

# Arbres

*Ce document est la transcription révisée, chapitrée et illustrée d'une vidéo du MOOC UVED « Arbres ». Ce n'est pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots et l'articulation des idées sont propres aux interventions orales des auteurs.*

## Les défis biophysiques de l'arbre

*Sandrine ISNARD*

*Chargée de recherche à l'IRD*



*Tancrede ALMERAS*

*Chargé de recherche au CNRS*



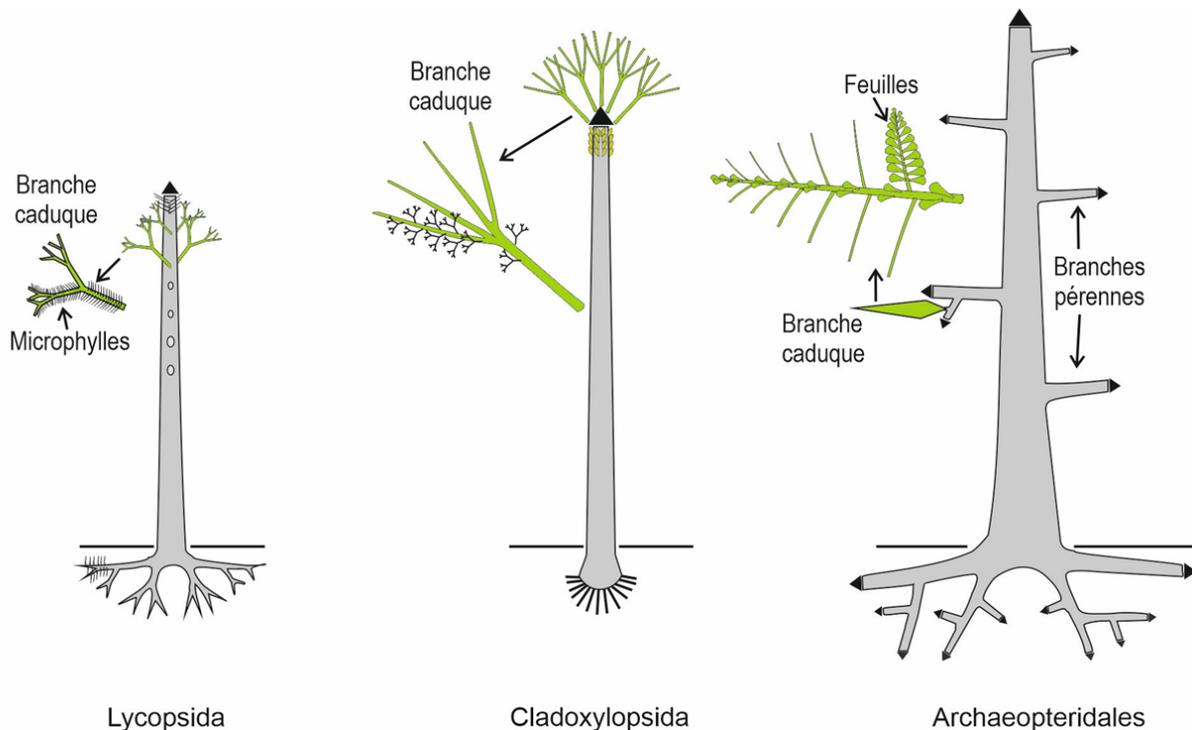
Je vais vous parler du cahier des charges des arbres : ce qu'un arbre doit accomplir, les fonctions essentielles qui ont permis à l'arbre d'évoluer en tant que tel et de se maintenir dans nos paysages, là, partout autour de nous, dans la plupart des écosystèmes terrestres.

### 1. Qu'est-ce qu'un arbre ?

L'arbre est un organisme vivant. Il respire, il grandit, il se reproduit. Les arbres sont une adaptation à la vie sur terre ferme. Les premiers arbres sont apparus au milieu du Dévonien, il y a plus de 390 millions d'années. Plusieurs lignées de plantes ont évolué, ont convergé vers la forme arborescente. La plupart se sont éteintes. Une lignée a donné lieu à la grande diversité des formes, dont les arbres que l'on connaît aujourd'hui. La forme arborescente est donc ce que l'on

appelle une convergence évolutive. C'est-à-dire que des espèces qui ne sont pas apparentées se ressemblent morphologiquement. Elles ont convergé vers des solutions comparables aux exigences de la vie, et ce sont ces solutions qui font l'unicité de la forme arborescente. On reconnaît un arbre par sa forme, quelle que soit son espèce.

