

## **Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fée**

Meriem Fournier<sup>1</sup>AgroParisTech, Bruno Moulia<sup>2</sup>Inrae

<sup>1</sup> Professeure AgroParisTech et Directrice de l'UMR Silva, Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE, F-54000 Nancy, membre correspondante de l'Académie d'Agriculture de France (Section 2 : Forêts et filière bois)

<sup>2</sup> Directeur de recherche à l'INRAE. Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF (Physique et physiologie Intégratives des Arbres en environnement Fluctuant), F-63000 Clermont-Ferrand, membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France (Section 5 : Interactions milieux-êtres vivants)

***Cet article, initialement publié en 2018 conjointement dans Forêt Entreprise (E 243 PP 7-15) et dans Forêt Nature (N° 149), a été édité et remis à jour par B Moulia pour notre publication.***

Depuis 10 ans, la place des arbres dans les librairies et les médias a complètement changé : auparavant relégués au rayon jardinage, on les trouve maintenant en tête de gondole des librairies de gares et d'aéroport et les documentaires à leur propos font les meilleures audiences (4 Millions de téléspectateurs pour le « Génie des Arbres » projeté pour la première fois en 2020 sur France 5). Au point de bascule de cette nouvelle tendance se trouve un livre « La vie secrète des arbres ». Il se présente comme un conte, qui met en scène des êtres parfaits, les arbres, qui s'aiment et s'entraident, seulement dérangés par les méchants et stupides humains qui les plantent sans leur demander leur avis ou les empêchent de vivre vieux. Ce monde idyllique nous est révélé par Peter Wohlleben, forestier allemand auteur du livre, qui annonce s'appuyer sur des faits scientifiques pour nous faire voir « l'humanité rêvée » de cette forêt, et pour interpellier les praticiens de l'arbre et de la forêt sur la nécessité d'adapter leurs pratiques pour respecter ce paradis. Ce livre a fait grand débat. En effet, ce n'est pas un ouvrage de médiation scientifique ; d'abord parce qu'il sélectionne sans précision et en les enjolivant quelques travaux de chercheurs ; d'autre part les interprétations non testées de leur auteur sont mises sur le même plan que des résultats d'expériences scientifiques soumis à l'avis critique de la communauté des chercheuses et chercheurs (voir Académie d'agriculture, 2017, ou Brunet 2018). Pour autant les réactions critiques, en particulier du monde forestier, ont souvent montré une méconnaissance des acquis extraordinaires de la recherche scientifique au sujet de « la vie des arbres » dans ces dernières décennies. Nous voulons alors partager avec les praticiens de l'arbre et de la forêt certaines connaissances scientifiques sur la « sensibilité » et la « communication » des arbres, et les discuter en relation avec la gestion des forêts.

### **Les arbres sont capables de mouvement**

Les arbres bougent et ces mouvements ne sont pas juste les bruissements des feuilles ou les balancements des tiges sous l'effet du vent. Depuis bien longtemps, on sait que les plantes sont capables de « tropismes » (synthèse dans Moulia et Fournier 2009 citant Darwin et Darwin 1880 ou Sachs 1882) : en même temps qu'elles poussent, elles s'orientent dans l'espace en réponse à diverses stimulations unilatérales, physiques (lumière, pesanteur) ou chimiques (humidité, présence de

certaines ions, etc.) (*Figure 1*). Les mouvements des arbres pendant leur croissance sont lents ce qui fait qu'on ne les voit pas spontanément ; mais dès lors que l'on s'y intéresse, par exemple à l'aide du cinéma scientifique, il est facile de mettre en évidence que les tiges, branches ou troncs, fabriquent leur propre énergie pour se courber et se remettre dans la verticalité ou se diriger vers la lumière (Moulià et Fournier, 2009, Moulià et al 2022). On sait aussi que ces mouvements laissent des traces dans la qualité technologique du bois car l'énergie nécessaire pour courber activement ces organes rigides est produite à la fin de la lignification en présence d'une asymétrie de qualité des bois que l'anatomie du bois a appelée « bois de tension » chez les feuillus et « bois de compression » chez les résineux (Alméras *et al.*, 2008). (*Figure 2*) Cette énergie si bénéfique à l'arbre est alors responsable de bien des problèmes technologiques comme les fentes d'abattage du Hêtre ou du Peuplier (Fournier *et al.*, 1999).

Pour déclencher et piloter ces mouvements qui les remettent droit, les arbres ont des capteurs dans leurs cellules vivantes, capteurs qui détectent des anomalies d'inclinaison par rapport à la verticale (Pouliquen *et al.*, 2017, voir aussi article de vulgarisation dans Le Monde 2016). Plus récemment, les chercheurs ont compris que de simples capteurs d'inclinaison par rapport à la gravité ne suffisaient pas et que les plantes avaient un système de perception de leur propre courbure), appelé « proprioception » par analogie fonctionnelle avec le sens qui permet chez l'homme de maintenir la posture et l'équilibre (Moulià *et al.* 2021, voir aussi les articles de vulgarisation du Monde, du Figaro et d'Ouest France lors de la découverte initiale en 2013, et Lenne *et al.* 2014 et Lenne 2021). Un sens bien important pour comprendre ce qui permet la rectitude des fûts et ce qui peut l'altérer.

Mais ce n'est pas tout. Au-delà de ce sens de la rectitude, les arbres ont plusieurs autres sens.

