

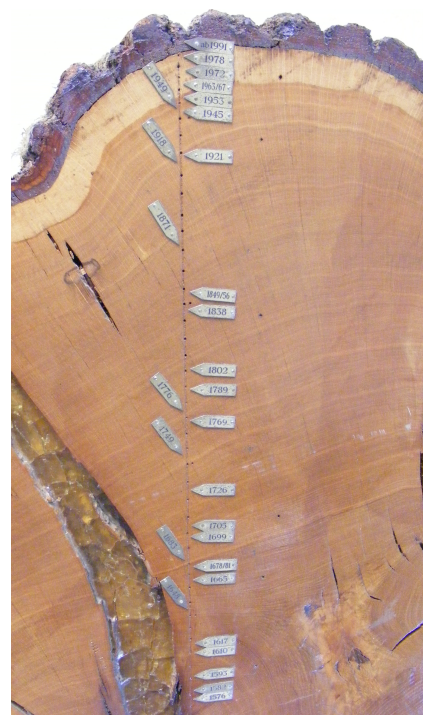
# Que peut-on lire dans les cernes des arbres ?

Qui n'a pas, enfant ou adulte, cherché à déterminer l'âge atteint par un arbre en dénombrant les cernes (ou anneaux concentriques) de croissance observés sur une souche ? Quelles connaissances, cette mémoire enregistrée au fil des décennies et même des siècles, peut-elle nous apporter pour comprendre les évolutions de l'arbre en relation avec son environnement biologique et physique, ou encore à prédire des tendances futures ?

## Vous avez dit dendrochronologie ?

*L'arbre, c'est le temps rendu visible* a écrit Paul Valéry. Cette citation renvoie à une discipline scientifique : la **dendrochronologie** (de *dendron* l'arbre et *chronos* le temps en grec ancien). C'est la science de la lecture des cernes visibles sur la section d'un tronc et de l'analyse de l'évolution de leurs caractéristiques. Le comptage des cernes sur une souche permet généralement sous nos climats de donner un âge à l'arbre (fig. 1). Chaque cerne formé, correspond à de nouvelles couches de cellules qui, chaque année, se développent du printemps à l'automne, ou plus généralement lorsqu'il y a de l'eau dans le sol et que le climat est favorable. Le cerne a un double rôle : participer à la stabilité mécanique de l'arbre grandissant et assurer la circulation de la sève des racines aux feuilles.

**Figure 1. Cernes d'un chêne en forêt de Spessart (Allemagne) entre 1545 et 1991** (Source : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:W%C3%BCrzburg\\_Weingut\\_Juliusspital\\_Spessarteiche\\_Jahresringe\\_von\\_1545\\_bis\\_1991.jpg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:W%C3%BCrzburg_Weingut_Juliusspital_Spessarteiche_Jahresringe_von_1545_bis_1991.jpg?uselang=de))



Dans la plupart des cas, il est aisé de distinguer chaque cerne du précédent. Une observation plus fine montre que les cernes ne sont pas de même largeur. Pour un arbre, il y a des années fastes, avec de larges cernes, et d'autres moins (années de sécheresse par exemple), avec des cernes étroits. Dès le XVI<sup>e</sup> s., Léonard de Vinci avait établi une relation entre la largeur des cernes et les variations climatiques, mais depuis plus d'un siècle, la dendrochronologie a fait de ces observations naturalistes une discipline

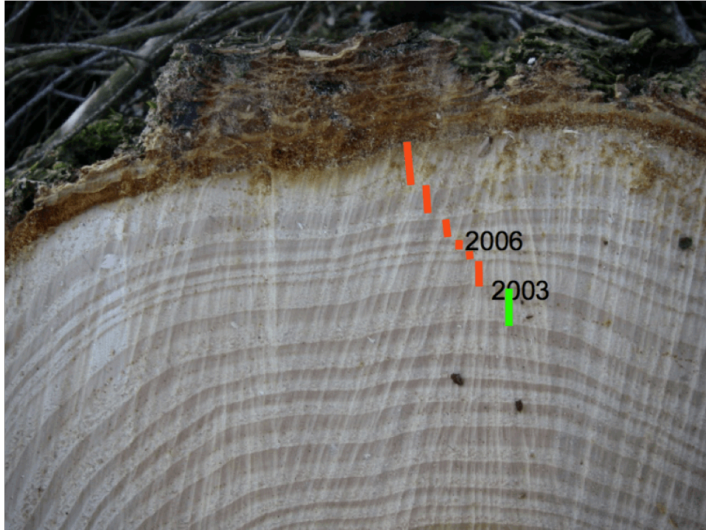


**Figure 2. Extraction d'une carotte**  
<https://www.qwant.com/?q=increment%20borer&t=images&license=share&o=0:2ff0e8c4b7a907cd11b0b195bc0f5ac5>

