

Des données récentes sur les arbres

Francis HALLÉ

Botaniste, professeur honoraire à l'Université de Montpellier

MOT-CLÉS

Arbre, architecture de l'arbre, branche, tronc, répétition, arbres unitaires, arbres coloniaux, résilience.

RÉSUMÉ

Après avoir donné quelques notions sur l'architecture des arbres, unitaires et coloniaux, on montre que les arbres ont une vie organisée, qu'ils sont dotés de capteurs sensoriels et d'organes de mémorisation. Leurs fonctions sont peu nombreuses, mais leur décentralisation donne à la plante une résilience très importante.

Le lecteur peut visionner l'enregistrement vidéo de cette conférence

J'aime beaucoup les arbres et ne songe pas un instant à cacher la sympathie que j'éprouve à leur égard ni l'admiration que depuis longtemps ils m'inspirent.

Hélas, ces sentiments amicaux sont loin d'être partagés par tous et, dans notre monde actuel, beaucoup n'éprouvent que du mépris pour les arbres. Dans les régions tropicales, j'assiste impuissant à une déforestation monstrueuse : les îles de Sumatra et de Bornéo que, lorsque j'étais plus jeune, l'on voyait comme d'inépuisables réserves de forêts primaires, ont été rasées pour cultiver des palmiers à huile ou des hévéas pour le caoutchouc. Au Mato Grosso, au Sud de l'Amazonie, les forêts ont laissé la place à des champs de soja transgénique, à perte de vue : ce n'est pas pour le Brésil mais pour la Chine et des voies de communication vont traverser le continent et franchir les Andes jusqu'à la côte du Pacifique. En Afrique, le Nigéria et la Côte d'Ivoire, ayant exporté trop de bois, doivent maintenant en importer. Le pire, en tout cas ce qui me touche le plus, c'est la Papouasie-Nouvelle Guinée qui, il y a peu de temps encore, abritait les dernières grandes forêts intactes de Mélanésie et qui est maintenant, de tous les pays tropicaux, celui qui exporte le plus de bois. Avez-vous déjà vu un chantier d'abattage en forêt tropicale ? C'est un spectacle répugnant, insupportable, qui me fait toujours penser à un viol.

A partir de ce sombre constat, j'essaye de renouveler notre vision de l'arbre dans l'espoir qu'à l'avenir il soit un peu moins méprisé. Après un demi-siècle de découvertes par les chercheurs dans le monde entier, l'arbre qui est maintenant en face de nous n'est plus celui de mes parents, encore moins celui de mes grands-parents. Il est devenu bien plus complexe, bien plus intéressant, bien plus digne de respect et mon exposé devrait s'appeler « Un arbre tout neuf ». Trois idées neuves au sujet des arbres.

1. Constituants de l'arbre

Lorsque l'on est devant un gros arbre, voici une bonne question à se poser : « D'où vient la matière de cet arbre ? D'où sortent ces centaines de mètres cubes de bois ? » C'est une question légitime puisqu'il y a un siècle ou deux, il n'y avait rien à

cet endroit, seulement une graine. Mes contemporains répondent souvent : « Cette matière sort du sol » ; mais c'est faux, ce qui sort du sol est quantitativement infime. La matière de l'arbre provient de l'air ; l'arbre est objectivement fait de polluants volatils, réunis par d'une épuration atmosphérique qui a le mérite d'être gratuite : pour faire 1 000 kg de bois, l'arbre absorbe 1 851 kg de gaz carbonique.

2. Architecture de l'arbre

L'architecture de l'arbre relève aussi d'une idée neuve. La forme 3D d'un arbre jeune n'est pas aléatoire, chaque espèce ayant son « modèle architectural » qui est un programme génétique de croissance et de développement. Comprendre l'architecture d'un jeune arbre demande de réunir trois éléments (Figure 1) :