### **De nombreux capteurs renseignent en permanence la plante sur son environnement**

Les plantes ont une forme de vision grâce à des capteurs qui mesurent la quantité, la qualité, la direction et la périodicité de la lumière, parmi lesquels les phytochromes et les phototropines. Les phytochromes sont sensibles à la différence entre rouge clair et rouge foncé. Le rouge sombre est peu absorbé par les feuilles de sorte qu'en sous-bois, l'atténuation de la lumière va de pair avec son enrichissement en rouge sombre. Au voisinage d'une plante, la lumière réfléchie par le feuillage s'enrichit en rouge sombre. Avoir développé des capteurs sensibles au rapport entre rouge foncé et sombre permet donc aux plantes de détecter l'ombre mais aussi la présence d'autres plantes voisines avant que celles-ci ne les ombrent. Les phototropines, quant à elles, sont sensibles à la lumière bleue, et permettent l'orientation vers la lumière du ciel (voir Lenne 2021 pour une présentation vulgarisée mais précise)

Les cellules végétales vivantes réagissent aussi à des déformations mécaniques, donnant aux plantes une forme de sens du toucher. Lorsqu'un arbre se balance sous le vent, même très légèrement, les cellules du cambium sont alternativement étirées ou raccourcies. Des capteurs très sensibles (ils perçoivent des élongations ou raccourcissements de moins d'1 micromètre sur 1 mm) transmettent des informations qui stimulent la croissance racinaire et la croissance en diamètre, et inhibent la croissance en hauteur. Des observations et expérimentations sur le Pin radiata en Nouvelle Zélande, sur le Pin lodgepole (*Pinus contorta*) aux États-Unis, sur l'Épicéa de Sitka en Écosse, sur le Hêtre et le Pin maritime en France montrent que le régime des vents, en interaction avec l'exposition des arbres au vent modifiée par les pratiques sylvicoles comme l'éclaircie, impacte significativement la productivité en terme de croissance en hauteur ou en diamètre, ainsi que la résistance des arbres aux vents forts. Les arbres exposés « s'endurcissent » ainsi aux vents perçus quotidiennement et sont alors mieux préparés à résister aux vents violents, tels les pins maritimes de la dune en permanence

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

fouettés par le vent (Fournier *et al.*, 2015). À l’opposé, tout sylviculteur sait que suite à une éclaircie, le peuplement est fragilisé face aux coups de vent, surtout lorsque l’éclaircie a été tardive dans un peuplement dense. Il faut quelques années pour que l’élancement baisse et que l’ancrage se renforce pour retrouver une stabilité suffisante. Des expérimentations menées conjointement par nos deux équipes de recherche (dispositif Vent-éclair, forêt de Haye, 54) ont consisté à détourner des perches de Hêtre, simulant une éclaircie forte, en haubanant la moitié des arbres pour qu’ils ne puissent plus se balancer au vent. Les résultats montrent que la reprise de croissance en diamètre les trois ans suivant l’éclaircie est beaucoup plus faible dans les arbres haubanés, qui reçoivent pourtant autant de lumière et d’eau. L’augmentation habituelle du diamètre consécutive à l’éclaircie est donc autant le fait d’une perception des signaux mécaniques liés au vent, qu’à la meilleure disponibilité des ressources lumière et eau (Fournier et al 2015, Bonnesœur et al 2016, Jiazet et al 2022). Ces résultats ont surpris la communauté forestière, d’autant plus qu’ils ont été confirmé aussi sur le pin maritime (Defossez et al 2022) ! ils n’ont pourtant rien de surprenant si l’on réalise à quel point les tempêtes sont un danger majeur pour les arbres et que leur exposition au vent peut varier au cours de leur vie. Et encore moins si l’on se souvient d’avoir observé qu’un plant tuteuré, empêché de se balancer dans le vent, file en hauteur en oubliant de renforcer son tronc et son ancrage racinaire. Dans les années 2000, les utilisateurs de protections contre l’herbivorie constataient des modifications de croissance des plants protégés, qui ne se portaient plus lorsqu’on enlevait la protection. Après que l’équipe de l’INRAE de Clermont Ferrand ait montré que secouer mécaniquement les plants dans les protections rétablissait une croissance plus équilibrée, le fabricant a pris soin de régler correctement la ventilation et l’espace suffisant dans les protections pour que les arbres puissent continuer à percevoir des sollicitations mécaniques (voir site du fabricant Tubex, produits « à effet croissance » <http://www.tubexfrance.com/produits.html>).

On pourrait continuer la liste. Grâce à plus de 700 capteurs sensoriels répertoriés dans le monde végétal, les plantes analysent en permanence leur environnement pour mesurer la température, l’humidité, la lumière ... Elles n’ont ni yeux, ni nez, ni oreilles, et pourtant elles voient, sentent, réagissent aux ondes mécaniques et donc aux sons (Garcia et al 2023).

### Les arbres ont une forme de communication

Au-delà de recevoir des signaux, les cellules végétales émettent en retour des messages qui permettent une chaîne complexe de réponses, comme l’augmentation de la vitesse de croissance en diamètre et l’arrêt de la croissance en hauteur qui fait suite à la perception du signal de la flexion du tronc par les cellules cambiales. Une expérience sur un tapis d’Arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) a montré que ces petites plantes savaient combiner plusieurs sens lors d’interactions de voisinage : sur ces plantes en rosette, les feuilles horizontales ne peuvent « voir » leurs voisines ; mais dès qu’il y a un contact (sens du toucher) les feuilles impliquées se redressent activement et se rendent ainsi visibles via la perception par leurs voisines du rouge sombre réfléchis. Ce « geste » permet ainsi de renforcer le signal de proximité pour éviter de se faire mutuellement de l’ombre (Lenne et al. 2014, Moullia 2025). Indubitablement, les humains que nous sommes ne peuvent qu’être impressionnés par autant de « sens collectif ». Des réponses de cette nature n’ont pas encore été documentées chez les arbres, mais pourraient être impliqués par exemple dans le phénomène de timidité des cimes présent chez de nombreuses espèces.