irremplaçable pour l'étude des arbres et de leur environnement. Les espèces d'arbres ne produisent pas toutes des cernes de croissance annuels visibles. Celles qui poussent en milieu tropical où les variations climatiques saisonnières sont subtiles voire inexistantes – en sont rarement pourvues, leur croissance étant continue. Sous les climats tempérés et boréaux, en revanche, où la saisonnalité marquée impose des alternances de périodes de croissance et d'arrêts de croissance, les arbres accumulent année après année des cernes qui finiront par créer des séquences de plusieurs décennies, voire même de plusieurs siècles. L'examen de ces séquences de cernes ne nécessite pas l'abattage de l'arbre, mais seulement l'extraction d'une fine carotte de bois dans le tronc, à l'aide d'une tarière, sans préjudice pour sa santé (fig.2).

## Mesurer, dater, expliquer...

Une fois les carottes de bois extraites, le travail du dendrochronologue se divise en trois étapes. La première consiste en la mesure précise de la largeur de chaque cerne. La seconde permet d'attribuer avec certitude une date à sa formation. La troisième concerne la recherche des causes des variations de ces largeurs. Certaines variations sont propres à un individu, comme celles liées à la disparition soudaine d'un voisin gênant, lors d'un orage, d'un coup de vent ou d'une coupe forestière, qui engendrera une augmentation de la taille des cernes jusqu'à ce que de nouvelles contraintes apparaissent. D'autres affectent la plupart des arbres d'un peuplement, d'un massif ou d'une région. C'est le cas, par exemple,



d'épisodes de gelée tardive ou de sécheresse dont l'intensité et l'ampleur géographique sont variables et qui entraînent une réduction plus ou moins forte de la croissance annuelle de tous les arbres dans la zone concernée, ou encore une attaque d'insectes ravageurs.

**Figure 3. Exemple de réduction de croissance radiale observée sur une souche de douglas lors d'une succession de sécheresses de 2003 à 2006.** La barre verte montre un cerne large avant cette période climatique difficile. Source : *The Conversation - 2016*

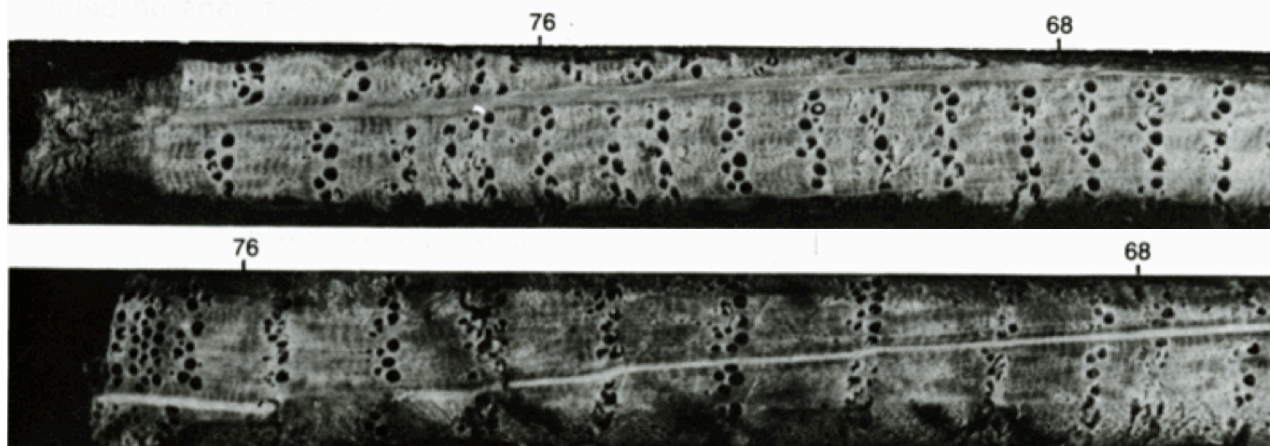
La dendrochronologie peut conduire à de surprenantes découvertes. Ainsi au début des années 1990, une équipe de l'INRA, a pu mettre en évidence une augmentation progressive de la croissance annuelle des arbres forestiers au cours de l'ère industrielle. Paradoxalement, cette découverte a été faite à l'occasion de recherches sur des dépérissements forestiers importants qui alertaient les gestionnaires et défiaient la communauté scientifique. Les variations de la croissance des arbres, mises en regard des données climatiques, ont permis de conclure que les facteurs déclencheurs des dépérissements étaient liés essentiellement à des événements de sécheresse exceptionnels et pas, comme on le suspectait, à la pollution de l'atmosphère. Au contraire, l'augmentation des températures, de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ou des dépôts atmosphériques azotés issus de l'agriculture étaient, à cette époque, plutôt des facteurs stimulant la croissance des arbres.