## Convergence de la forme arborescente



*D'après Meyer-Berthaud B, Decombeix A-L. 2009*

L'un des moteurs de l'évolution des arbres, c'est la compétition pour la lumière, essentielle à la photosynthèse. Pour pousser en hauteur dans cette compétition pour la lumière, source d'énergie pour la survie de la plante, les arbres ont une structure de support central, le tronc, qui s'élève de la surface terrestre. À une certaine distance au-dessus du sol, des branches s'étendent à partir du tronc, afin de capter le plus de lumière solaire possible pour la survie de l'arbre et pour assurer la survie de l'espèce, afin de faciliter la fertilisation et la dispersion des graines. Les arbres poussent vers le haut, à partir de leur méristème, des points de croissance qui sont situés dans la couronne de l'arbre.

Un arbre, c'est donc à la fois une structure de grande taille, de très grande taille même, qui doit supporter le poids du feuillage et des branches, et qui également

doit acheminer l'eau et les minéraux, indispensables à la photosynthèse, vers ce feuillage, parfois à plus d'une centaine de mètres de hauteur. L'arbre doit aussi se construire sur lui-même tout en restant fonctionnel pendant sa construction. Bien que les arbres s'élaguent naturellement pour remplacer les structures vieillissantes par de nouvelles structures, au niveau de son tronc, le bois s'accumule au centre de l'arbre, tandis que le bois fonctionnel se développe en périphérie.

Tout ceci implique de nouvelles contraintes, des contraintes biophysiques imposées par le milieu. Le cahier des charges de l'arbre est donc exigeant, complexe, et il représenterait un certain défi pour tout architecte ou ingénieur qui voudrait reproduire une telle structure.

## 2. Les défis à relever

Un premier défi est la recherche de l'eau, qui nécessite un ancrage au sol pour aller puiser l'eau dans le sol. Ça se traduit par le caractère fixé des arbres. Ensuite, il y a la recherche pour la lumière, qui se traduit par la compétition en hauteur, donc la construction d'un tronc. L'arbre doit donc faire face à une force majeure, la gravité, et à des perturbations majeures telles que le vent. L'arbre doit donc être stable à tout moment pendant sa construction, ce qui nécessite ce qu'on appelle une réaction gravitropique, une réponse à la gravité. Il doit également être fonctionnel pour assurer une conduction des sèves.

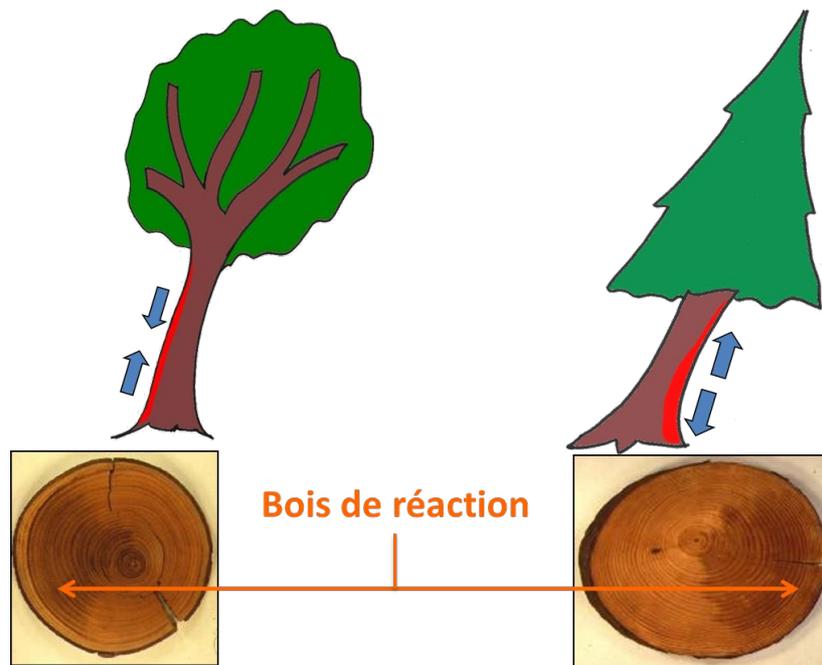
## 3. La mise en place d'un tronc

Il faut savoir qu'élever une colonne massive sur quelques dizaines de mètres est un défi physique, notamment en l'absence de renforcement latéral ou d'échafaudage lors de la construction.