Les messages émis sont par exemple des courants électriques transmis à l’intérieur de la plante, ou des substances chimiques diffusées à d’autres parties de la plante. Les plus spectaculaires sont les messages d’alerte : par exemple lorsqu’une feuille est attaquée par une chenille, une molécule, la

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

système, est transportée par la sève, et prévient rapidement les autres feuilles qui peuvent mettre en place des réactions de défense, par exemple en produisant des substances toxiques pour l'animal. Ces messages chimiques sont également des substances volatiles émises dans l'air, qui préviennent les autres organes de la plante ou la plante voisine ou encore attirent des prédateurs de la chenille. Si l'on considère que la communication est l'émission d'un signal suivie de sa réception induisant un changement d'attitude, on peut bien parler de communication végétale (lien [vidéo Trs.découverte](#), ou Lenne *et al.*, 2013).

Ce système d'alerte et de défense a d'ailleurs d'abord été découvert dès les années 1980 sur les arbres par l'équipe de Ian Baldwin (Baldwin and Schultz, 1983). Dans les médias grand public elle est souvent illustrée par les travaux du zoologiste sud-africain Wouter Van Hoven qui avait observé dans les années 1990 la mort de 3 000 antilopes koudous dans les ranchs. Son enquête a montré que les koudous mourraient d'indigestion de feuilles saturées de tanins. Il a alors émis une hypothèse sur ce qui pourrait s'être passé : l'élevage de ces koudous amenait une pression très forte sur les acacias dont les feuilles blessées émettraient alors un gaz volatil très commun, probablement l'éthylène. Émis en grande quantité, ce gaz aurait prévenu les autres acacias du danger et ils mettraient en route la production de tanins qui rendent les feuilles indigestes pour les antilopes. Ces antilopes d'élevage, ne trouvant pas de parade, mourraient. Mais cette belle histoire biogéochimique n'a cependant pas fait l'objet de publications scientifiques vérifiées par les pairs (Delattre 2019). Si la réalité des émissions de composés organiques volatils suite à l'herbivorie chez les arbres est désormais bien établie, la distance à laquelle ces signaux sont efficacement perçus entre arbres reste en débat (pour l'instant on n'a des démonstrations que sur une dizaine de mètres - Giron-Calva *et al.* 2014, Hagiwara *et al.* 2021-, mais cela doit dépendre de l'intensité de l'émission et du vent). Il est possible aussi qu'un tel impact de la communication végétale demande des circonstances très particulières (dans ce cas, une surpopulation d'herbivores en élevage extensif et au régime alimentaire peu diversifié, au contact d'arbres par ailleurs habitués à se protéger contre les prédateurs). On n'a en effet pas encore observé dans nos régions que les régénérations de chêne ou de résineux abruties par les cerfs au grand dam des forestiers avaient trouvé le moyen de se défendre toutes seules sans l'aide des chasseurs... dommage ...

Dans la nature, les histoires sont la plupart du temps plus compliquées car l'animal sait riposter et les acteurs (plantes et animaux) en interactions sont nombreux et diversifiés. Le biologiste André Kessler de l'Université Cornell a une équipe de recherche spécialisée, qui étudie les mécanismes chimiques et moléculaires et l'écologie des réponses des plantes à l'herbivorie (voir site web « *welcome to the Kessler's lab* »). Dans une conférence à Nancy en 2018, il nous parlait de ses travaux sur la communication entre espèces et de son influence sur la composition en espèces des communautés végétales. Contrairement à ce qui semble implicite dans le conte de Peter Wohlleben où « les mères protègent leurs enfants », les signaux émis n'informent et ne protègent pas seulement les individus de la même espèce. Ces recherches à dimension écologique, dans le milieu naturel diversifié en espèces et complexe en interactions, ne font que commencer car historiquement, les études ont plutôt été conduites par des physiologistes sur quelques plantes modèles en chambre de culture.

### **La révélation d'une activité souterraine encore peu comprise : le « Wood Wide Web » existe peut-être plus sur le Web que dans les forêts**

Nous avons l'habitude de côtoyer les systèmes aériens – feuilles, fleurs et fruits, branches et troncs – des arbres. Ce qui se passe en sous-sol est moins familier mais tout aussi essentiel (Drénou *et al.* 2006).

**Commenté [M1]:** <https://www.rts.ch/play/radio/cqfd/audio/la-communication-des-plantes?id=8156077&station=a9e7621504c6959e35c3ecbe7f6bed0446cdf8da>