## Peut-on prédire les tendances futures et s'y préparer ?

Aujourd'hui, la réalité des changements globaux s'est précisée et les projections climatiques vers le futur également. Les **fortes sécheresses** des décennies passées constituaient des événements rares, induisant systématiquement des épisodes de dépérissement forestier. Elles devraient augmenter en fréquence et en intensité dans les décennies à venir avec des risques induits pour la santé et la productivité des forêts. La communauté scientifique est sollicitée par les gestionnaires forestiers qui doivent sans attendre anticiper la capacité des arbres à s'adapter (ou pas) à de nouvelles conditions environnementales et à choisir des options sylvicoles conduisant à une meilleure résilience. L'étude des impacts des changements climatiques sur le fonctionnement des arbres n'est cependant pas aisée car le recours à l'expérimentation reste très limité. D'une part, les arbres forestiers sont des organismes de très grande taille, difficiles à placer dans des conditions expérimentales contrôlées. D'autre part, l'évaluation de ces effets est à inscrire dans un temps long, car les impacts d'une perturbation, qu'elle soit due au climat ou à des insectes, peuvent avoir des retentissements très longtemps après l'aléa.

Extraire des carottes des arbres permet d'accéder rétrospectivement à toute l'histoire de leur vie.

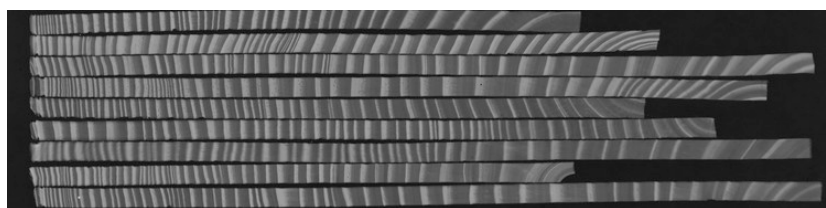
S'offrent ainsi, en un temps record et à moindre coût, autant d'expérimentations « naturelles » permettant l'étude de la chronologie de croissance de nombreux individus, sur de très longues périodes. Cette approche nécessite cependant de composer avec d'autres difficultés. La principale est qu'en conditions naturelles, de très nombreux facteurs (sol, climat, peuplement forestier, âge des arbres, dépôts azotés, concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique, etc.) agissent conjointement sur les arbres, rendant les interprétations complexes. De nombreuses questions sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers sont aujourd'hui abordées par la dendrochronologie. La résilience des arbres, c'est-à-dire leur capacité à retrouver un fonctionnement normal après une période de fortes perturbations, est par exemple évaluée en ciblant dans la chronologie des cernes, les périodes de crise, et en étudiant l'évolution de la croissance des années qui suivent. Ainsi, l'étude du passé peut contribuer à éclairer l'avenir.



**Figure 4. Carottes de bois de chênes pédonculés issus de la forêt de Tronçais dans l'Allier : en haut chêne résilient à la sécheresse de 1976, en bas chêne dépérissant à la suite de cette sécheresse.** Ces études permettent d'identifier quelles sont les caractéristiques des arbres capables de surmonter un événement stressant, comme les sécheresses estivales de 1976 ou 2003, et quelles sont les conditions de sol ou de sylviculture qui peuvent affecter la réponse des arbres. (Source : *The Conversation* - 2016)

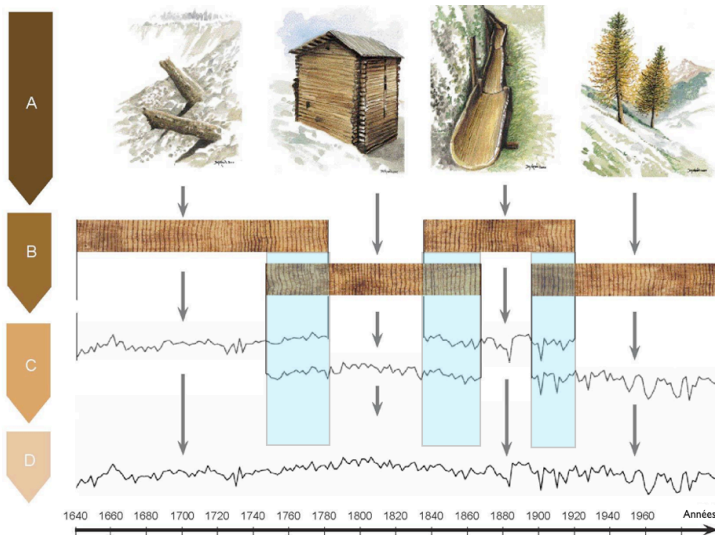
### Les cernes, mémoire précieuse pour répondre à de nouvelles questions

Les cernes recèlent, en réalité, bien d'autres informations que la seule croissance des arbres. Leur radiographie aux rayons X, pratiquée depuis 50 ans, révèle des variations de densité du bois qui permettent une meilleure reconstitution des contraintes climatiques et des quantités de carbone fixées dans le bois par la croissance, données nécessaires pour mieux estimer le rôle des écosystèmes forestiers dans le cycle du carbone (fig.5).



