Une évolution singulière, de la terre vers l'eau : la dendrochronologie

Frédéric Guibal

Résumé
Née dans les régions semi-arides du S.O. des États-Unis des travaux d'un astronome, A. E. Douglass, qui cherchait une relation entre les cycles solaires et le climat terrestre, la dendrochronologie s'est rapidement affirmée comme une robuste méthode de datation du bois. Après un transfert de son application des zones semi-arides aux zones tempérées, elle s'est ouvert un champ d'application immense en passant de l'étude des bois secs et carbonisés des milieux terrestres aux bois gorgés d'eau des zones humides, des milieux subaquatiques et maritimes.

Mots-clés
Bois, Datation, Dendrochronologie, Épave

A special development, from land to water: dendrochronology

Abstract
Dendrochronology was born out of the work of an astronomer, A.E. Douglass, in the semi-arid regions of the south-east of the United States as he searched for a connection between solar cycles and the Earth's climate. It has swiftly become a reliable method for dating wood. After shifting its application from semi-arid to temperate zones, dendrochronology has opened up to an immense field of applications ranging from the study of dry and carbonised wood of terrestrial environments to waterlogged wood of wet zones and underwater environments.

Keywords
Wood, Dating, Dendrochronology, Shipwreck

Le rugby de haut niveau était encore un sport amateur lorsque je fis la connaissance de Patrice Pomey. À l'ombre du mythique stade Mayol, les pelleteuses venaient de mettre au jour un quartier d'habitation, une zone portuaire et plusieurs épaves antiques, parmi lesquelles deux bateaux de type *horeia*, *Toulon 1* et *Toulon 2*. En quelques minutes, la clarté des commentaires de Patrice me fit découvrir un monde qui m'était totalement inconnu et qui allait s'avérer fondamental dans la suite de ma vie professionnelle : l'archéologie navale.

L'année suivante, 1988, me vit entrer au CNRS et rejoindre le laboratoire de Chrono-Écologie de Besançon. Sur les précieux conseils d'André Tchernia, je me rapprochai de Patrice, alors

Directeur de la DRASM, qui m'ouvrit aussitôt les réserves ligneuses du Fort Saint-Jean. Et vint cet après-midi de juin 1989 où Patrice présentait avec méthode et bienveillance à un jeune chercheur intimidé le microcosme de l'archéologie sous-marine méditerranéenne. Une collaboration naissait, vite suivie, quelques jours plus tard, d'un baptême sous-marin dans la calanque de l'Ane. Soucieux de me voir rapidement évoluer sous l'eau, Patrice me donnait les moyens d'acquérir la technique nécessaire pour travailler dans des conditions hyperbares. Guère après, il me proposait de nous associer pour mettre en place le programme « *Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée* » qui, avec l'appui de l'*Archéonaute*, allait nous amener à rouvrir et étudier près d'une trentaine d'épaves. Que d'heures passées dans l'un des deux carrés ou sur le pont arrière de ce navire à discuter vestiges, architecture navale, essences forestières, qualités des bois, … et organisation des plongées. Quelle fut ma chance de travailler avec lui et bénéficier de son savoir et de son expérience ! Il m'est ici vraiment agréable de saisir cet hommage à Patrice pour lui témoigner toute ma reconnaissance et pour lui dédier ces quelques pages sur l'évolution d'une discipline née dans les paysages des westerns et aujourd'hui de plus en plus pratiquée dans le monde du silence. Plusieurs textes en langue anglaise permettent au lecteur curieux d'en savoir plus sur l'historique de la dendrochronologie mais un texte français manquait.

Ces pages n'auraient pas été possibles sans l'invitation des initiateurs de ce volume : qu'ils en soient chaleureusement remerciés.

NAISSANCE ET PREMIERS PAS DE LA DENDROCHRONOGIE

Jeune diplômé en astronomie, mathématiques et physique, Andrew Ellicott Douglass alors rattaché à Harvard, fut, en 1894, chargé par l'astronome Percival Lowell d'installer un observatoire astronomique en Arizona afin d'y observer Mars. À Flagstaff, dans le nord de l'État, Douglass jugea les conditions propices pour l'installation d'une telle infrastructure. Là, il travailla pendant sept ans sous la direction de Lowell à examiner la surface de la planète rouge. Mais les tensions entre les deux hommes, nées de la conviction de Lowell à interpréter des détails géomorphologiques de Mars comme des canaux construits par une civilisation, aboutirent à la démission de Douglass en 1901. Douglass demeura néanmoins à Flagstaff jusqu'en 1906, année où il fut recruté à l'Université d'Arizona, à Tucson, pour y enseigner l'astronomie et la physique.

Tandis que son supérieur hiérarchique était obsédé par la découverte d'une civilisation martienne, Douglass s'intéressait aux variations de l'activité solaire et à leur influence potentielle sur le climat terrestre. Les cycles solaires étaient déjà connus et l'hypothèse d'une influence sur des cycles de sécheresse en région aride était relativement ancienne. La preuve d'une relation entre l'activité solaire manifestée par des cycles de onze ans (dits « de Schwabe ») et par des variations séculaires (dites « de Gleiβberg »),

et le climat terrestre restait à démontrer. Si les taches solaires, indice le plus visible de cette activité, étaient comptées depuis le début du XVII^e siècle (vers 1610) grâce à la diffusion de la lunette astronomique, les séries de données météorologiques disponibles pour les travaux de Douglass étaient beaucoup plus courtes. Pour surmonter ce problème, Douglass décida d'étoffer le corpus de données à l'aide des indicateurs climatiques indirects, communément appelés aujourd'hui « *proxies* », procurés par les cernes des arbres.