Les microorganismes – champignons et bactéries – interagissent avec les racines au sein de la rhizosphère<sup>1</sup> et ces mécanismes d'interaction sont indispensables à la vie des arbres (Drénou 2006) (figure 3). Ils facilitent l'absorption de nutriments entre sol et plante. Ils favorisent aussi les échanges entre arbres. Suzanne Simard, chercheuse à l'Université de Colombie Britannique et référence de P. Wohlleben, a observé dans les années 1990 que de jeunes bouleaux et sapins de Douglas, ectomycorhizés<sup>2</sup> par les mêmes champignons, recevaient chacun du carbone l'un de l'autre. Le flux net était en faveur du Douglas, de l'ordre de 10 à 25 % de sa photosynthèse (ce qui est beaucoup, mais ne peut néanmoins se substituer à la fixation plus classique du carbone de l'atmosphère par la photosynthèse). Une expérience plus récente réalisée dans une forêt du Jura suisse (rapportée par Martin et Sélosse, 2018) évalue que 4 % des composés carbonés issus de la photosynthèse d'un arbre sont transportés dans les arbres voisins connectés au même réseau mycorhizien. Dans leur cas, ils ont observé un bilan nul entre arbres qui reçoivent et donnent. Personne ne peut actuellement déduire de ces mesures instantanées et ponctuelles quel est l'impact de ces échanges sur le bilan carbone à l'échelle d'un peuplement. On ne sait pas non plus s'ils permettent par exemple, au-delà des vieilles souches de Hêtre maintenues en vie et mises en valeur par P. Wohlleben, d'aider les sur le long terme de petits arbres dominés à croître à l'ombre, ni dans quelles situations cette aide pourrait être décisive et significative sur la croissance forestière. D'ailleurs c'est ce qu'a conclu en 2023 une étude de synthèse sur tous les travaux menés à ce jour sur cette question (Karts et al 2023, voir aussi Anctil 2023 pour une version vulgarisée). Cette étude montre que l'emballement scientifique et médiatique autour de cette question a été affecté par ce que les experts en sciences cognitives et en esprit critique appellent « un biais de confirmation »<sup>3</sup>. Et pour l'instant, tous les modèles de croissance forestière, statistiquement et pratiquement éprouvés, en restent au principe que les arbres dominés ont une croissance et une espérance de vie plus faibles. Les réseaux racinaires et mycorhiziens permettent non seulement des échanges de carbone mais aussi d'eau, de phosphore, d'azote et autres minéraux. Il est tout aussi difficile pour l'instant de savoir déterminer l'ampleur de ces flux entre arbres dans une forêt et à quelle distance ils peuvent se développer. Une dernière idée reprise par P Wohlleben est qu'au-delà des nutriments, le réseau interconnecté racines-mycellia pourrait transmettre des informations, permettre aux arbres de communiquer par le sol, ce qu'il a popularisé sous l'acronyme de Wood Wide Web. Bien sûr des émissions et transmissions de signaux, continue évidemment d'exister au sein des cellules des racines. Nous prenons alors conscience qu'au-delà de nourrir les plantes, le système sous-terrain des racines entrelacées, voire soudées, avec leurs cortèges de microorganismes est également aussi un réseau de signalisation, pouvant par exemple contribuer à l'alerte, en parallèle des volatiles qui se propagent dans l'air précédemment évoqués (qui ont parfois été appelé « Wireless Communication Network » par analogie avec la WIFI !). Ces transmissions de signaux ont commencé d'être étudiées en pots, ou en mésocosmes (systèmes de blocs de sols plus grands qu'un pot, comprenant plusieurs plantes, élevées en pépinière ou en serre), mais leur évaluation dans la nature et a fortiori sur de grands arbres reste à faire (Martin et Sélosse, 2018).

## Les arbres, des écervelés intelligents ? Et souffrent-ils ?

Les plantes nous surprennent. Sans cerveau centralisateur et sans système nerveux, elles réussissent avec leurs cellules et leurs capacités à recevoir et émettre des signaux chimiques, électriques, mécaniques, lumineux, à modifier leur croissance, leur orientation, leur appétence pour les

<sup>1</sup> Volume du sol en contact immédiat avec les racines les plus fines et dans lequel prolifèrent des micro-organismes. *Vocabulaire forestier* Éditions CNPF-IDF p.450

<sup>2</sup> Association symbiotique du mycélium d'un champignon avec les racines de plantes notamment les arbres, permettant à ces dernières d'améliorer leur nutrition minérale ; l'ectomycorhize est le développement d'un manteau fongique autour des racines de la plante. *Vocabulaire forestier* Éditions CNPF-IDF p. 340.

<sup>3</sup> Le biais de confirmation est la tendance à chercher, interpréter et mémoriser les informations de manière à confirmer ses croyances ou hypothèses préexistantes, tout en ignorant ou minimisant celles qui les contredisent.

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

prédateurs ... Elles sont capables de mémoire voire de « calculs », peut-être même d'apprentissage (Mouliia, 2016). Si l'intelligence est un ensemble de processus qui permettent d'apprendre ou de s'adapter à des situations nouvelles, alors les plantes sont très probablement intelligentes.

L'activité électrique des plantes est actuellement un champ de recherche en plein essor qui trouble les biologistes par ses nombreuses similitudes avec le système nerveux des animaux. De même, on trouve chez les plantes la plupart des molécules responsables de la communication et des activités neuronales dans le cerveau humain (ce qui explique l'action psychotrope de certaines substances végétales). Stefano Mancuso, chercheur à l'Université de Florence ose utiliser l'expression « neurobiologie végétale » et vulgariser ses travaux sur la signalisation racinaire en parlant de « cerveau végétal localisé dans les racines », ou plus récemment « d'intelligence en essaim ». Mais de l'hypothèse à la démonstration (ou la réfutation) validée par la communauté scientifique il y a encore de chemin...

Pourtant tous ces travaux nous amènent à ré-interroger nos *a priori* sur les différentes catégories d'êtres vivants. Notre perception du vivant (et donc notre relation avec les autres espèces) était jusqu'ici marquée par les trois catégories d'Aristote : l'âme végétative ou nutritive des végétaux, l'âme sensitive des animaux et l'âme intellectuelle des humains. Depuis peu, et suite à une longue chaîne de travaux scientifiques présentée précédemment, nous réalisons que les frontières entre ces trois « âmes » ne sont pas si catégoriques : les découvertes scientifiques sur l'animal ont soutenu des réflexions actuellement prégnantes dans nos sociétés sur la conscience et la douleur animale, le bien-être animal, son individualité... Notre relation aux plantes semble également bouleversée (Ibgui *et al.*, 2018) ; même si l'on continue à traiter de « légume » celui qui, apathique, ne montre aucune capacité de réflexion et de réaction ; et de nommer « comas végétatif » l'état d'un grand malade qui n'a plus de perception sensible ni de mouvement. Pas très respectueux de tout ce que savent faire les plantes !

