliat and Combes, 2005); c) section d'une tige de hêtre libre au vent (haut) ou haubanée (bas) (Bonnesoeur et al. 2016, Dongmo et al 2023); d) cinétique d'expression de gènes dans une tige de peuplier fléchie (Pomies et al. 2017) e) effets des stimulations mécaniques en serre sur la forme des rosiers : témoin à gauche, stimulé à droite (Morel et al.2012)



Programme :

- 14h30 Introduction : Bruno MOULIA, Membre correspondant AAF section 5
- 15H00 Le vent et son interaction mécanique avec les plantes : Sylvain Dupont
- 15h30 Tenue des arbres au vent et acclimatation : Jana Dlouhá
- 16h00 Mécanismes de contrôle de la croissance par la perception des déformations mécaniques au vent Nathalie Leblanc-Fournier
- 16h30 Conclusion : Meriem FOURNIER, Membre correspondante AAF section 2
- 17h00 fin de séance

Les intervenantes et intervenants.



Sylvain Dupont est Directeur de Recherches à l'INRAE au sein de l'UMR ISPA à Bordeaux. Son travail porte sur la modélisation numérique de l'écoulement du vent sur les paysages et sur les couverts végétaux



Jana Dlouhá est Chargée de Recherches à l'INRAE au sein de l'UMR SILVA à Nancy. Son travail porte sur la biomécanique des arbres forestiers, en lien avec l'écologie forestière



Nathalie Leblanc-Fournier est Maitresse de Conférences à l'Université Clermont-Auvergne, au sein de l'UMR PIAF à Clermont-Ferrand. Son travail porte sur les mécanismes moléculaires de réponses des plantes aux stimulations mécaniques externes, comme le vent.

Références

1. Dupont, S., Défossez, P., Bonnefond, J.M., Irvine, M.R., and Garrigou, D. (2018). How stand tree motion impacts wind dynamics during windstorms. *Agric. For. Meteorol.* 262, 42-58. 10.1016/j.agrformet.2018.06.022.
2. Dupont, S., Pivato, D., and Brunet, Y. (2015). Wind damage propagation in forests. *Agric. For. Meteorol.* 214, 243-251. 10.1016/j.agrformet.2015.07.010.
3. Gardiner, B., Berry, P., and Moulia, B. (2016). Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science* 245, 94-118. 10.1016/j.plantsci.2016.01.006.
4. Eloy, C., Fournier, M., Lacoite, A., and Moulia, B. (2017). Wind loads and competition for light sculpt trees into self-similar structures. *Nature Communications* 8, 1014. 10.1038/s41467-017-00995-6.
5. Moulia, B., Coutand, C., and Julien, J.L. (2015). Mechanosensitive control of plant growth: bearing the load, sensing, transducing, and responding. *Frontiers in Plant Science* 6, 52. 10.3389/fpls.2015.00052.
6. Dlouhá, J., Défossez, P., Jiazet, J., Ningre, F., Fournier, M., and Constant, T. (2024). Mechanical vulnerability of beech (*Fagus sylvatica* L.) poles after thinning: Securing stem or roots is risk dependent. *Forest Ecology and Management* 552, 121523. 10.1016/j.foreco.2023.121523.
7. Coutand, C., Dupraz, C., Jaouen, G., Ploquin, S., and Adam, B. (2008). Mechanical stimuli regulate the allocation of biomass in trees: Demonstration with young *Prunus avium* trees. *Ann. Bot.* 101, 1421-1432. 10.1093/aob/mcn054.
8. Moulia, B., and Combes, D. (2004). Thigmomorphogenetic acclimation of plants to moderate winds greatly affects height structure in field-grown alfalfa (*Medicago sativa* L.), an indeterminate herb. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 137, 77- A10-72.
9. Moulia, B., Badel, E., Bastien, R., Duchemin, L., and Eloy, C. (2022). The shaping of plant axes and crowns through tropisms and elasticity: an example of morphogenetic plasticity beyond the shoot apical meristem. *New Phytologist* 233, 2354-2379. 10.1111/nph.17913.
10. Bonnesoeur, V., Constant, T., Moulia, B., and Fournier, M. (2016). Forest trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds. *New Phytologist* 210, 850-860. 10.1111/nph.13836.
11. Jiazet, J., Dlouha, J., Fournier, M., Moulia, B., Ningre, F., and Constant, T. (2022). No matter how much space and light are available, radial growth distribution in *Fagus sylvatica* L. trees is under strong biomechanical control. *Annals of Forest Science* 79, 44. 10.1186/s13595-022-01162-8.
12. Défossez, P., Rajaonalison, F., and Bosc, A. (2022). How wind acclimation impacts *Pinus pinaster* growth in comparison to resource availability. *Forestry* 95, 118-129. 10.1093/forestry/cpab028.
13. Fournier, M., Dlouha, J., Jaouen, G., and Almeras, T. (2013). Integrative biomechanics for tree ecology: beyond wood density and strength. *Journal of Experimental Botany* 64, 4793-4815. 10.1093/jxb/ert279.
14. Pomies, L., Decourteix, M., Franchel, J., Moulia, B., and Leblanc-Fournier, N. (2017). Poplar stem transcriptome is massively remodelled in response to single or repeated mechanical stimuli. *Bmc Genomics* 18. 300: Doi: 10.1186/s12864-017-3670-1.
15. Leblanc-Fournier, N., Martin, L., Lenne, C., and Decourteix, M. (2014). To respond or not to respond, the recurring question in plant mechanosensitivity. *Frontiers in plant science* 5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00401>.
16. Dupont, S., Ikonen, V.P., Väisänen, H., and Peltola, H. (2015). Predicting tree damage in fragmented landscapes using a wind risk model coupled with an airflow model. *Can. J. Forest Res.* 45, 1065-1076. 10.1139/cjfr-2015-0066.
17. Dongmo Keumo Jiazet, J., Dlouha, J., Fournier, M., Moulia, B., Ningre, F., and Constant, T. (2022). No matter how much space and light are available, radial growth distribution in *Fagus sylvatica* L. trees is under strong biomechanical control. *Annals of Forest Science* 79, 44. 10.1186/s13595-022-01162-8.
18. Morel, P., Crespel, L., Galopin, G., and Moulia, B. (2012). Effect of mechanical stimulation on the growth and branching of garden rose. *Scientia Horticulturae* 135, 59-64. 10.1016/j.scienta.2011.12.007.