Comme le souligne Baillie dans les pages réservées à l'historique de la dendrochronologie de son ouvrage « *Tree ring dating and Archaeology* » (1982, p. 27), rien n'est nouveau sous le soleil, et les avancées scientifiques surviennent dans la voie tracée par des idées formulées auparavant, dans la foulée de travaux précédents, et aussi d'erreurs antérieures. La première référence à la formation des cernes annuels apparaît dans un texte de Théophraste (Studhalter 1956). Léonard de Vinci avait constaté le caractère annuel des cernes et déduit une relation entre l'épaisseur des cernes et l'humidité disponible. Duhamel du Monceau et Buffon avaient entrevu l'interdatation : en 1737, Buffon réalisait que tous les arbres coupés cette année-là présentaient, 29 cernes avant l'écorce, un traumatisme anatomique semblable à ce qui fut appelé, bien plus tard, un cerne de gelée (Kaennel, Schweingruber 1995). D'autres naturalistes confirmèrent cette observation, et il fut établi que cette anomalie constituait un bon marqueur du cerne formé lors de l'année 1709 (Studhalter 1956). L'interdatation établie sur les variations relatives des épaisseurs des cernes fut l'œuvre de Twinning en 1827 puis de Babbage, visionnaire de l'informatique moderne, en 1838 (Fritts 1976). Tous ces scientifiques demeurent cependant des précurseurs car c'est à Douglass, reconnu comme le père indiscuté de la dendrochronologie (Schweingruber 1988), que revient le mérite de définir le rôle clé de l'interdatation pour attribuer à chaque cerne l'année exacte de sa formation, considérer le cerne comme un enregistreur des conditions environnementales auxquelles l'arbre est exposé, et établir les principes de la dendrochronologie.

Douglass bénéficia de la longévité élevée des pins jaunes (*Pinus ponderosa*) qui se développent dans les environs de Flagstaff pour acquérir des séries de plus de 500 cernes, sur lesquelles il repéra une séquence de cernes particulièrement minces au cours de la période 1879-1884. Non seulement cette séquence figurait sur tous les arbres échantillonnés mais aussi sur des souches environnantes, ce qui permit à Douglass de dater l'abattage des pins, à la grande surprise du propriétaire de la parcelle (Fritts 1976). Guère après, dans les alentours de Prescott, situé 81 km plus au sud et à une altitude plus basse, Douglass identifia la même séquence de cernes minces. Douglass en conclut que l'interdatation permettait d'attribuer à chaque cerne son millésime de formation (à condition de connaître l'année du dernier cerne formé) et que les cernes contenaient un enregistrement climatique à l'échelle régionale. En 1919, après avoir analysé des centaines de pins jaunes, Douglass avait réussi à bâtir une chronologie composite couvrant la période 1382-1910 et démontra rapidement que l'épaisseur des cernes était positivement reliée aux précipitations de l'hiver précédant la formation du cerne. Entre-temps, Douglass avait commencé à s'intéresser aux cernes des séquoias géants (*Sequoia gigantea*) de Californie dont certains, âgés de près de 3 000 ans, lui permirent d'établir en 1919 une chronologie longue de 3 221 années (McGraw 2003 ; Baillie 1982, p. 30).

En 1914, à la suite d'une communication donnée à la Carnegie Institution de Washington, Douglass fut sollicité par l'anthropologue C. Wissler pour dater des vestiges de poutres provenant de ruines de villages préhistoriques du nord-ouest du Nouveau-Mexique dont l'âge n'avait pas encore été établi (Nash 1999, p. 23). La comparaison des séries de cernes de deux ensembles de prélèvements représentatifs des villages d'Aztec et Pueblo Bonito mit en évidence que la construction de ce dernier village était antérieure à celle d'Aztec (Douglass 1921, p. 28). Les tentatives de Douglass de synchroniser ces deux chronologies à celles représentatives des pins jaunes de l'Arizona et des séquoias californiens échouèrent. Les chronologies demeurèrent donc flottantes au sens dendrochronologique du terme (Kaennel, Schweingruber 1995) mais, selon l'expression de Robinson (1976), le mariage de la dendrochronologie et de l'archéologie était consommé. L'extension de la chronologie absolue de pins jaunes jusqu'en 1237 entraîna une datation de la chronologie archéologique, elle-même longue de près de 600 ans, car bâtie par synchronisation de données issues de près de 40 restes d'habitations échantillonnées à l'occasion de campagnes de terrain financées par la *National Geographic Society,* appelées *Beam Expeditions*. Les sites Mesa Verde (Colorado) et Tsegi Canyon (Arizona) étaient datés des années 1200, Aztec avait été construit entre 1111 et 1120, et Pueblo Bonito vers le milieu de la deuxième moitié du XI^e s. (Douglass 1929).

L'institutionnalisation de la méthode survint peu après ces premières datations, avec la parution du premier numéro de la revue *Tree-Ring Bulletin* (devenue, depuis, *Tree-Ring Research*) et le premier colloque sur l'analyse des cernes à Flagstaff en 1934, la création de la *Tree-Ring Society* en 1935 et la fondation du *Laboratory of Tree-Ring Research* par Douglass à l'Université d'Arizona à Tucson en 1937 (Delley 2015, p. 45).

L'ANCIEN MONDE

En 1912 et 1913, Douglass avait, à l'occasion d'une année sabbatique, échantillonné des pins en Angleterre, Allemagne et Scandinavie qu'il exploita dans ses recherches sur les relations entre l'activité solaire et le climat terrestre. Mais ce furent des forestiers, biologistes et météorologues qui menèrent les premiers travaux en dendrochronologie en Europe (Baillie 1982, p. 37). Dans les années 30, l'Allemand Huber décida d'appliquer les méthodes mises en œuvre par Douglass pour résoudre les problèmes de datation médiévale en Europe. Mais, en raison de la faible variabilité interannuelle de l'épaisseur des cernes causée par les climats tempérés humides, l'approche développée par Douglass dans les régions semi-arides du sud-ouest des États-Unis s'avéra inappropriée. Huber comprit que les analyses ne pouvaient reposer sur les seuls cernes minces. Tous les cernes devaient être pris en compte et mesurés, et un coefficient de non-coïncidence (*Gegenläufigkeitsprozent*) fut développé (Huber 1952) pour étayer l'interdatation visuelle : une approche plus quantitative voyait le jour.