La compréhension de la souffrance animale a influencé les représentations de l'animal et les pratiques d'élevage. La question de la souffrance végétale est désormais ouverte (Leportois 2018). Et le livre de P Wohleben par exemple est extrêmement doloriste : on n'arrête pas d'y faire souffrir les arbres. Mais que sait-t-on d'une éventuelle douleur végétale ? Jusqu'à présent, la physiologie ne trouve pas de capteurs végétaux analogues aux nocicepteurs<sup>4</sup> des animaux, et l'écologie ne voit pas pourquoi les plantes auraient développé une perception de la douleur au cours de l'évolution, puisqu'elles ne peuvent pas fuir le danger et que la perte d'un organe n'est pas létale (les arbres se régénèrent par taillis après la coupe, les branches repoussent). Ainsi il est probable que les plantes soient à la fois extrêmement sensibles à leur environnement et dépourvues de souffrance. Mais cette question devrait à notre avis faire l'objet d'une investigation plus poussée afin de pouvoir disposer de preuves irréfutables. Ainsi pourrait-on rassurer nos concitoyens sur les pratiques d'abattage.

## **L'arbre, objet de science pour la biologie et en même temps catalyseur de croyances**

À l'issue de ce panorama rapide de la biologie de la sensibilité et de la communication végétale, en tant que scientifiques, nous avons envie de conclure que les arbres sont juste des plantes ordinaires,

---

<sup>4</sup> Capteurs de la douleur chez les animaux. Ils présentent les caractéristiques d'un seuil d'activation élevé (la stimulation algogène doit être intense, lésionnelle pour déclencher un potentiel d'action), d'une capacité de codage de l'intensité du stimulus (la perception augmente avec l'intensité des stimulations algogènes), d'une capacité de sensibilisation (la répétition des stimulations algogène diminue le seuil des nocicepteurs et augmente leur activité même à faible intensité de chaque stimulation).

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

qui perçoivent leur environnement et y réagissent, qui échangent des informations et de la matière entre leurs différentes parties et avec d'autres organismes. La recherche avance, depuis deux siècles au moins, et modifie notre perception du monde végétal. La controverse s'établit entre des scientifiques médiatisés comme par exemple Stéphane Mancuso pour qui les plantes ressemblent de plus en plus aux hommes ou Francis Hallé qui au contraire défend une altérité profonde du monde végétal (tout en ayant changé sa position sur l'intelligence des plantes).

Au milieu de ces connaissances nouvelles sur les plantes qui enflamment les communautés scientifiques, le succès du livre de P. Wohlleben étonne les chercheurs. Ce livre ne communique pas le dixième de ce que l'on sait des capacités des plantes. Le succès de « La vie secrète des arbres » surprend donc par son ampleur<sup>5</sup> : pourquoi tant de gens se précipitent sur ce conte de fée, alors que seule une poignée de naturalistes ou de curieux s'intéressait jusqu'ici à tous nos excellents ouvrages de vulgarisation sur le monde végétal (voir suggestions à la fin du texte). Il est clair que pour le grand public qui dévore le livre, l'arbre n'est pas une plante comme les autres. Pour les forestiers non plus d'ailleurs ! Comme le décrivent les travaux de chercheurs, cette fois en sciences sociales, sur les représentations de l'arbre (De Smedt *et al.*, 2016), l'arbre n'a que des vertus pour nos concitoyens, et c'est un intouchable car attenter à l'arbre, c'est attenter à des valeurs plus grandes que lui. L'arbre porte un énorme capital symbolique : symbole de vie, de sacré, d'immortalité, de pérennité, d'avenir, de promesse, de sécurité, de grandeur, de passé, d'enracinement, de vieillesse, d'hérédité, de solidité, de force ... En cette période de craintes sur notre avenir dans le bouleversement climatique et la 6<sup>ème</sup> extinction des espèces en cours, ce symbole nous devient encore plus cher. Cette représentation de l'arbre devient alors facilement un outil de communication stratégique instrumentalisé, un faire-valoir pour d'autres réalités que les faits scientifiques qui le concernent directement.

Ainsi, nous trouvons, dans le livre de P. Wohlleben, plusieurs questions qu'il n'hésite pas à trancher, mais qui relèvent de croyances sylvicoles et pas de faits scientifiques rapportés par la biologie ou l'écologie :

- les forêts plus feuillues et moins résineuses, régénérées naturellement, hétérogènes en structure (mêlées, non équiennes) et peu perturbées (couvert continu) sont-elles « meilleures » (plus productives, plus résistantes et résilientes) ? À l'évidence, la réponse ne peut pas être « oui » ou « non » sans précisions. La recherche doit étudier comment la sylviculture irrégulière ou à couvert continu, de même que le mélange intime ou par bouquets, influencent les systèmes de perception de chaque arbre, ainsi que les communications et les échanges entre arbres. Sans doute faut-il d'abord comprendre comment ces systèmes de perception et d'échange impactent la croissance et la mortalité forestière, peut-être en commençant par des systèmes simples réguliers et monospécifiques, comprendre cela au-delà des observations ponctuelles voire anecdotiques actuellement invoquées ;

- les vieux arbres sont-ils plus « intelligents » et plus « utiles » dans les systèmes de communication et d'échanges d'assimilats au sein des communautés forestières ? P. Wohlleben le croit, nous montrant des « mères qui allaiteraient leurs petits » et nous incitant à laisser les forêts vieillir ; mais, là encore, cela ne s'appuie sur aucun fait scientifique, sinon qu'on peut logiquement imaginer que les gros et grands arbres (pas nécessairement les vieux) occupent plus d'espace et transmettent éventuellement plus de signaux que les petits. Suzanne Simard et la plupart des chercheurs réalisent

---

<sup>5</sup> D'autant plus que le livre suivant de P. Wohlleben « La vie secrète des animaux », n'a pas réussi à emballer les journalistes, ni autant le grand public, la critique du journal Le Monde des Livres (Georgesco, 2018) sur le disant même que ce livre s'extasie « d'évidences grossières en béatitude molle » !