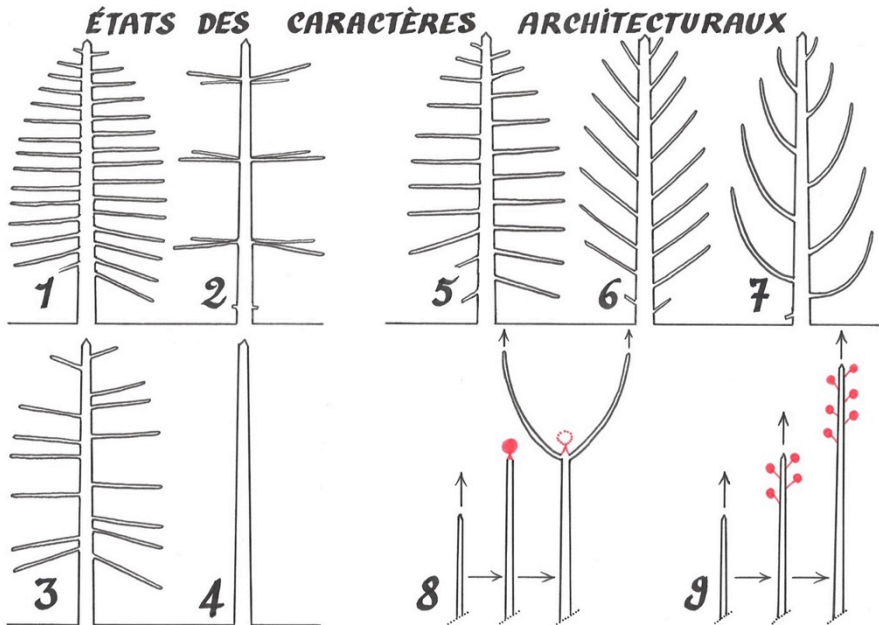


Figure 1

- La répartition des branches sur le tronc peut être continue, rythmique ou irrégulière ; elle peut aussi être nulle, beaucoup d'arbres n'ayant pas de branches, les palmiers par exemple.

- L'orientation des branches jeunes, non encore affaissées sous l'effet de la gravité, peut être verticale, oblique ou horizontale.

- Les organes de la sexualité peuvent être en position terminale, ce qui met fin à la croissance de l'axe porteur, ou en position latérale, ce qui donne à cet axe la possibilité d'une croissance indéfinie.

Est-ce trop simple ? Ces éléments sont à la base d'une combinatoire, d'où un nombre très élevé de combinaisons possibles, un nombre sans doute trop grand puisque

l'architecture des arbres actuels – 100 000 espèces environ - n'utilise que 24 modèles architecturaux (Figures 2 et 3).