Douglass avait tiré profit de la grande longévité des essences qui abondent dans le sud-ouest des États-Unis pour progresser à grands pas dans la construction des chronologies de référence tandis qu'Huber opérait dans des régions où l'empreinte humaine avait, depuis de nombreux siècles, fortement impacté les forêts qui n'offraient que peu d'arbres multicentenaires, même si la

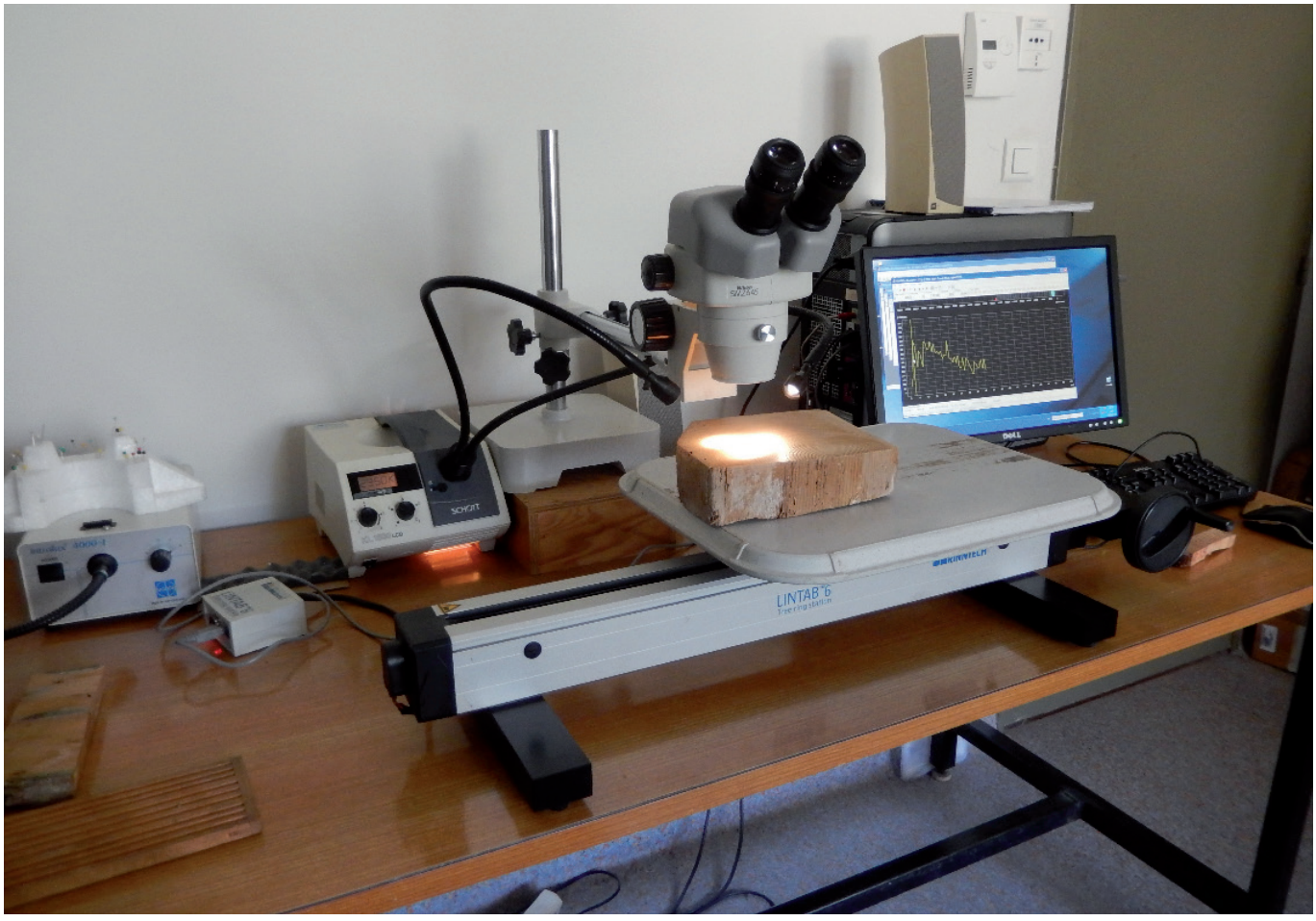


Fig. 1 : *Appareil de mesure semi-automatique de l'épaisseur des cernes de l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie à Aix-en-Provence (cliché F. Guibal).*

forêt de Spessart au sud-est de Francfort lui offrit des chênes âgés de 400 à 500 ans. En revanche, alors qu'au fil des sites analysés, Douglass pénétrait dans l'inconnu chronologique[1], Huber pouvait sélectionner ses objets d'étude et s'appuyer sur des sites bien datés afin d'acquérir des séries de cernes chronologiquement bien définies. En 1963, Huber et ses collaborateurs de l'Institut de Botanique forestière de Munich avaient construit une chronologie du chêne longue de 1 000 ans (Baillie 1982, p. 39). Les travaux menés à Munich (B. Huber), Trèves (E. Hollstein) et Hambourg (W. Liese) dégagèrent des corrélations spatiales élevées dans le sud de l'Allemagne (vallée du Danube, Hesse, Franconie), beaucoup plus faible dans la grande plaine du Nord, soumise à des influences nettement plus maritimes. Ce résultat eut pour effet de réfuter le principe de téléconnexion émis par E. Hult qui, dans la foulée des travaux de son mari, H. de Geer, sur les varves annuelles[2], estimait que l'épaisseur des cernes dépendait de facteurs cosmiques, et que les cernes – comme les varves – pouvaient être synchronisés à l'échelle de la planète (Liese 1978, p. 4). C'est ce principe qui avait auparavant amené Hult à tenter de dater des bois suédois à l'aide des courbes obtenues par Douglass sur des séquoias californiens.

1. La datation des matériaux organiques par le radiocarbone n'existait pas encore. Elle ne fut mise au point par W.F. Libby (Université de Chicago) que dans les années 50.

2. Une varve est une strate sédimentaire qui s'est déposée en une année, au fond d'un lac. La stratification est due à des variations saisonnières du climat.

