

Edito

Depuis la nuit des temps, l'arbre fascine, l'arbre attire, l'arbre rassure... Sa verticalité en fait un lieu où le ciel s'unit à la Terre, trait d'union entre les flux telluriques supposés du sol et de l'air. Sa longévité incarne la vie en perpétuelle évolution et sa masse imposante témoigne de sa puissance et de l'énergie qui l'anime. Sa silhouette se dessine dans toutes les religions, l'ésotérisme s'empare de son image et invite à communiquer avec ces grands êtres.

« Auprès de mon arbre, je vivais heureux » ...



Cette curieuse entrée en matière doit interpeller le citoyen critique, soucieux de ne pas se laisser berner par de douces paroles infondées. L'esprit critique s'éveille à la lecture de ces mots et s'interroge. Il est vrai que l'arbre vit longtemps, dressé dans l'air, faisant fi de la gravité et résistant aux coups de vent qui l'assaillent. Y a-t-il pour autant besoin d'y mettre du surnaturel ? De quoi l'arbre est-il fait, quelle est la mécanique qui le maintient debout, « droit comme un i » ? La science et ses méthodes, sa démarche rigoureuse, se penche sur ces questions depuis des années. A Clermont-Ferrand, des scientifiques appartenant à la fois à l'Univer-

sité et à l'INRA œuvrent au sein du laboratoire PIAF (<http://www6.ara.inra.fr/piaf>) pour comprendre quels sont les mécanismes biologiques et physiques régulant la posture érigée de l'arbre. **Le dossier « Au cœur de l'arbre »**, en vous plongeant dans son intimité, vous offre de découvrir quelques-unes de leurs découvertes, publiées et approuvées par la communauté internationale scientifique. De quoi éclairer le citoyen qui s'interroge et lui apporter des éléments scientifiques, tangibles et étayés de preuves expérimentales. Chacun sera alors en mesure d'apprécier les prouesses mécaniques de l'arbre dressé dans l'air, un

être vivant capable de percevoir sa position dans l'espace et de corriger sa posture par des mouvements lents de croissance. Pas besoin d'ésotérisme et de croyances quand la science apporte des réponses !

On pourra toujours se laisser gagner par l'émerveillement, ce n'est pas interdit ! Marie Curie, selon ses propres mots, faisait partie « (...) de ceux qui pensent que la science est d'une grande beauté. Un scientifique dans son laboratoire est (...) aussi un enfant placé devant des phénomènes naturels qui l'impressionnent comme des contes de fée ». L'émerveillement est un bon début au questionnement et ouvre la porte au désir de comprendre. Regarder un arbre et y voir de la puissance, l'incarnation d'une énergie, pourquoi pas ? Si c'est ensuite pour le respecter et vouloir en comprendre le fonctionnement, la démarche est louable ! Avant de plonger ensemble au cœur de l'arbre, laissons encore le mot de la fin à Marie Curie et à la science... « Sans la curiosité de l'esprit, que serions-nous ? Telle est bien la beauté et la noblesse de la science : désir sans fin de repousser les frontières du savoir, de traquer les secrets de la matière et de la vie, sans idée préconçue (...) ».

Catherine LENNE
Maître de Conférences
Directrice de la Maison pour la Science en Auvergne

Agenda

SALON / COLLOQUE / JOURNÉE TECHNIQUE / CONFÉRENCE :

16 et 17 janvier 2017

9^{ème} édition des rencontres du végétal « Diversité : atouts et défis pour les filières du végétal spécialisé » à Angers

22 et 23 février 2017

Plant Event à Angers

25 au 27 avril 2017

Salon international dédié aux arboristes et élagueurs : Deutsche Baumpflege oder journées arboricoles allemandes - Augsburg

20 au 22 juin 2017

Salon du végétal à Nantes

22 et 23 juin 2017

Colloque international « l'arbre de demain ». Nancy

19 au 25 juin 2017

2^{ème} édition d'Embranchements sur la thématique « Arbre et Architecture ». Nancy