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

la majorité de leurs travaux et de leurs découvertes sur des plantules d'arbres en pot. Cette survalorisation de l'arbre vieux est d'abord l'expression d'un attachement à l'arbre symbolique détaillé ci-dessus ;

- l'exploitation serait-elle forcément meilleure lorsque l'abattage est pratiqué manuellement et le débardage par le cheval, alors que la mécanisation serait une arme de destruction massive ? En bon forestier, P. Wohlleben, ne va pas jusqu'à proscrire toute exploitation, ce qui ne l'empêche pas de plaider pour le retour massif de la forêt primaire en Europe (si on s'en tient à la définition, une forêt primaire est une forêt dans laquelle l'impact de l'homme n'est pas visible, ce qui va être très difficile à obtenir même dans 100 ans dans nos réserves biologiques intégrales). Là encore, il n'y a aucun fondement scientifique sinon que des engins trop lourds, des chantiers mal organisés ... portent évidemment préjudice au bon fonctionnement des sols. Attention, promouvoir ainsi l'usage du cheval va choquer ceux qui sont contre l'exploitation de l'animal ! N'oublions pas que la mécanisation eu aussi pour conséquence de réduire la pénibilité du travail de l'homme ... et de l'animal. Se pose-t-on par ailleurs la question de savoir si les machines agricoles sont préjudiciables à la bonne entente des céréales, qui sont aussi des plantes qui communiquent entre elles ? Là encore, on peut voir là plutôt l'expression de représentations : la récolte de l'arbre intouchable ne peut pas se gérer avec de simples considérations de rentabilité et d'ergonomie, elle se mérite, à l'issue d'un travail pénible, avec des rites mettant en scène les trois catégories d'êtres vivants – l'arbre, l'homme et le cheval –, autant que possible à égalité donc sans outils trop élaborés. Et il sera intéressant que la science des plantes contribue au développement de méthodes d'exploitation à haute qualité environnementale, très certainement mécanisée ou en tous cas mixte. Pour cela nous devons comprendre comment telle ou telle méthode perturbe les facultés de perception, réponse et communication des arbres.

Récemment, une ingénieure récemment diplômée regrettait que les avancées de la recherche en matière de perception, signalisation, communication des plantes n'aient pas été plus diffusées dans sa formation. Elle sentait bien en effet que les réponses au livre de P Wolheben de la part des sciences et techniques forestières étaient affaiblies par le manque de culture générale vis-à-vis de la biologie végétale de pointe comme vis-à-vis des réflexions plus générales voire philosophiques sur la définition de l'intelligence et de la sensibilité. Difficile en effet de faire l'impasse en restant confinés dans la culture classique de l'écologie et l'ingénierie forestières régie par la compétition et la disponibilité des ressources eau, lumière, minéraux ; faisons montre d'esprit critique, mais informé des dernières découvertes scientifiques ; et surtout ... soyons curieux !

#### **Ouvrages de vulgarisation conseillés**

Académie d'Agriculture de France. *La forêt et le bois en France en 100 questions*. Ouvrage en ligne. <https://www.academie-foret-bois.fr>

Drénu C., 2016. *L'arbre, au-delà des idées reçues*. Institut pour le Développement Forestier.

Garcia F, Moulia B, Barbacci A 2023. *Ce que le son fait aux plantes*. *Pour la science*, 554 (Decembre 2023), 24-31.

Lenne C. 2021. *Dans la peau d'un arbre*. Belin. <https://www.belin-editeur.com/dans-la-peau-dun-arbre>

Lenne, C., Bodeau, O., Moulia, B. (2014). Percevoir et bouger : les plantes aussi !. *Pour la science*, 438 (Avril 2014), 40-47.

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s. Biblio +8 illustrations = 9 p.

Moulià B (2025). Le Monde sensible des arbres. Webinaire organisé par l'Université Virtuelle Environnement et Développement durable (UVED) dans le cadre du MOOC Arbres <https://www.uved.fr/fiche/ressource/le-monde-sensible-des-arbres>

Science et Vie : *Plantes : elles sont intelligentes !* 2013. Dossier du numéro 1146 de Science et Vie.

Sélosse M.A. 2017. *Jamais seul*. Actes Sud. 368 pages.

### Références citées dans le texte

Académie d'Agriculture de France. Section 2 « Forêts et Filière Bois », 2017. *Note de lecture de l'Académie d'agriculture de France sur le livre « La vie secrète des arbres » de Peter Wohlleben*. (<https://www.academie-agriculture.fr/actualites/academie/lacademie-se-prononce-sur-le-livre-la-vie-secrete-des-arbres> consulté le 18 juillet 2018)

Almèras T., Gril J., Jullien D., & Fournier M., 2008. *Les contraintes de croissance dans les tiges: modélisation de leur mise en place et de leur fonction biologique*. Revue Forestière Française Vol. 60 (6), 749-760.

Antil G., 2023. La théorie de l'Internet des sols remise en doute . Québec Science <https://www.quebecscience.qc.ca/environnement/theorie-internet-sols-remise-en-doute/>

Baldwin, I. T. & Schultz, J. C (1983). Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between plants. *Science* **221**, 277-279,

Bonnesoeur, V., Constant, T., Moulià, B. & Fournier, M. Forest trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds. *New Phytol.* **210**, 850-860, (2016).

Brunet Y., 2018. *Note sur le livre « La vie secrète des arbres » de P. Wohlleben* . Association Française pour l'Information Scientifique. Sciences et Pseudo-Sciences n°324.

Défosses, P., Rajaonalison, F. & Bosc, A. How wind acclimation impacts *Pinus pinaster* growth in comparison to resource availability. *Forestry* **95**, 118-129, (2022).