Parmi les objets analysés par les auteurs allemands figuraient des arbres, des charpentes, des œuvres d'art et des vestiges archéologiques. Les bois issus de la recherche lacustre allemande de l'entre-deux-guerres ne tardèrent pas à alimenter les recherches des préhistoriens. C'est dans un article de Schwantes (1939) que figure la première mention de l'emploi de la dendrochronologie en contexte préhistorique allemand, dans lequel il reprend les idées développées par Hult au sujet de la téléconnexion et participe à l'introduction de la dendrochronologie dans le champ des recherches préhistoriques menées en milieu humide (Delley 2015, p. 57). Bien que ne livrant que des chronologies relatives, la précision procurée par la dendrochronologie apportait une dimension nouvelle aux travaux des préhistoriens pour lesquels la stratigraphie et la typologie demeuraient muettes. Par ailleurs, la question de la relation temporelle entre les différentes constructions constituait aussi un élément nouveau dans l'histoire des méthodes de la préhistoire. Avec la dendrochronologie, cette relation pouvait être matérialisée et quantifiée avec une précision annuelle (Delley 2015, p. 57). Huber et son collaborateur Holdheide ne tardèrent pas, à l'Institut de recherches forestières de Tharandt, à analyser des bois d'une palissade et de maisons mises au jour au Dümmersee, puis à multiplier les travaux en sites humides parmi lesquels la synchronisation des pins du site de la Wasserburg Buchau et de chênes d'Unteruhldingen. Ces travaux confirmèrent la contemporanéité de deux cultures archéologiques du Bronze final, démontrèrent l'applicabilité de la dendrochronologie en contexte

préhistorique européen et concrétisèrent l'hétéroconnexion[3], un principe qui dépassait toutes les espérances des deux chercheurs allemands (Delley 2015, p. 62).

Dans le cadre des travaux dont l'objectif était de renouveler l'interprétation des habitats lacustres, les premières demandes de datation adressées par des préhistoriens suisses survinrent en 1952 lorsque Vogt et Speck prirent contact avec Huber pour traiter les bois des sites palafittiques d'Egolzwil 3 et de Zoug-Sumpf (Delley 2015, p. 85). Faute de référentiels disponibles pour dater les bois de façon absolue, les chronologies préhistoriques demeurèrent flottantes dans le temps. Pour l'heure, la dendrochronologie servait à définir la durée des occupations humaines enregistrées dans les villages lacustres, par l'établissement des différentes phases d'abattage des arbres employés pour leur construction, et à établir une contemporanéité insoupçonnée entre des habitats géographiquement éloignés (Huber, Giertz 1970).

Si une chronologie continue couvrant plus d'un millénaire avait pu être établie en quelques années pour le chêne en Allemagne (Bannister, Robinson 1975, p. 212), l'établissement d'une telle courbe pour les périodes préhistoriques s'avéra plus complexe. Les premiers étalonnages de courbes dendrochronologiques dans le temps absolu eurent lieu dès le milieu des années 60, mais ce n'est qu'à la fin des années 70 et dans la première moitié des années 80 que ces étalonnages purent être vérifiés et établis à l'année près (Delley 2015, p. 89). Deux moyens étaient employés pour caler les courbes dendrochronologiques sur l'échelle du temps calendaire : les référentiels historiques et la datation par le ^{14}C. Des collaborations étroites se mirent en place entre l'Institut de Botanique forestière de Munich et l'Université d'Heidelberg où fut fondé en 1954 le premier laboratoire allemand de radiocarbone. Jusqu'alors, les synchronisations de séries temporelles d'épaisseurs de cernes consistaient, par la comparaison visuelle des courbes sur une table lumineuse et à l'aide du calcul du coefficient de corrélation, à tester toutes les combinaisons d'assemblage possibles. Le radiocarbone soulageait ce long travail de comparaison en calant plus rapidement les séquences temporelles à tester. Selon Huber, l'usage complémentaire des deux méthodes prenait tout son sens car leurs échelles différentes leur permettaient de se compléter (Huber, von Jazewitsch 1958, p. 469).

Les référentiels dendrochronologiques permettant de remonter jusqu'à la période romaine furent mis au point en Allemagne au début des années quatre-vingt et ont, pour cela, tiré profit de l'arrivée, dans les années soixante-dix, des appareils de mesure semi-automatiques (fig. 1). Le premier référentiel fut construit en 1980 par Hollstein à l'issue de travaux menés dans le sud-ouest de l'ancienne Allemagne de l'ouest et dans les pays limitrophes. Le deuxième a été assemblé par B. Becker en 1981 et concerne plus particulièrement l'Allemagne du sud. Les données élaborées dans les différents laboratoires allemands furent centralisées au laboratoire de Stuttgart-Hohenheim où Becker, élève de Huber, a travaillé à synchroniser les différents référentiels régionaux tout en alimentant le laboratoire de radiocarbone californien de La Jolla en échantillons d'âge connu afin d'établir la courbe de calibration du radiocarbone (Suess, Becker 1979). Dès le début des années 1970, furent intégrées aux référentiels allemands des données issues de vieux troncs de chêne subfossiles trouvés hors contexte archéologique, conservés dans les sédiments des terrasses du Danube, du Rhin et du Main. Ces bois contribuèrent à compléter et à allonger la chronologie de référence du chêne jusqu'au début du Néolithique (Delley 2015, p. 198). De multiples fouilles archéologiques menées sur des sites préhistoriques humides bénéficièrent de la chronologie du chêne développée par Becker à Stuttgart pour dater les milliers de pieux préhistoriques qui y furent mis au jour. Ce fut le cas des opérations menées dans le lac de Zurich à partir de 1966 et dans la baie d'Auvernier au bord du lac de Neuchâtel, dans les villages palustres de Haute-Souabe et dans le lac de Constance. Toutes ces opérations rendirent très vite nécessaire l'installation d'un laboratoire de dendrochronologie à Zurich, Neuchâtel et Hemmenhoffen (Egger 1983). À leur tour, les chronologies acquises sur ces différents sites lacustres suisses et allemands, représentatives du Néolithique et de l'Âge du Bronze, aidèrent à dater d'autres sites. Et, pendant longtemps, seuls ces référentiels furent disponibles pour dater des structures protohistoriques et antiques mises au jour en France, Belgique, Suisse et aux Pays-Bas.