ANIMATIONS :

14 au 21 mars 2017

4^{ème} édition de La Journée Internationale de la Forêt. Manifestations partout en France.1^{er} avril au 1^{er} mai 20171^{er} Festival des Jardins de la Côte d'Azur à Cannes, Nice, Menton, Grasse et Antibes

17 au 21 mai 2017

Fête de la nature en France. Manifestations partout en France. www.fetedelanature.com

Sommaire

p. 1 L'édito

p. 2-3

Au cœur
de l'Arbre

p. 4

L'observatoire
du cercle

p. 4

En bref

L'arbre est une plante ligneuse (remplie de bois) avec un tronc unique et des branches qui forment le houppier (photo 1). Le bois, tissu principal de l'arbre, est mort au cœur des axes (duramen) ou vivant à la périphérie (aubier). Il assure à la fois la tenue mécanique de l'arbre, la circulation ascendante de la sève brute,

une eau chargée des éléments minéraux puisés dans le sol, et la mise en réserve des sucres produits par la photosynthèse des feuilles. Coiffant le bois, le liber permet la circulation de la sève élaborée fabriquée par les feuilles. Bois et liber sont fabriqués par le cambium une fine pellicule de cellules en division,

éternellement juvéniles. Enfin, l'arbre est enveloppé de liège, souple et imperméable, qui protège les axes des chocs, de la déshydratation, du froid de l'hiver ou de la chaleur intense de l'été. Trois tissus suffisent donc pour construire un arbre (sans ses feuilles), alors qu'il en faut plus d'une centaine pour faire un homme !



Crédit photo : Catherine LENNE



Les cellules du bois ont des murs (les parois cellululosiques) imprégnées de lignine, une molécule qui rigidifie et imperméabilise (photo 2). Les vaisseaux sont la tuyauterie qui permet la montée de la sève brute, les fibres par leur nombre et leur paroi épaissie rigide assurent le soutien mécanique de l'arbre et les rayons ligneux, seules cellules vivantes de l'aubier (elles meurent dans le duramen), sont emplies d'amidon mobilisable pendant l'hiver lors des processus de résistance au gel et au printemps lors du débourrement des bourgeons. Vaisseaux et fibres, allongés dans l'axe du tronc, forment le système vertical entrecroisé des rayons ligneux, le système horizontal.

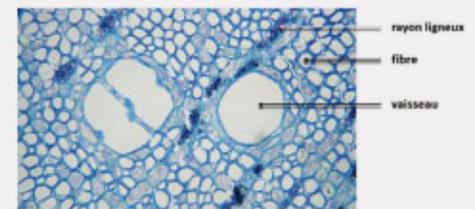


Photo 1 : L'arbre, un être érigé : De gauche à droite : vue générale d'un hêtre, coupe transversale du tronc d'un chêne, détail des tissus.

Photo 2 : Coupe transversale de bois de noyer, observé au microscope photomicroscopique (X 100).

SE TENIR DEBOUT LONGTEMPS

Matériau mécaniquement idéal, le bois est un squelette léger, rigide et résistant. Léger ? Grâce à ses nombreuses lumières, il est poreux, permettant d'élaner de hautes colonnes vers le ciel.

Rigide ? Grâce à la lignine qui l'imprègne et le durcit, il érige un axe vertical dans l'air non porteur. Résistant ? La disposition entrecroisée de ses cellules, tels les fils de chaîne et les fils de trame d'une étoffe, augmente la résistance à la casse face au vent.