Ceci implique de corriger en permanence le port, c'est le gravitropisme, de compenser mécaniquement l'accumulation de la biomasse et ne pas s'effondrer sous son propre poids. Le bois dit de réaction, qui est produit en périphérie de l'arbre, ça fait partie de ce bois fonctionnel, il est produit par le cambium, et c'est une sorte de muscle qui va permettre à l'arbre de corriger son orientation, de se redresser, de se renforcer. Par ailleurs, l'arbre doit également se dimensionner en ajustant son diamètre par rapport à sa hauteur et à son poids. Certaines espèces n'ont pas cette stratégie. Ça reste néanmoins des arbres, et ils sont soutenus par

la végétation environnante, ils n'ont pas besoin d'ajuster leurs dimensions, leurs propriétés mécaniques, lors de leur croissance. Ces arbres, quand on les extrait de leur milieu, vont s'effondrer, s'affaisser sous leur propre poids.

### Élever une colonne massive



*D'après M. Fournier, INRAE*

Outre le support de leur propre biomasse, il y a aussi, pour les arbres, cette résistance aux perturbations environnementales, les perturbations abiotiques telles que le vent, le poids de la neige ou le poids des plantes épiphytes qui poussent sur les arbres. Ce sont des volumes, des masses considérables pour les branches, pour les arbres. On sait aujourd'hui que le vent est un stimulus très important dans l'accroissement du diamètre des arbres. Les arbres s'acclimatent en permanence au vent en régulant leur allocation de ressources vers la croissance en diamètre.

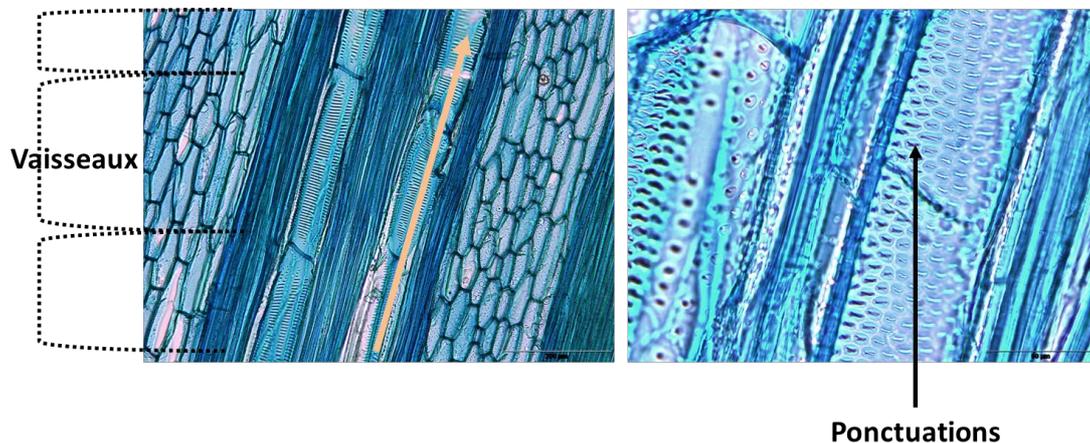
## 4. Le transport de l'eau

Un autre défi majeur consiste à transporter l'eau du sol jusqu'à la canopée. Par exemple, le transport au-delà de 10 mètres n'est pas quelque chose de trivial. Physiquement, il n'est pas possible de pomper de l'eau au-delà de 10 mètres sans qu'une bulle d'air ou un vide se forme dans le système, rompant ainsi le transport. L'eau circule dans l'arbre sous tension, ce qui laisse de nombreux

physiciens dubitatifs. En effet, l'eau sous tension est soumise au phénomène de cavitation.

Les arbres ont contourné les problèmes en segmentant leur système de transport. C'est ce qu'on appelle les vaisseaux ou les trachéides. Ce sont des éléments du bois en charge du transport de l'eau, et qui constituent une innovation majeure chez les plantes. Les vaisseaux sont reliés entre eux par des ponctuations ou des micropores, qui laissent passer l'eau mais pas les bulles d'air. C'est là quelque chose de tout à fait ingénieux qu'ont mis en place les arbres au cours de leur évolution.

### Transporter l'eau du sol à la canopée



## 5. Conclusion

Les défis biophysiques relevés par les arbres ont longtemps fasciné et continuent de nous fasciner. Mais leurs propriétés découlent de millions d'années d'évolution, d'adaptation de leurs structures, de leurs fonctions à l'environnement. Ils sont, par conséquent, sensibles aux modifications rapides de l'environnement, notamment vis-à-vis de la ressource en eau et des événements extrêmes tels que les tempêtes ou les sécheresses prolongées. Si l'arbre répond à un cahier des charges qui peut se résumer à quelques points fondamentaux et communs à tous les arbres, on assiste, autour de nous, à une explosion de formes, de stratégies. Une extraordinaire diversité qui reflète la diversité des conditions de vie et des trajectoires évolutives. Cette diversité est essentielle à la survie des arbres, à leur aptitude à s'adapter et à se maintenir dans un paysage changeant.