Fig. 2 : *Section transversale d'un bois sec (sapin) traitée par ponçage provenant d'un plafond de la Maison du Jeu de Paume à Marseille (cliché F. Guibal).*

Le lecteur constatera donc qu'après une phase initiale au cours de laquelle les études dendrochronologiques portaient sur des bois secs, traités par ponçage de sections transversales (fig. 2) ou de carottes, et sur des cassures fraîches obtenues sur des bois carbonisés[4], les travaux se multiplièrent, peu à peu, sur des bois humides voire gorgés d'eau. Sur un plan technique, il n'était plus question de sécher et poncer les échantillons mais il fallait impérativement les traiter en l'état (fig. 3) car un bois qui a longtemps séjourné en conditions humides a subi des transformations : la cellulose et les hémicelluloses ont été hydrolysées et l'eau maintient la cohérence du tissu cellulaire. Éliminer l'eau de manière soudaine, en laissant sécher le bois à l'air sans contrôle ou traitement de conservation entraînerait l'effondrement irréversible de la structure tridimensionnelle et la perte irréversible de l'échantillon. Une singularité du bois étant que, quel que soit son état physique (frais, sec, carbonisé, gorgé d'eau, minéralisé) il conserve les caractères les plus intimes de son anatomie, il peut donc faire l'objet d'une identification anatomique et l'épaisseur des cernes qui le composent peut être mesurée. Car, même si des déformations sont survenues à la suite du séchage ou du retrait, les variations relatives d'épaisseur d'un cerne à l'autre, sur lesquelles repose la dendrochronologie, demeurent inchangées, ce qui autorise la mise en œuvre de la méthode.

En France, la dendrochronologie démarra dans les années 60 avec les travaux menés par Françoise Serre, Lucie Leboutet, Yvonne Trenard et Jeanne Florence-Schueller dans quatre

3. L'hétéroconnexion est une synchronisation dendrochronologique entre deux essences différentes (Kaennel, Schweingruber 1995).

4. Douglass avait analysé de nombreuses poutres carbonisées parmi les ruines qu'il avait étudiées.



Fig. 3 : *Section transversale d'un bois gorgé d'eau (sapin) rafraîchie à la lame de rasoir provenant de l'épave romaine Arles-Rhône 3 (cliché F. Guibal).*

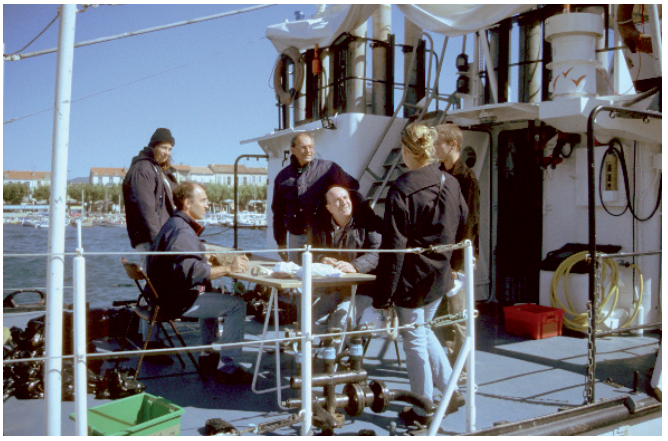


Fig. 4 : *Étude des prélèvements sur le pont de L'Archéonaute dans le port de Saint-Raphaël (Var) durant la campagne 1998 du programme « Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée ». On reconnaît Patrice Pomey et Frédéric Guibal entourés, de gauche à droite, de Stéphanie Wicha, Michel Rival, Charles Dagneau et Julie Castay (cliché Jo Vicente/Drassm).*

institutions différentes : le Laboratoire de Botanique historique et Palynologie (CNRS-Université d'Aix-Marseille), le Centre de Recherches Archéologiques Médiévales (CNRS-Université de Caen), le Centre Technique du Bois (Paris) et le Laboratoire de Botanique et de Biologie végétale (Université Scientifique et Médicale de Grenoble). Parmi ces chercheuses, Leboutet, Trenard et Florence-Schueller entreprirent les premières tentatives de datation dendrochronologique. Leboutet travaillait sur du bâti médiéval normand et sur l'habitat médiéval immergé de Colletière (Leboutet *et al.* 1983) dans le lac de Paladru (Isère) où Florence-Schueller s'intéressait aux bois chalcolithiques de la station littorale immergée des Baigneurs ; Trenard analysait les bois du bâti médiéval et moderne dans le Bassin parisien. Dans la foulée des chercheurs qui avaient démontré que les références établies dans les régions voisines permettaient des datations occasionnelles de charpentes, toutes utilisèrent les chronologies de référence allemandes et suisses pour dater, mais la nécessité de dater des pièces de bois de plus en plus nombreuses et diverses, par leur origine et par les périodes concernées, rendit vite indispensable de développer des référentiels français régionaux et précis. La première chronologie de référence représentative du chêne en France publiée fut établie à partir de forêts franciliennes localisées au nord de l'agglomération parisienne (Trenard, Duchateau 1985).

En 1981, dans le cadre d'un programme de recherche initié par le CNRS et le ministère de la Culture sur la préhistoire des lacs jurassiens et circum-alpins, la dendrochronologie s'implantait à Besançon au sein de l'Université de Franche-Comté. Issu des écoles suisses et allemandes et intimement lié à la multiplication des opérations archéologiques menées sur les stations lacustres du Jura français qui accompagnaient les grands travaux d'aménagement, le Laboratoire de Chrono-écologie de Besançon s'est employé à doter les régions Franche-Comté et Bourgogne de références permettant de dater les sites de cette zone géographique et de servir de relais pour la construction de référentiels propres aux secteurs du centre et atlantiques (Lambert *et al.* 1992, p. 111). Deux ensembles de gisements de bois gorgés d'eau contribuèrent très largement à l'avancée des référentiels développés par Lambert et Lavier : les fouilles de P. Pétrequin sur les lacs de Clairvaux et Chalain (Jura), et les explorations subaquatiques de L. Bonnamour à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).