Ce squelette idéal est évolutif car l'arbre grandit toute sa vie. Chaque printemps, ses bourgeons allongent et ramifient les branches tandis que de nouveaux cerne de bois épaississent les axes. Ces nouvelles structures s'ajoutent aux structures existantes, en un développement indéfini et additif qui participe à la longévité de l'individu. Cependant, de plus en plus haut, de plus en plus large, de plus en plus

ramifié, son houppier offre une prise au vent toujours plus grande. La force exercée par le vent se traduit par un effet « bras de levier » à la base du tronc, d'autant plus fort que le tronc est haut. De même, le poids propre des branches qui s'épaissent avec l'âge, accentue petit à petit leur effet « bras de levier » sur le tronc. Pour se construire à la verticale malgré la gravité et le poids croissant de sa structure, et pour résister aux caprices du vent qui exerce des forces colossales sur lui, l'arbre adapte son diamètre (et donc sa croissance). Il fait de la **thigmomorphogenèse** (du grec *thigmo-* = « toucher » et *-morphogenèse* = « acquisition de la forme ») et pratique l'art de pousser et d'acquiescer une forme modelée par son environnement mécanique (photo 3). Soumis à une flexion répétée, il pousse moins haut que les témoins, son tronc est plus large (plus épais) et son ancrage

racinaire accru. Le port général de l'arbre au vent est ainsi plus trapu, pour une meilleure résistance au vent.



Crédit photo : Laboratoire PIAF à Clermont-Ferrand.

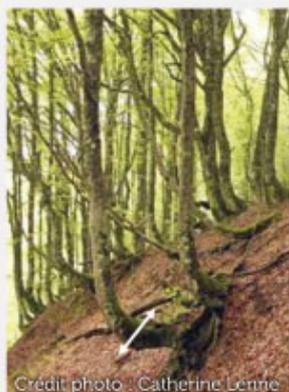
Photo 3 : La thigmomorphogenèse en image : De jeunes plants de Prunus sont fléchis toutes les heures (bac de gauche) ou pas (bac de droite), pendant trois semaines. Toutes les plantes ont le même âge.

Bibliographie

- Lenne C., « Dans la peau d'une plante », Editions Belin, 2014.
- Lenne C., Bodeau O., Mouliat B. « Percevoir et Bouger : les plantes aussi ! », Pour la science, n°438, pp 40-47, avril 2014.
- Lenne C., « L'arbre droit comme un i », Courrier de la nature 289 : 28-34, mai-juin 2015
- Lenne C., « Dans la peau d'un arbre », L'Éléphant 14 : 44-54, mars 2016.
- Bastien R, Bohr T, Mouliat B, Douady S. 2012. « Unifying model of shoot gravitropism reveals proprioception as a central feature of posture control in plants ». Proc Natl Acad Sci USA 110:755-760.

SE REDRESSER ET RECTIFIER SA POSTURE

Un tronc incliné (vent, pente) parvient à se redresser au prix d'une courbure élégante de la base de son tronc (photo 4). Dans la zone de courbure, la moelle est excentrée et les cernes de bois, du côté concave de la courbure, sont plus larges par dépôt d'un **bois de réaction** fabriqué en réponse à l'inclinaison du tronc.



Lors de la maturation du bois de tension, les parois des fibres se rétractent dans le sens longitudinal, agissent comme de multiples petits haubans qui installent progressivement une tension mécanique formidable. Ce **bois de tension** tire lentement le tronc vers le haut et le redresse par courbure de sa base (figure 1A). Le bois est donc à la fois système porteur de l'arbre (son « squelette ») et système moteur pour le mouvement de redressement (ses « muscles »).

Photo 4 : Le redressement des troncs. Le bois de réaction dans un tronc incliné de feuillu se dépose sur le dessus du tronc (sur la face concave de la courbure, flèche rouge).

Crédit photo : Catherine Lenne

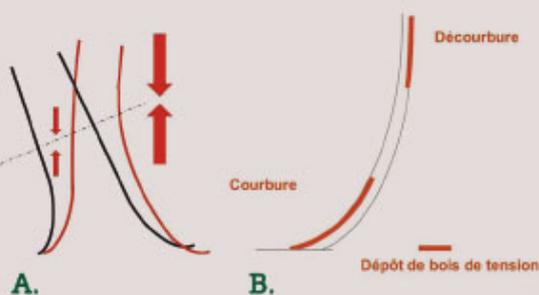


Figure 1 : Le redressement d'un tronc incliné par courbure et décourbure.

