



## Les végétaux ont le sens de la rectitude !

A chaque instant, les plantes effectuent des mouvements imperceptibles qui leur permettent de se maintenir debout. Elles sont soumises en effet au double défi de la gravité et du vent, et elles ne peuvent rester droites que par un contrôle actif. Pour la première fois, des chercheurs de l'INRA et du CNRS ont montré que le port dressé ne résulte pas de la seule perception de la gravité : les plantes doivent aussi percevoir leur propre courbure, et la rectifier. Ce travail permet par exemple de mieux comprendre comment les arbres forestiers peuvent rester droits au fil des ans. Le résultat de ces recherches, publié dans la revue des *PNAS* la semaine du 3 décembre 2012, fournit de nouvelles pistes pour l'amélioration génétique de la forme des troncs ou de la résilience à la verse des cultures<sup>1</sup>.

### ***Pourquoi les arbres et les blés sont droits ?***

Pour conserver leur port érigé, les plantes terrestres doivent en permanence réagir activement aux perturbations liées à l'augmentation de leur masse ou à des variations d'inclinaison de leur ancrage (verse, terrains en pente). Ce contrôle postural est rendu possible par des mouvements actifs, sous l'effet moteur de la croissance différentielle ou de bois de réaction<sup>2</sup>. Sa réussite est très importante pour la plante, mais aussi pour ses usages agronomiques (récupération des verses des céréales) ou forestiers (défauts de forme des troncs et de qualité du bois). Étudiés depuis Darwin et connus sous le nom de gravitropisme, les mécanismes de contrôle de ce mouvement actif étaient encore mal connus.

### ***Les plantes perçoivent leur propre forme et la rectifient***

Les chercheurs ont montré que les plantes ne peuvent pas maintenir leur port érigé à l'aide de la seule perception de leur inclinaison par rapport à la gravité. Il faut lui adjoindre une perception continue de la propre courbure de leurs tiges et une tendance à la rectification de celle-ci. Il s'agit ainsi d'un phénomène de *proprioception*, comparable à ce que l'on rencontre chez les animaux et les humains et qui permet aux organismes d'avoir le sens de leur forme et de leur mouvement. Grâce à cette découverte, les chercheurs ont proposé et validé un modèle mathématique universel reproduisant le contrôle complet des mouvements de redressement sur 11 espèces de plantes à fleurs terrestres, et sur des organes allant de la minuscule germination du blé à des troncs de peupliers. Ce modèle montre que le caractère contrôlant la dynamique du mouvement et la forme finale de la plante est un ratio entre sa sensibilité à la gravité et sa sensibilité proprioceptive, et que

---

<sup>1</sup> En agriculture, la verse est un accident mécanique de végétation touchant certaines cultures, principalement les céréales, mais aussi les légumineuses, le colza, le tournesol. Elle se traduit par une inclinaison permanente des tiges, qui ne peut être compensée que par un mouvement gravitropique actif (s'il n'y a pas de casse des tiges). La verse peut être due soit à l'effet du vent, soit à une instabilité de la tige qui ne peut plus tenir sous son propre poids (flambage). Elle est favorisée par les intempéries (forte pluie, vent, etc.), mais aussi par toute croissance exagérée des tiges comme par exemple celle résultant d'un excès de fumure azotée, et par des affaiblissements de la base des tiges résultant d'attaques parasitaires.

<sup>2</sup> Le bois de réaction est un bois qui permet la motricité des parties ligneuses des arbres. Il présente, chez les plantes à fleurs, une forte tendance au retrait au moment de sa maturation. Lorsqu'un secteur de bois de réaction se forme, il agit donc comme un hauban interne qui se met en tension et permet à l'arbre de se courber activement. Sa formation est régulée par la plante en fonction des perceptions qui sont étudiées dans le présent travail.

ce ratio doit être ajusté à la taille de la plante. De plus, une méthode de caractérisation rapide et sans contact avec la plante (par analyse d'images) de ce ratio a été développée.