**Figure 5. Radiographie de carottes de pin** (Source : *The Conversation* - 2016 )

L'analyse de la composition chimique des cernes peut également apporter de manière rétrospective des informations très pointues sur le fonctionnement physiologique des arbres. L'étude de la composition en isotopes stables du carbone du bois peut être, par exemple, reliée au fonctionnement foliaire des arbres. L'analyse isotopique des cernes a ainsi montré que, chez un grand nombre d'espèces, les arbres étaient devenus, au cours du siècle passé, plus efficaces dans l'utilisation de l'eau : pour une même quantité d'eau consommée, leur assimilation de carbone est aujourd'hui supérieure à ce qu'elle était au début de l'ère industrielle. Leur fonctionnement a été modifié vers une meilleure performance par unité de quantité d'eau utilisée. Cette découverte, comme beaucoup d'autres, aurait été quasiment impossible sans le recours à l'approche dendrochronologique pour dater, quantifier et comparer les changements de fonctionnement des arbres à court, moyen et long terme.



**Figure 6. La dendrochronologie : une machine à remonter le temps grâce à l'interdatation** (A) Recherche d'arbres vivants, de souches, ou de bois dans des lacs, des moraines glaciaires, des équipements (conduits d'eau), des bâtiments anciens. (B) Extraction de carottes de bois. (C) Mesure de largeurs de cerne et datation. (D) Établissement de la chronologie. En bleu : périodes de recouvrement de séquences fournies par des échantillons de plus en plus anciens. Source : <https://www.ethz.ch/content/specialinterest/usys/sites/forest-ecology/en/jahring-labor/kreuzdatierung.html>

**Figure 7. La barge gallo-romaine d'Arles**  
Extrait du Rhône après 2000 ans d'immersion, cette barge de 31 m de long, était surtout faite de bois de chêne (un peu de sapin, épicéa, pin, et frêne pour le mât). L'analyse dendrochronologique a montré que les arbres ont été abattus entre 47 et 49 de notre ère, laissant supposer la construction de la barge vers 50.  
Source : Musée de l'Arles antique

### La dendrochronologie : un voyage dans le temps et dans l'espace où les arbres ont la parole

La dendrochronologie, est en quelque sorte une **machine à remonter le temps** (fig.6). Pour chaque essence et par région, on peut établir des chronologies qui permettent de remonter sur plusieurs siècles (fig.6) et même plusieurs millénaires (jusqu'à 8 000 ans pour *P. aristata* en Californie). Ces chronologies sont la source d'application très riches et très variées en :

- **archéologie** : on peut ainsi déterminer la période durant laquelle un arbre a vécu et préciser la date à laquelle il a été récolté, ou encore dater un bois immergé ou toute pièce bois (structure, oeuvre d'art...), contribuant ainsi à mieux connaître l'**histoire** de l'homme et de notre terre (fig.7).
- **climatologie** : comme indiqué plus haut, les caractéristiques des cerne dépendent étroitement du climat (température, pluviosité). Les chronologies établies permettent alors la reconstruction des climats sur de très longues périodes de temps.
- **écologie** : i) dynamique et pullulation des insectes défoliateurs ou xylophages ; ii) occurrence des feux de forêts et de leur fréquence à des périodes récentes et anciennes ; iii) effets de la pollution atmosphérique
- **géosciences** : i) datation de processus de surface impactant le paysage (glissements de terrain ou érosion), qui peuvent affecter la croissance des arbres ; ii) connaissance du régime hydrologique des rivières, du ruissellement de surface, du niveau des lacs (datation des inondations) ; iii) dynamique actuelle et passée des glaciers (arbres présents sur des moraines).

**Pour en savoir plus**  
S. Ponton, N. Bréda, V. Badeau (2016) La dendrochronologie, l'art de lire dans les cerne des arbres - *The Conversation*

### Ce qu'il faut retenir

- En climat tempéré, la croissance rythmique des arbres se traduit sur leur section par des anneaux annuels (cerne) visibles
- Ils peuvent être dénombrés, datés, mesurés et leurs caractères physico-chimiques précisés, c'est l'objet de la dendrochronologie
- Les caractéristiques de ces cerne dépendent de l'environnement biologique et physique des arbres, en particulier le climat
- L'étude des cerne permet d'approcher les mécanismes responsables des variations de croissance observés et d'en tirer des informations pour la gestion forestière
- La dendrochronologie a de nombreuses applications en archéologie, climatologie, écologie et géosciences