- A.** Courbure à la base du tronc incliné, par haubanage par le bois de tension. Le redressement du tronc est lié à une plus forte tension générée dans le bois de tension que dans le bois opposé (les forces de tension générées sont visualisées par les flèches rouges).
- B.** Rectification du tronc par courbure et décourbure.
- C.** Hêtres rectilignes poussant sur une forte pente.

En même temps, un dépôt concomitant de bois de tension plus haut, sur la face opposée à la première, engendre une décourbure progressive (figure 1B) qui se propage vers la base et rectifie la ligne du tronc. Au final, le tronc incliné retrouve verticalité et rectitude (figure 1C).

CONTROLLER SA POSTURE

Reste à comprendre comment l'arbre contrôle son redressement à la verticale et sa rectification. On sait depuis les travaux de Darwin au XIX^{ème} siècle qu'une plante à l'horizontale se courbe et se redresse grâce à des mouvements de croissance (gravitropisme). Elle perçoit donc la gravité, faisant comme l'homme de la graviperception. Notre laboratoire a réalisé en 2013, en collaboration avec des mathématiciens de l'École Polytechnique à Paris, la modélisation mathématique du redressement d'un arbre sur un ordinateur, afin de comprendre quels facteurs interviennent dans le contrôle de la posture (figure 2).

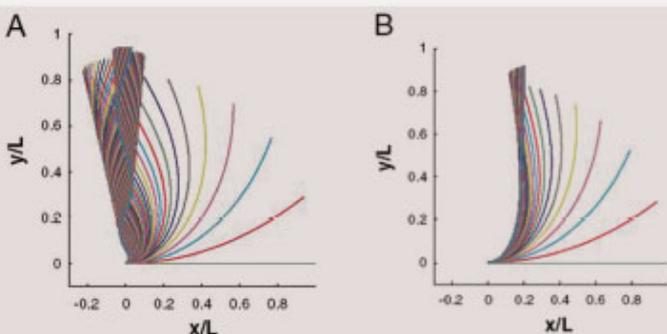


Figure 2 : Modélisation du redressement à la verticale d'un axe horizontal.

Les traits de couleur indiquent les positions successives de l'axe et sa courbure au cours du redressement.

- A. Modèle A :** seule la graviperception est prise en compte. En se courbant et se décourbant successivement, l'axe oscille indéfiniment autour de la verticale sans jamais s'y fixer.
- B. Modèle AC :** graviperception et proprioception sont prises en compte. L'axe se courbe par sa base et se décourbe par son sommet jusqu'à retrouver une position verticale et rectiligne.

Notre modèle « A » (A pour Angle) traduit les données bibliographiques disponibles en 2013, qui ne prenaient alors en compte que la **graviperception** : l'axe virtuel se redresse par courbure puis décourbure mais celles-ci se succèdent le long de l'axe, produisant un arbre virtuel qui ondule indéfiniment autour de la verticale sans jamais s'y fixer (fig.2A). La graviperception n'est donc pas suffisante pour expliquer le redressement à la

verticale d'un tronc. Nous avons alors supposé qu'un mécanisme correcteur permettait à la plante de contrôler sa posture. A l'instar du contrôle postural des animaux et des humains, nous avons incorporé la **proprioception** dans le modèle A, c'est-à-dire la capacité de percevoir ses propres déformations (ses courbures) et donc la forme propre du tronc (« C » pour courbure). Le modèle AC reproduit alors fidèlement le redresse-

ment du tronc (fig.2B). Ainsi les arbres (les plantes en général) ajustent leur posture en permanence, en réponse à la gravité et à leur propre déformation (leur courbure). Ils sont capables d'intégrer plusieurs signaux pour une véritable coordination de leurs mouvements. Ces découvertes récentes laissent loin derrière l'idée préconçue héritée du passé que les plantes, « ça ne bouge pas » !