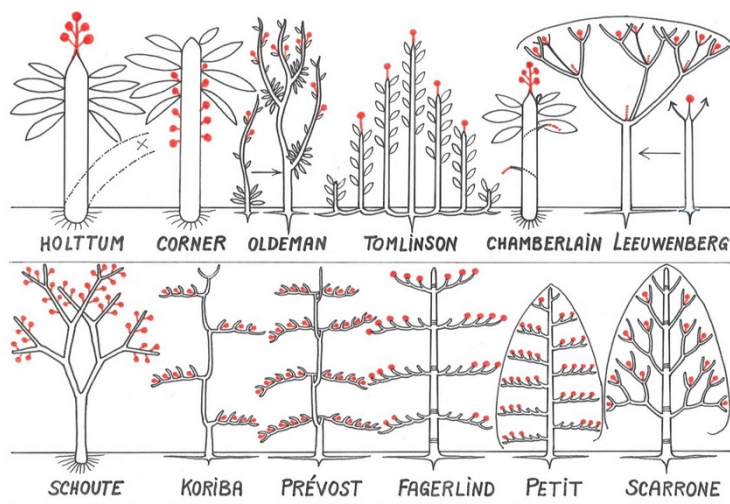


Figure 2

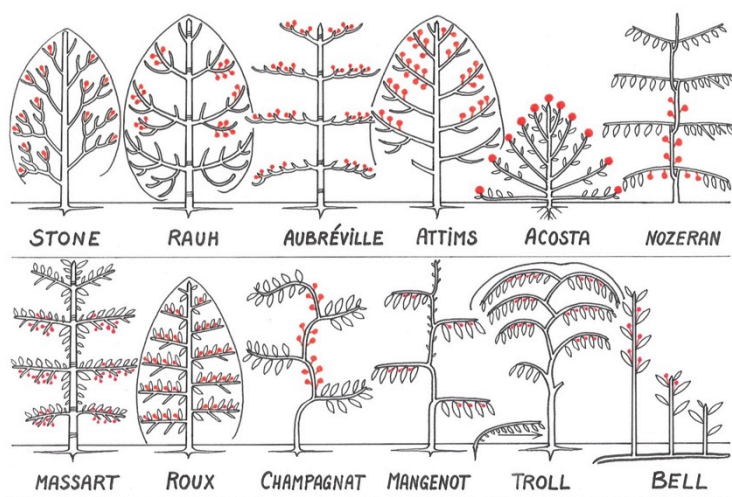


Figure 3

L'architecture d'un grand et vieil arbre implique le concept de réitération. Il faut s'habituer à cette idée dérangement, qu'un jeune arbre est capable de pousser sur un vieil arbre (Figure 4). Une réitération n'est pas une graine qui germe, c'est un bourgeon dormant qui se réveille, produit une tige feuillée, enracinée vers le bas ; par la suite, la croissance répète le



Figure 4

modèle architectural de l'espèce. L'arbre porteur devient une colonie.

Où sont les racines de la réitération ? Chez le chêne vert, elles sont faciles à voir : un scalpel permet de retirer les tissus superficiels jusqu'au cambium, et on constate que les racines exploitent la couche la plus humide (Figures 5 et 6). Au début de son existence, la réitération est un hémiparasite : il assure sa propre photosynthèse, mais son alimentation hydrique est prélevée sur l'arbre porteur. Les anciens avaient compris le caractère parasitaire du rejet, d'où les noms qu'ils lui ont donnés dans diverses langues européennes : « gourmand » en français, « sucker » en anglais, en italien « succhione » et en espagnol « chupón ».



Figure 5

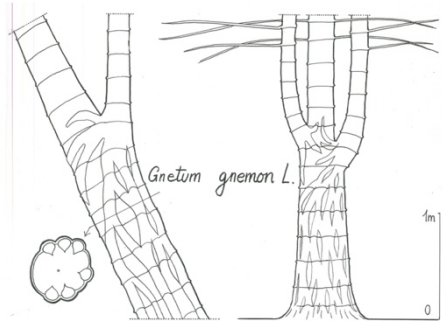


Figure 6

Avec le concept de réitération, il convient de distinguer deux sortes d'arbres, les « unitaires » et les « coloniaux ».

Les arbres unitaires (Figure 7) sont dépourvus de réitération et leur croissance se limite à celle de leur modèle architectural, qui reste unique ; il en résulte une forme simple dont l'esthétique nous plaît. Les arbres unitaires sont beaux et très souvent utilisés pour l'ornement (Figures 8 à 12), mais il s'agit d'une stratégie archaïque de croissance, surtout connue à l'état fossile ; les arbres unitaires vivent peu de temps, de un à trois siècles le plus souvent.

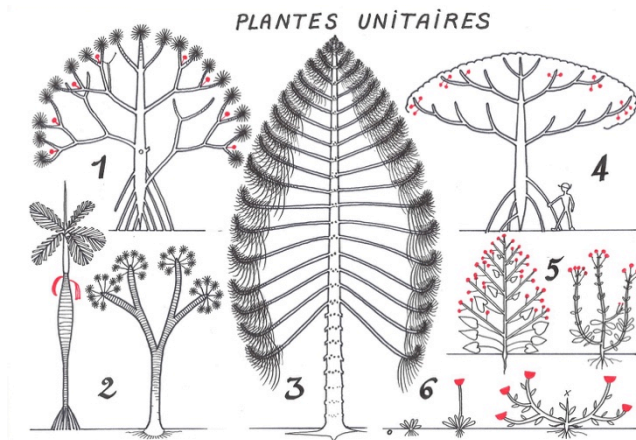


Figure 7



Figure 8



Figure 9



Figure 10



Figure 11



Figure 12

Les arbres coloniaux réitèrent en abondance (Figures 13 à 17) ; modernes, moins beaux que les unitaires, ils vivent beaucoup plus longtemps. Les *Pinus longeva*