Delattre A., 2019. *Le koudou et l'acacia : histoire et analyse critique d'une anecdote*. Telabotanica <https://www.telabotanica.org/2019/03/le-koudou-et-lacacia-histoire-et-analyse-critique-dune-anecdote/>

De Smedt T. Fastrez P., Matagne J., Farcy C., 2016. *Les recommandations du programme en matière de communication*. In Dereix C., Farcy C., Lormant F.. "Forêt et communication. Héritages, représentations et défis"- p. 381-391.

Drénou C., Charnet F., Girard S., Garbaye J., Bonneau M., Cruziat P., Frochot H., Lévy G., Marçais B., Larrieu L., Moore W., Rossignol J., 2006. *Les racines, face cachée des arbres*. Institut pour le Développement Forestier.

Fournier M., Chanson B., Thibaut B., 1999. *Contraintes de croissance chez le peuplier I* 214. Forêt-entreprise n°129 p. 27-29.

Fournier M., Bonnesoeur V., Deleuze C., Renaud J. P., Legay M., Constant T. & Moulià B., 2015. *Pas de vent, pas de bois. L'apport de la biomécanique des arbres pour comprendre la croissance puis la vulnérabilité aux vents forts des peuplements forestiers*. Revue Forestière Française Vol. 67 (3), 213-237.

Georgesco F., 2018. *Wohlleben c'est trop bête*. Le Monde des livres, 12.05.2018, page 3 du dossier « Frères animaux qui avec nous vivez ».

Girón-Calva, P. S. et al. (2014). A role for volatiles in intra- and inter-plant interactions in Birch. *J. Chem. Ecol.* **40**, 1203-1211,

Hagiwara, T., Ishihara, M. I., Takabayashi, J., Hiura, T. & Shiojiri, K. , (2021). Effective distance of volatile cues for plant-plant communication in beech. *Ecol. Evol.* **11**, 12445-12452.

Ibgui P., Kemmel A., Chamillard C., Morille M. & Mira. S. 2018. *L'intelligence des arbres. De la sensibilité à l'éthique végétales*. L'Agora, points de vue. Forestopic. 16 juillet 2018. <https://www.forestopic.com/fr/agora/points-vue/783-intelligence-arbres-sensibilite-ethique-vegetales>

Jiazet D K., Dlouha, J. Fournier M., Moulià B., Ningre F., 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. *Ann. For. Sci.*, **79**, #44, <https://doi.org/10.1186/s13595-022-01162-8>

FE 243 – rubrique Recherche ou Point de vue – 27800 s. texte + 5000s.Biblio +8 illustrations = 9 p.

Karst, J., Jones, M.D. & Hoeksema, J.D. Positive citation bias and overinterpreted results lead to misinformation on common mycorrhizal networks in forests. *Nature Ecology & Evolution* 7, 501–511 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41559-023-01986-1>

Lenne C., Bodeau O., & Moulià B., 2013. *Vrai ou Faux: Les plantes communiquent-elles?*. Pour la Science Janvier 2013 (423), 1 p..(2013).

Lepoiteux D., 2018. *Ce qu'il faut répondre à un omnivore qui vous sort l'argument du « cri de la carotte »*. Slate<sup>FR</sup> (<http://www.slate.fr/story/157159/cri-carotte-vegetariens-plantes-douleur>, consulté le 18 juillet 2018)

Martin F., Sélosse M.A., 2018. *Les arbres sont-ils connectés par les réseaux de champignons mycorrhiziens ? La forêt et le bois en France en 100 questions*. Académie d'Agriculture. Chapitre 2 paragraphe 12, mis en ligne le 12/03/2018. <https://www.academie-foret-bois.fr>

Moulià B., 2016. Conférence ' *Une intelligence chez les plantes ? un voyage entre science et croyance* donnée dans le cadre de la journée " Science et pseudosciences, une journée pour réveiller sa pensée critique" organisée par la Maison pour la Science en Auvergne et les Mercredis de la Science de l'Université Blaise Pascal. Vidéo sur <https://richmedia.univ-bpclermont.fr/Mediasite/Play/7de928b90f27475ca3e157d8c13764551d?playFrom=57232&autoStart=true>

Moulià B., & Fournier M., 2009. *The power and control of gravitropic movements in plants: a biomechanical and systems biology view*. *Journal of experimental botany*, 60(2), 461-486.

Moulià B., Douady S. and Hamant O., 2021 Fluctuations shape plants through proprioception. *Science* 372, eabc6868 <https://doi.org/10.1126/science.abc6868>

Moulià, 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 (Tansley Review) . *New Phytologist* . 233 (6) : 2354-2379 <https://doi.org/10.1111/nph.17913>

Pouliquen, O., Forterre, Y., Berut, A., Chauvet-Thiry, H., Bizet, F., Legué, V., Moulià, B. (2017). A new scenario for gravity detection in plants: the position sensor hypothesis. *Physical Biology*, 14 (3). , DOI : 10.1088/1478-3975/aa6876

[Interview] Forterre, Y. (Interviewé), Moulià, B. (Interviewé), Dumais, J. (Interviewé), Larousserie, D. (Interviewer) (2016). Les plantes sont de bonnes géométristes. *Le Monde* (diffusion 273111), 2p. <http://prodinra.inra.fr/record/384201>.

Moulià, B. (Interviewé), Nothias JL, 2012 (Intervieweur) Pourquoi les plantes poussent-elles droit ? Les végétaux sont dotés d'une sorte de « sixième sens » qui leur permet de percevoir leur forme et de la corriger. *Le Figaro – Sciences* - 08/12/2012 p18 et « Comment les plantes restent debout ? » Le Figaro version électronique <http://www.lefigaro.fr/sciences/2012/12/07/01008-20121207ARTF1G00405-comment-les-plantes-restent-elles-debout.php> (consulté le 29 juillet 2018)

Moulià, B. (Interviewé), Larousserie D. (Intervieweur), 2012 Les plantes ont un penchant pour la droiture *Le Monde* (Cahier Science & Techno) - 08/12/2012 p2 [https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/06/les-plantes-ont-un-penchant-pour-la-droiture\\_1801238\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2012/12/06/les-plantes-ont-un-penchant-pour-la-droiture_1801238_1650684.html) (consulté le 29 juillet 2018)

Ouest France, 2013. *Pourquoi les arbres et les plantes se tiennent droit ?* 27/09/2013. <https://www.ouest-france.fr/economie/agriculture/pourquoi-les-arbres-et-les-plantes-se-tiennent-droit-275287> (consulté le 29 juillet 2018).