LE DOMAINE MÉDITERRANÉEN

Les études menées jusque-là se heurtèrent aux obstacles classiques qu'entraînent les exigences méthodologiques de la dendrochronologie : contraintes pour la plupart numériques et taxonomiques. De fait, des séries de cernes trop courtes (< 60 cernes) se révèlent difficilement synchronisables car la probabilité de leur reproductibilité dans le temps s'en trouve accrue. Un échantillon de taille trop réduite, non représentatif, entraîne une variance interindividuelle élevée au détriment de la variance commune à tous les échantillons (variabilité climatique interannuelle) et réduit la probabilité de datation, même si des pirogues monoxyles ont pu être datées par la dendrochronologie (Gassmann *et al.* 1996). Par ailleurs, certaines essences s'avèrent inutilisables car l'épaisseur de leurs cernes n'est limitée par aucun facteur extérieur : si les conditions extérieures satisfont toutes les exigences écologiques de l'arbre, les cernes produisent des séries d'épaisseur constante inaptes à fournir des informations interannuelles (Munaut 1979, p. 65). De telles conditions s'observent sur des essences qui abondent sur des sols profonds, bien alimentés en eau (saules, peupliers, aulnes). Incapables de livrer des renseignements chronologiques, ces essences sont cependant en mesure de renseigner les paléoenvironnements des sites archéologiques (Billamboz 2010) et de décrire les phases d'exploitation forestière. Leur exploitation aide à définir des périodes de stabilité ou de récession des terroirs agricoles (bois blancs, arbres jeunes, rejets de souche) et des périodes d'expansion spatiale des terroirs. Néanmoins, l'immense majorité des études traitait de bois d'origine locale : par exemple, les sociétés qui se sédentarisèrent au bord des lacs circum-alpins, les charpentiers rhénans, flamands ou bourguignons employèrent des bois d'origine locale, le chêne étant, de loin, l'essence la plus employée et la plus rencontrée sur les sites d'étude. Rares étaient les études qui mirent en évidence un transport du bois sur de longues distances, semblable à l'importation de bois de chêne des rives est de la mer Baltique vers l'Angleterre et les Pays-Bas au XV^e^ siècle (Baillie 1995).

Les analyses dendrochronologiques menées plus au sud, en domaine méditerranéen, connurent un déroulement



Fig. 5 : *Cheville de blocage des ligatures des radeaux par lesquels les billes employées à la confection des solives du plafond peint de la Maison du Patrimoine (Lagrasse, Aude) ont été acheminées (cliché F. Guibal).*

sensiblement différent. À leur début, aucune chronologie régionale ayant fonction de référence sur les derniers siècles n'étant disponible, les premières tentatives de datation recoururent aux référentiels développés dans d'autres régions qui, bien évidemment, ne furent d'aucune utilité car non représentatifs des régions dans lesquelles les arbres s'étaient développés. La construction de référentiels locaux, propres à la région méditerranéenne, fut donc amorcée.

Un travail fondamental fut entrepris dès 1991 dans le cadre du programme « Dendrochronologie et dendromorphologie des épaves antiques de Méditerranée » que nous avons initié avec Patrice Pomey, visant à acquérir des données sur un ensemble d'une trentaine épaves localisées sur les côtes méditerranéennes françaises et sélectionnées selon des critères géographiques, archéologiques et chronologiques (Guibal, Pomey 2003 ; 2004) (fig. 4).

Utiliser des chronologies de cernes obtenues sur des épaves sous-marines eut sans doute choqué Baillie (1995, p. 46), qui doutait qu'une datation puisse être correcte si l'on ignore la provenance des bois. Certes, la mobilité des navires de commerce et donc l'ignorance du lieu de construction, ne manquaient pas d'entraîner une incertitude liée à la méconnaissance du lieu de provenance des bois utilisés par les charpentiers de marine. Toutefois, la richesse du patrimoine archéologique constituée par les nombreuses épaves antiques localisées sur le littoral méditerranéen français constituait une source privilégiée de documents pour acquérir des séries dendrochronologiques propices à l'établissement de chronologies de référence. Et, menée parallèlement à la dendrochronologie, l'approche dendromorphologique permettait de préciser les modalités de l'exploitation de la ressource ligneuse et d'apporter un éclairage sur les relations entre les charpentiers de marine et le bois pour connaître les modes d'utilisation du matériau-bois dans la construction navale antique, depuis la localisation de zones probables d'approvisionnement en bois d'œuvre jusqu'à la mise en œuvre des essences dans la charpente en fonction du rôle des pièces architecturales.

À une période où, jugées comme rudimentaires et sans véritable intérêt technique, les charpentes d'édifices du Midi méditerranéen étaient délaissées par la communauté scientifique[5], et dans une région où les sols propices à la bonne conservation du matériau-bois sont plutôt rares, les épaves constituaient donc la source la plus opportune pour construire des référentiels. Mais, malgré l'avantage représenté par l'abondance des épaves, l'ignorance du lieu de construction des navires et de l'origine géographique des arbres employés pour leur réalisation n'allait pas manquer de compliquer la démarche et freiner l'avancement des synchronisations d'un gisement à l'autre. Car, si la cargaison et le matériel de bord permettent de préciser le lieu d'embarquement de la cargaison de l'ultime voyage et la date du naufrage, ils n'apportent aucun renseignement sur le lieu ni sur la date de construction du navire (Gianfrotta, Pomey 1981 ; Pomey, Rieth 2005, p. 139-142). Seul un réseau de chronologies de référence suffisamment dense sur le plan géographique peut dater, localiser la provenance des arbres utilisés et définir une région dans laquelle le bateau a pu être construit. Environ vingt-cinq ans après l'initiation de ce projet, plus d'une soixantaine d'épaves localisées sur le littoral méditerranéen français ont fait l'objet d'analyses qui ont donné lieu à un nombre certes limité de synchronismes dendrochronologiques, impliquant néanmoins sept épaves et trois essences (chêne, pin *type* sylvestre, sapin) (Guibal, Pomey 2003 ; 2004).