Ces résultats modifient l'image que nous avons de la sensibilité des végétaux, en montrant l'importance de la proprioception, à l'instar de ce qui a cours chez les animaux et les humains. Par ailleurs, ils fournissent de nouveaux concepts et outils pour l'amélioration génétique de la capacité des cultures à être plus résilientes à la verse, et des arbres à produire des fûts rectilignes et des bois de bonne qualité. Ils aideront enfin les modélisateurs à mieux prédire les conséquences des changements climatiques, qui risquent de se traduire aussi par une modification du régime des vents.



Formes successives d'une inflorescence de l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) au cours de son redressement après une inclinaison à l'horizontale. On voit nettement que l'ensemble de la tige commence par se courber vers le haut, mais ensuite la partie haute se rectifie progressivement et la courbure se concentre à la base (taille de la hampe = 10 cm, durée totale 20h)

©INRA/R. Bastien; S. Douady; B. Moulia

### **La sensori-motricité des plantes, leur perception d'elles-mêmes et leur sens de l'équilibre**

A chaque instant, les plantes effectuent des mouvements imperceptibles qui leur permettent de se maintenir debout. Nous ne sommes pas conscients de ces mouvements, car ils sont trop lents pour nous, même si une plante qu'on incline peut parfois se redresser en quelques heures. Mais si on perturbe ce système de contrôle, par exemple par des mutations ou des drogues, on s'aperçoit vite que les plantes titubent et finissent par tomber (à l'image de l'effet de l'alcool chez les humains).

Or, beaucoup de gens (et même des scientifiques) en sont restés aux conceptions qui ont eu cours d'Aristote jusqu'à Buffon et qui voulaient que la différence majeure entre animaux et végétaux tenait à l'absence de sensori-motricité de ces dernières (à l'exception de quelques curiosités comme les plantes carnivores). Cette idée reçue a été mise à mal dès les travaux de Charles et Francis Darwin sur la puissance des mouvements de croissance des plantes. Ces mouvements orientés ont reçu le nom de tropisme (du grec Tropos, Trepein se tourner vers), et le mouvement de redressement et d'orientation selon la gravité a été nommé gravitropisme. C'est grâce au gravitropisme que les germinations sortent de terre, que les plantes poussent vers le haut, et que nos futaies sont belles. Mais l'attention sur les premières phases de la réponse a occulté le fait que la perception de la gravité ne permettait pas à une tige dont la base a été inclinée de se redresser. Il est désormais clair que les plantes ont le sens de leur forme et de leur mouvement, un sens d'elle-même (appelé de ce fait proprio-ception).

C'est la combinaison de la perception de la gravité et de la proprioception de leur courbure, contrôlant une motricité leur permettant de se courber activement, qui permet aux plantes de rester droites contre vents et gravité. Si nous pouvions voir les mouvements des plantes, nous les verrions en permanence maintenir leur équilibre et leur posture. Et c'est ce processus sensori-moteur qui permet aux agriculteurs d'avoir des champs de blés dressés, et aux forestiers de récolter des troncs droits. Mais les premières analyses ont montré une grande variabilité génétique entre espèces et au sein des espèces. On peut donc espérer améliorer encore ces performances et aider les plantes à se tenir « encore plus droites ».

**Contacts scientifiques :**

**Bruno Moulia**

T. 04 73 62 44 74 - [bruno.Moulia@clermont.inra.fr](mailto:bruno.Moulia@clermont.inra.fr)

Unité mixte de recherche « Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre Fruitier et Forestier » Inra-Université  
Blaise Pascal

Département scientifique « Environnement et agronomie »

Centre Inra de Clermont-Ferrand-Theix

**Stéphane Douady**

T. 01 57 27 62 84 - [stephane.douady@univ-paris-diderot.fr](mailto:stephane.douady@univ-paris-diderot.fr)

Unité mixte de recherche « Matière et Systèmes Complexes » CNRS - Université Paris-Diderot

**Contact presse :**

Service de presse de l'Inra

T. 01 42 75 91 86 - [presse@inra.fr](mailto:presse@inra.fr)