Prof. Dr. Christian Ammer, Université de Göttingen et Prof. Dr. Jürgen Bauhus, Université de Freiburg. 52 AFZ-DerWald. 16/2017. <https://www.openpetition.eu/petition/online/auch-im-wald-fakten-statt-maerchen-wissenschaft-statt-wohlleben> (consulté le 28 juillet 2018)

TSR découverte. 2010. *Les plantes communiquent-elles ?* ©Tsr.ch. Vidéo consultée en ligne le 29 juillet 2018. <https://www.rts.ch/play/tv/decouverte/video/les-plantes-communiquent-elles?id=2045231&station=a9e7621504c6959e35c3ecbe7f6bed0446cdf8da>

Welcome to the Kessler Lab. Université Cornell. <http://www.eeb.cornell.edu/kessler/index.html> Site web consulté le 30 juillet 2018.

Wohlleben P., 2015. *La Vie secrète des arbres. Ce qu'ils ressentent. Comment ils communiquent*, Les Arènes, 2017 (titre original : *Das geheime Leben der Bäume. Was sie fühlen, wie sie kommunizieren - die Entdeckung einer verborgenen Welt*, Ludwig, München, 2015).

Figure 1 – Les plantes réajustent leur posture en permanence, en réponse à plusieurs types de signaux, lumière, gravité et déformation.



Les deux clefs du contrôle du redressement des tiges et de leur rectitude: sensibilité à la gravité et proprioception.

Photo de gauche : « Forêt tordue » (*Pinus sylvestris*) de Krzywy Las, Pologne auteur : [Artur Strzelczyk, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nowe\\_czarnowo-krzywy\\_las.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nowe_czarnowo-krzywy_las.jpeg)

Photo de droite (a) : Formes successives d'une inflorescence de l'arabette des dames (*Arabidopsis thaliana*) en croissance primaire 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

c et d : résultats de simulations : quand on simule le redressement de la plante en supposant qu'il n'est piloté que par la sensibilité à l'inclinaison par rapport à la gravité, on constate qu'elle oscille indéfiniment autour de la position verticale (c, les positions successives de la tige). Pour que la simulation reproduise la rectitude observée dans la nature (d), il faut supposer que chaque cellule perçoit sa déformation et réagit de façon à minimiser la courbure, c'est-à-dire que la plante est dotée d'une proprioception.. Ce modèle a été validé sur 11 espèces échantillonnant la phylogénie des angiospermes terrestres (et un panel large d'espèces modèles et cultivées : céréales, ornementales, arbres ...), sur deux ordres de grandeur en taille d'organe (du minuscule coléoptile de blé à des troncs de peupliers de 3 m de long), et sur les deux moteurs de courbure active : i) pression de turgescence et croissance primaire différentielle et ii) production différentielle de bois de réactions.

Figure 2 -

FIGURE 6 **MÉCANISME DE CONTRÔLE DE L'ORIENTATION PAR MISE EN PLACE DE CONTRAINTES DE MATURATION ASYMÉTRIQUES :**

- (a) cas d'un feuillu, avec excentrement et formation de bois de tension du côté supérieur ;
- (b) cas d'un résineux, avec excentrement et formation de bois de compression du côté inférieur.

Dans les deux cas, l'asymétrie de la contrainte induite génère un couple qui s'oppose à l'effet de l'augmentation de poids, et permet donc de limiter l'affaissement du tronc, voire de le redresser.

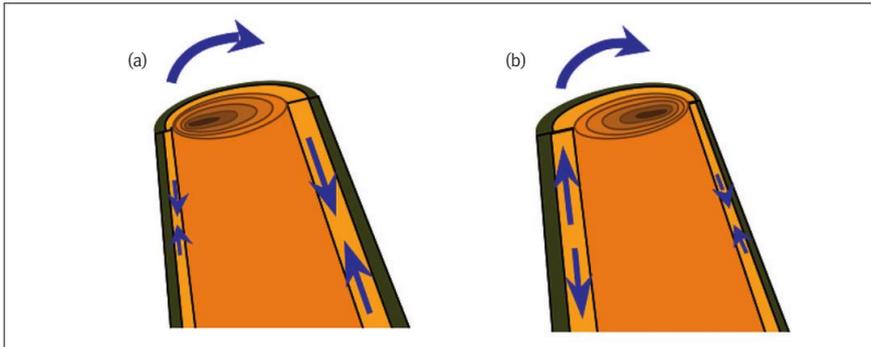


Figure 3 – Une tige perçoit sa propre position dans l'espace et est capable de la rectifier au cours de sa croissance. Schéma p 33 *L'arbre au-delà des idées reçues* C Drénou

Photos d'illustration possibles : - belle hêtraie de la forêt de Haye

- Arabette des Alpes- 40810- M. Bartoli ou dessin de la Flore p 972.

Rejet de souche chêne - 14454 ou 8372 rejet de noyer

souche de douglas anastomosée - 33483 C Drénou

Système racinaire d'un petit bois de sapin s'étant développé sur une souche de gros bois en décomposition - 45490 S Gaudin

Ajouter Timidité des cimes ? voir <http://www.regardsurlemonde.fr/blog/timidite-cimes-exemple-de-communication-entre-arbres>