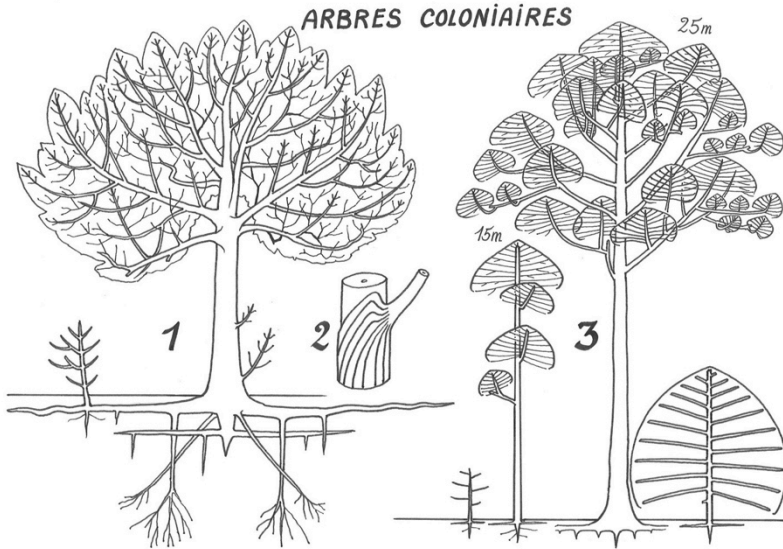


Figure 13

de Californie atteignent 5 000 ans, l'âge des pyramides d'Égypte ; nous connaissons maintenant des arbres qui sont potentiellement immortels, c'est-à-dire qui vivent tant que les conditions environnantes leur sont favorables. Le record actuel est détenu par le « Houx royal de Tasmanie », *Lomatia tasmanica* (Proteaceae), contemporain de l'homme de Néanderthal. À l'Université d'Oviedo en Espagne, le Dr Fraga a montré que chez les pins, au printemps, une déméthylase restaure l'activité des gènes éteints, ou méthylés, au cours de l'année précédente, un mécanisme qui mettrait sur la voie d'une explication de l'immortalité potentielle.



Figure 14



Figure 15

Chez plusieurs espèces d'arbres coloniaux, les éléments constituant la colonie ont des variants du génome de l'espèce (Figure 16). Cette diversité génomique pourrait-elle permettre à ces arbres de résister aux changements climatiques ? La question est ouverte.



Figure 16

3. Organes sensoriels de l'arbre

Une troisième idée neuve, pour finir. Les arbres et les plantes en général, ont une organisation décentralisée, contrairement aux animaux et aux êtres humains dont la

structure est typiquement centralisée. Ceci demande à être précisé, avant d'évaluer les conséquences d'un tel contraste.

Un être humain a une centaine d'organes distincts – rein, foie, œil, cerveau, vessie, poumon, cœur, etc. – dont chacun est clairement délimité, doté d'une fonction précise ou d'une sensibilité particulière, mais se trouve en nombre réduit, un ou deux le plus souvent. Les arbres, on le sait depuis Goethe, n'ont que trois organes - tiges, racines, feuilles – mais qui se comptent par milliers. En conséquence, on a longtemps pensé qu'ils avaient moins de fonctions et moins de sensibilités que nous ; nous savons maintenant que ce point de vue est faux et qu'ils en ont autant que l'être humain, et même davantage, mais sans les organes correspondants.

- **Pas de squelette** : cela n'empêche pas les arbres d'être rigides.

- **Pas de cœur**, pourtant les sèves ont une double circulation efficace.

- **Pas de poumons**, mais la respiration des arbres est identique à la nôtre.

- **Ni tube digestif, ni bouche, ni anus** mais, comme nous, l'arbre digère et produit des excréments.

- **Pas d'œil**, pourtant, tout le monde le sait, un végétal perçoit la lumière : il ne saurait en être autrement puisque la lumière est son énergie alimentaire.

- **Pas d'oreille** ; mais *Desmodium gyrans*, une Papilionaceae du Yunnan, bouge ses folioles lorsque l'on fait du bruit à proximité : elle a donc nécessairement des récepteurs d'ondes sonores.

- **Pas de nez** ; mais une plante parasite, la Cuscuta, repère son hôte préféré, la tomate, y compris dans le noir, et elle est même capable de se diriger droit vers un simple coton imbibé de jus de tomate.