L'Observatoire du Cercle

Focus sur les broyeurs de branches

Depuis le 1^{er} septembre 2016, date de parution de la note d'instruction du ministère de l'Agriculture sur la mise en conformité des broyeurs à branches, vous vous posez de nombreuses questions sur vos broyeurs. Cette note indique que l'ancienne norme de sécurité des broyeurs à branche était insuffisante et que votre sécurité et celle de vos employés n'est plus assurée. Elle a donc été retirée. A présent, ce sont les autres règles de sécurité et d'évaluation des risques qui s'appliquent.

Les obligations

D'après le code du travail, si vous possédez un broyeur conforme à l'ancienne norme, vous avez l'obligation, en tant qu'employeur, de vérifier que votre machine est sûre et à défaut, de la mettre en sécurité. Dès que possible, vous devez mettre en conformité votre machine. Le cas échéant, selon les critères de non-conformité, vous avez entre 12 et 18 mois pour mettre en sécurité votre machine. Attention, le compte à rebours a commencé le 1^{er} septembre 2016 !

Tous les broyeurs ne sont pas concernés, vous devez vous rapprocher de votre revendeur ou de votre préventeur MSA. Nous mettons à votre disposition une fiche d'autocontrôle de votre broyeur.

Si votre broyeur est concerné, vous devez vous tourner vers le fabricant ou à défaut le distributeur pour acquérir un kit de mise en sécurité. Nous vous conseillons de faire appel à un prestataire pour vous assister, afin d'éviter tout risque d'empirer la situation avec un kit mal monté. Selon les coûts, vous serez peut-être amené à acheter une nouvelle machine.

Les nouveaux broyeurs

Il faut bien noter que toutes les machines actuellement en vente ne sont pas forcément aux normes. Vous pouvez, à votre convenance :

- vous munir de fiche d'autocontrôle pour les machines à risques, pour savoir quelle machine ne pas acheter,
- demander une attestation écrite au vendeur pour la conformité de la machine,

- faire appel à votre préventeur MSA, ou un technicien de la DIRECCTE, pour savoir quel modèle choisir.

Si vous avez acheté un broyeur depuis moins d'un an et que celui n'est pas conforme, vous devez demander la résolution de la vente. En effet, dans ce cas précis, le vendeur est responsable de vous avoir vendu une machine non conforme.

Louer ou prêter un broyeur

Le loueur n'a pas de délai de mise en conformité. Il doit, dès à présent, vous louer une machine conforme. Vous devez donc vérifier la conformité du matériel loué. Attention en cas de prêt de matériel, celui-ci doit être conforme sous réserve d'engager votre responsabilité.

En Bref !

Rencontre nationale du réseau à Vichy



Fin juin se tenaient les rencontres nationales de l'arboriculture à Vichy. Les membres du réseau ont choisi cet événement pour se réunir et échanger, le 23 juin 2016. L'occasion pour eux de faire le point sur l'année écoulée, les actions réalisées et les projets à mener. A l'issue de cette rencontre, le réseau a décidé de se lancer dans la création d'une qualification engageant ses membres dans la gestion responsable de leur entreprise.



Nouvel engagement du réseau

Les professionnels du Réseau Arboriste Elagueur se lancent dans la création d'une qualification Gestion Responsable des Entreprises pour les adhérents signataires de la charte Qualiarbre. L'objectif est d'aider les membres du réseau à valoriser leur engagement sociétal et environnemental auprès de leurs salariés, partenaires, prospects et clients pour en faire une force commerciale. Cette démarche vise à donner un atout supplémentaire au réseau et de le démarquer encore plus nettement. Pour mener ce projet, le réseau fait appel à cabinet spécialisé, qui exerce sur ces questions depuis plus de 30 ans.