Actuellement, une piste de recherche semble offrir de nouvelles perspectives. L'analyse des charpentes et plafonds de structures bâties de la région méditerranéenne française (Guibal, Bouticourt 2010) a mis en évidence l'acheminement du bois par flottage des billes assemblées en radeaux. Cette pratique est attestée par la présence de chevilles employées pour bloquer les ligatures des radeaux, visibles aujourd'hui sur de nombreux plafonds et charpentes méditerranéens (fig. 5). Sans doute faut-il voir dans cette importation de bois la solution à une carence locale en bois d'œuvre de qualité résultant d'un impact humain multimillénaire (Quézel, Médail 2003). Les résultats des analyses menées sur les épaves mettent en évidence l'importation fréquente, au cours des deux derniers millénaires, de bois issus de régions montagneuses pour assurer l'approvisionnement en bois d'œuvre de qualité pour des constructions soignées comme peuvent l'être les navires utilisés pour des navigations hauturières (Guibal, Pomey 2003). On ne sera donc guère surpris de constater que les rares datations dendrochronologiques obtenues jusqu'à présent en région méditerranéenne l'ont été sur des embarcations construites avec des bois de provenance extra-méditerranéenne (Guibal 1992 ; Guibal, Greck 2014).

CONCLUSION

Malgré les difficultés entraînées par la mobilité des objets d'étude, la diversité des essences et celle des provenances géographiques des bois, les investigations dendrochronologiques sur les épaves se sont multipliées au cours des vingt-cinq dernières années, tant dans les eaux atlantiques (Bonde, Jensen 1995 ; Daly 2006 ; Daly, Nymoen 2008 ; Dominguez-Delmas *et al.* 2013 ; Haneca, Daly 2014 ; Nayling 2014 ; Nayling,

5. Précisons que, depuis, les travaux de J.-L. Vayssettes (SRA Occitanie) et d'E. Bouticourt (Bouticourt 2016) sur les charpentes de toit, de plancher et de pans-de-bois, respectivement menés en Languedoc-Roussillon et dans le Midi rhodanien, ont largement contribué à combler les lacunes dans ce domaine.

Susperregi 2014) que dans les eaux méditerranéennes (Guibal, Pomey 2003, 2004 ; Liphschitz, Pulak 2009 ; Liphschitz 2012 ; Guibal, Greck 2014 ; Lorentzen *et al*. 2014). Outre leur degré de précision chronologique de l'abattage des arbres employés pour la confection des différentes pièces architecturales, elles contribuent à une meilleure compréhension des critères de sélection et des modes d'utilisation des bois en architecture navale, et apportent leur pierre à l'histoire de l'architecture navale, l'histoire maritime et l'histoire économique.

Les mers couvrent les quatre cinquièmes de la surface de la Terre et sont le cadre de l'histoire humaine depuis son tout début. Le patrimoine immergé revêt donc une importance culturelle et offre une diversité immense, qui recèle une source inestimable d'informations historiques et de témoignages du commerce et des échanges culturels entre les peuples. Pour la communauté des dendrochronologues, les épaves sous-marines et subaquatiques représentent un potentiel d'étude phénoménal. Constituées d'un matériau organique peu altéré depuis son état initial à cause des conditions de conservation liées au milieu humide qui les a hébergées depuis leur engloutissement et aux soins avec lesquels archéologues et spécialistes les ont manipulées et traitées depuis leur découverte, ces épaves de navires en bois demeurent néanmoins sous la menace de la mainmise de l'homme sur son milieu et des agressions incessantes que celui-ci fait subir à l'univers marin et aux eaux intérieures.

Frédéric Guibal
Aix Marseille Univ, Avignon Université, CNRS, IRD, IMBE, Marseille
frederic.guibal@imbe.fr

BIBLIOGRAPHIE

Baillie M. G. L.

1982 *Tree-Ring Dating and Archaeology*, London, Croom Helm.

1995 *A Slice through Time: Dendrochronology and Precision Dating*, Londres, B.T. Batsford.

Bannister B., Robinson W.J.

1975 Tree-Ring Dating in Archaeology, *World Archaeology*, 7, 2, p. 210-225.

Billamboz A.

2010 Perspective écologique en dendendroarchéologie : l'exemple des habitats palafittiques du sud de l'Allemagne, dans S. Payette, L. Filion (dir.), *La dendroécologie. Principes, méthodes et applications*, Québec, Presses de l'Université Laval, p. 509-536.

Bonde, N., Jensen, J.S.

1995 The dating of a Hanseatic cog-find in Denmark. What coins and tree rings can reveal in maritime archaeology, dans O. Olsen, J.S. Madsen, F. Rieck (dir.), *Shipshape. Essays for Ole Crumlin-Pedersen. On the occasion of his 60th anniversary*, Roskilde, Viking Ship Museum, p. 103-121.

Bouticourt E.

2016 *Charpentes méridionales – construire autrement : le midi rhodanien à la fin du Moyen Âge,* Arles, Honoré Clair.

Daly A.

2006 The dendrochronological dating of timber crossings in west Jutland Denmark, *Journal of Wetland Archaeology*, 6, p. 19-48.

Daly A., Nymoen P.

2008 Bøle Ship, Skien, Norway – Research history, dendrochronology and provenance, *IJNA*, 37, 1, p. 153-170.

Delley G.

2015 *Au-delà des chronologies. Des origines du radiocarbone et de la dendrochronologie à leur intégration dans les recherches lacustres suisses*, Neuchâtel, Office du Patrimoine et de l'Archéologie (Archéologie Neuchâteloise, 53).

Dominguez-Delmas M., Nayling N., Wazny T., Loureiro V., Lavier C.

2013 Dendrochronological Dating and Provenancing of Timbers from the Arade 1 Shipwreck, Portugal, *IJNA*, 42, 1, p. 118-136

Douglass A. E.

1921 Dating our prehistoric ruins, *Natural History*, 21, 1, p. 27-30.

1929 The secret of the Southwest solved by talkative tree rings, *National Geographic Magazine*, 56, p. 737-770.

Egger H.

1983 Dating of Neolithic and Bronze Age sites, dans D. Eckstein, S. Wrobel, R.W. Aniol (eds.), *Dendrochronology and Archaeology in Europe, Proceedings of the European Science Foundation Conference*, Hambourg, 1982, Hambourg, Kommissionverlag, Hambourg (Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, 141), p. 169-177.

Fritts H.C.

1976 *Tree rings and climate*, Londres, Academic Press.