- **Pas de cordes vocales** ni d'émissions sonores, mais les échanges de messages entre les plantes sont mieux compris. Dans cet amphithéâtre, en 1990, le Pr. Van Hoven, de l'Université de Pretoria, nous a montré que l'Acacia sud-africain, attaqué par une gazelle, devenait toxique en 20 secondes ; il émet alors un gaz, l'éthylène, qui avertit les Acacias situés sous le vent, lesquels deviennent toxiques alors qu'ils n'ont pas été attaqués.

Un autre exemple, plus proche de nous puisqu'il s'agit de la côte méditerranéenne d'Espagne. Lors des feux estivaux, la végétation brûle mais les Cyprès restent intacts : les chercheurs espagnols ont montré qu'à l'approche du feu, les Cyprès « dégagent », envoyant dans l'atmosphère toutes leurs molécules inflammables – hydrocarbures, alcools, toluène, etc. – ce qui les protège de l'incendie ; ces molécules volatiles avertissent les Cyprès situés sous le vent, qui « dégagent » à leur tour, se mettant ainsi à l'abri du feu.

La cicatrization d'une souche de Douglas abattu implique une communication à double sens, en une sorte de dialogue (Figure 17). La souche de l'arbre abattu est soudée par ses racines à des Douglas voisins non traumatisés ; dans un premier temps, les survivants envoient des sucres à l'arbre abattu et cette énergie lui permet de cicatrizer et de maintenir en vie son système racinaire. Dans un deuxième temps, les racines de l'arbre abattu envoient de l'eau et des minéraux à ceux qui lui ont fourni l'énergie.

- **Pas de cerveau**, pourtant les plantes manipulent les animaux pollinisateurs et dispersers de graines, en leur adressant un message simple et efficace : « Viens ici, il y a à manger pour toi ! ». Les animaux viennent,

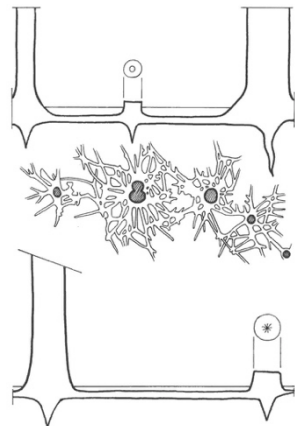


Figure 17

pollinisent les fleurs et dispersent les graines, ce qui est évidemment à l'avantage de la plante, mais ils font tout cela à leur insu : il s'agit donc bien de manipulation.

- **Pas de cerveau**, mais la Sensitive, *Mimosa pudica*, une Mimosaceae pantropicale, dispose d'une mémoire. Cette plante, tout le monde le sait, ferme ses feuilles lorsqu'on les touche : elle les garde fermées environ 30 minutes avant de les ouvrir à nouveau. On élève la Sensitive en appartement, donc sans pluie ; lorsqu'on la sort, elle reçoit ses premières pluies, perçoit l'impact des gouttes comme un danger et plie ses feuilles. Toutefois elle comprend assez vite qu'elle n'a rien à craindre et elle garde ses feuilles ouvertes sous la pluie. On la rentre alors dans l'appartement où on l'élève pendant plusieurs années ; lorsqu'on la sort, elle reçoit la pluie, mais garde ses feuilles ouvertes ; bien que les feuilles ne soient plus les mêmes, la Sensitive a gardé en mémoire que la pluie n'est pas dangereuse.

- **Pas de cerveau** ; mais des lianes à vrilles – Bryone, Passiflore, etc. – sont capables d'anticipation. Poussant près d'un support inerte, une jeune liane envoie une vrille dans sa direction ; juste avant que la vrille ne l'atteigne, on déplace le support de 5 cm vers la droite. La liane envoie une deuxième vrille et, juste avant qu'elle ne touche le support, on déplace ce dernier de 5 cm vers la droite. Après avoir répété l'opération 4 ou 5 fois, l'expérimentateur a la surprise de constater que la liane envoie sa prochaine vrille 5 cm à droite du support.

Ce qui précède concerne des sensibilités que les plantes partagent avec les animaux et l'être humain, mais elles ont aussi des sensibilités que nous n'avons pas.

- L'équipe de Ernst Zürcher, à Zurich, montre que les arbres sont sensibles aux attractions lunaire et solaire responsables des marées. Des capteurs fixés autour du tronc permettent de mesurer des variations quotidiennes du diamètre, en phase avec les marées ; même les « vives eaux » et les « mortes eaux » sont mises en évidence.

- Yoshiharu Saito, à Kyoto, montre que les arbres prévoient l'arrivée d'un tremblement de terre. Il équipe un arbre avec une électrode sous l'écorce du tronc et une autre entre les racines ; il les fait converger vers un écran graphique et, quand la situation est calme, il obtient une sinusoïde régulière. Mais lors de l'arrivée d'un séisme, la courbe devient brutalement erratique ; pour Saito, le système racinaire d'un arbre est une vaste antenne qui capte, à des kilomètres à la ronde, tout ce qui se passe sous terre.

Des fonctions décentralisées

Une question se pose : comment font les arbres, et les plantes en général, pour avoir autant de fonctions que l'être humain - et même davantage - avec seulement trois organes ?

Les fonctions végétales ne sont pas centrées dans des organes, elles sont décentralisées et dispersées dans toutes les cellules de la plante. Bien que les localisations restent à préciser, nous avons déjà des preuves du caractère intracellulaire de plusieurs fonctions : la molécule de phytochrome permet de voir la lumière, les mitochondries assurent la respiration, la chlorophylle est à la base de la photosynthèse. Les plantes voient, respirent et photosynthétisent par les surfaces de toutes leurs feuilles et celles-ci se comptent souvent par milliers. Une preuve de décentralisation est la « totipotence » de la cellule végétale.

Plusieurs différences séparent la cellule animale ou humaine de celle d'une plante, et d'abord les dimensions : nos cellules ont 20µ de longueur et les cellules végétales 100µ. Ces dernières, enfermées dans une coque cellulosique, contiennent des chloroplastes et de volumineuses vacuoles.

La cellule animale, comme celle d'une plante, peut être cultivée sur un milieu nutritif et dans les deux cas on obtient une culture de tissu. Mais une culture de tissu animal ne produira jamais l'animal, tandis qu'une culture de tissu végétal génère rapidement la plante d'origine, avec ses trois organes, tiges, racines et feuilles.

Une autre question d'importance : entre une plante et un animal, lequel a la structure la plus robuste et la plus résiliente ?

Les animaux ont une structure centralisée faite de nombreux organes et leur individualité ne peut être mise en doute ; malgré leur mobilité, la présence d'organes vitaux les rend fragiles et faciles à tuer.

Les plantes, notamment les arbres, ont une organisation décentralisée comptant peu d'organes. Ce ne sont pas des individus puisqu'elles sont divisibles et peuvent être multipliées végétativement.

Étant à la fois immobiles et comestibles, elles doivent trouver les moyens de se défendre contre les prédateurs animaux : leur structure décentralisée leur confère une remarquable résilience et en fait des organismes vivants très difficiles à tuer. Couper un arbre à sa base suffit-il à le tuer ? Je ne le pense pas ; en forêt tropicale – en Europe aussi mais c'est moins fréquent – le tronc tombé au sol se couvre d'une ligne de réitérations qui vont rapidement prendre racine. Quant à la souche, soit elle émet des rejets, soit ses racines produisent de nombreux drageons : l'arbre coupé n'est pas mort, en quelques années il est remplacé par plusieurs dizaines de jeunes arbres !

La résilience due à la décentralisation se fait jour jusque dans notre alimentation quotidienne. Manger des asperges sauvages à l'huile d'olive, puis une tarte aux pommes avec un verre de Pic Saint Loup, cela ne tue aucune des plantes concernées qui continueront à nous nourrir pendant des années ; mais manger une entrecôte, un foie de veau ou un filet de hareng, c'est la certitude que les animaux concernés sont morts, car les structures centralisées sont fragiles.

Est-il envisageable que les arbres cessent d'être méprisés ou haïs, que les sociétés humaines réalisent enfin qu'ils sont leurs meilleurs alliés, que leur immobilité et leur silence ne nous empêchent plus de voir en eux des êtres sensibles et intelligents ? L'avenir le dira.