Gassmann P., Lambert G.-N., Lavier C., Bernard V., Girardclos O.

1996 Pirogues et analyses dendrochronologiques, dans B. Arnold (dir.), *Pirogues monoxyles d'Europe centrale : construction, typologie, évolution*, vol. 2, Neuchâtel, Musée cantonal d'archéologie (Archéologie Neuchâteloise, 21), p. 89-126.

Gianfrotta P., Pomey P.

1981 *Archeologia Subacquea: storia, techniche, scoperte e relitti*, Milan, Arnoldo Mondadori ed.

Guibal F.

1992 First dendrochronological dating of a shipwreck in the western Mediterranean area, *Dendrochronologia*, 10, p. 147-156.

Guibal F., Bouticourt E.

2010 Dendrochronologie des charpentes et plafonds peints médiévaux en région méditerranéenne, dans L. Astrade, C. Miramont (dir.), *Panorama de la dendrochronologie en France, Actes du Colloque, Digne-les-Bains, 2009*, Le Bourget-du-Lac, Presses de l'Université de Savoie (Collection EDYTEM, 11), p. 145-150.

Guibal F., Greck S.

2014 La datation dendrochronologique, dans S. Marlier (dir.), *Arles-Rhône 3. Un chaland gallo-romain du I^er^ siècle après Jésus-Christ*, Paris, éditions du CNRS (Archaeonautica, 18), p. 260-263.

Guibal F., Pomey P.

2003 Timber Supply and Ancient Naval Architecture, dans C. Beltrame (dir.), *Boats, Ships and Shipyards*, *Proceedings of the Ninth International Symposium on Boat and Ship Archaeology (ISBSA 9), Venice, 2000*, Oxford, Oxbow books, p. 35-41.

2004 Dendrochronologie et construction navale antique, *Revue d'Archéométrie*, 28, p. 35-42.

Haneca K., Daly A.

2014 Tree-rings, timbers and trees: a dendrochronological survey of the 14th-century cog, Doel 1, *IJNA*, 43, p. 87-102.

Huber B.

1952 Beiträge zur Methodik der Jahrringchronologie. I. Gegenläufigkeitsprozent und Gegenläufigkeitsstruktur als Masstäbe bei der Sicherung jahrringchronologischer Datierungen, *Holzforschung*, 6, p. 33-37.

Huber B., Giertz V.

1970 Central European dendrochronology for the Middle Ages, dans R. Berger (ed.), *Scientific methods in Medieval Archaeology*, Berkeley, Univ. of California Press, p. 201-212.

Huber B., von Jazewitsch J.

1958 Jahrringuntersuchungen an Pfahlbauhölzern, *Flora*, 146, p. 445-471.

Kaennel M., Schweingruber F.H.

1995 *Multilingual Glossary of Dendrochronology: terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian*, Berne, Paul Haupt.

Lambert G.-N., Lavier C., Guibal F.

1992 La dendrochronologie, une méthode précise de datation, *Mémoires de la Société Géologique de France*, 160, p. 109-117.

Leboutet L., Colardelle M., Charles E., Dangreaux B.

1983 L'étude dendrochronologique de l'habitat médiéval immergé de Colletière, à Charavines (Isère) : interprétations archéologiques, *Archéologie Médiévale*, 13, p. 131-154.

Liese W.

1978 Bruno Huber: the pioneer of European dendrochronology, dans J. Fletcher (ed.), *Dendrochronology in Europe*, Oxford, BAR (BAR Int. Series, 51), p. 1-10.

Liphschitz N.

2012 Dendroarchaeology of shipwrecks in Israel, *Bocconea* 24, p. 95-104.

Liphschitz N., Pulak C.

2009 Wood species used in Ancient shipbuilding in Turkey: evidence from dendroarchaeological studies, *Skyllis*, 8, 1-2, p. 74-83.

Lorentzen B., Manning S.W., Cvikel D., Kahanov Y.

2014 High-precision dating the *Akko 1* shipwreck, Israel: wiggle-matching the life and death of a ship into the historical record, *JAS*, 41, p. 772-783.

McGraw D.J.

2003 Andrew Ellicott Douglass and the giant sequoias in the founding of dendrochronology, *Tree-Ring Research*, 59, 1, p. 21-27.

Munaut A. V.

1979 La dendrochronologie, *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire,* 58-59, p. 65-74.

Nash S.

1999 *Time, Trees, and Prehistory: Tree-Ring Dating and the Development of North American Archaeology 1914-1950,* Salt Lake City, University of Utah Press.

Nayling N.

2014 Oak Dendrochronology, dans J. Auer, T.J. Maarleveld (eds.), *The Gresham Ship Project: A 16th-Century Merchantman Wrecked in the Princes Channel, Thames Estuary Volume I: Excavation and Hull Studies,* Oxford, BAR (BAR Int. Ser., 602), p. 43-46.

Nayling N., Susperregi J.

2014 Iberian dendrochronology and the Newport medieval ship, *IJNA*, 43, p. 279-291.

Quézel P., Médail F.

2003 *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen,* Paris, Elsevier.

Robinson W. J.

1976 Tree-ring dating and archaeology in the American Southwest, *Tree-Ring Bulletin*, 36, p. 9-20.

Schwantes G.

1939 Eine neue Methode zur absoluten chronologischen Berechnung des Alters vorgeschichtlicher Fündstätten, *Nachrichtenblatt für Deutsche Vorzeit*, 15, p. 1-3.

Schweingruber F. H.

1988 *Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology.* Dordrecht, D. Reidel Publishing Co.

Studhalter R.A.

1956 Early history of crossdating, *Tree-ring Bulletin*, 21, p. 31-35.

Suess H., Becker B.

1979 Holocene tree-ring series from southern central Europe for archaeological dating, radiocarbon calibration and stable isotope analysis, dans R. Berger, H. Suess (eds.), *Radiocarbon dating, Proceedings of the Ninth International Conference,* Los Angeles-La Jolla, 1976, Berkeley, University of California Press, p. 554-565.

Trenard Y., Duchateau J.-L.

1985 Dendrochronologie du chêne dans la région de Paris, *Dendrochronologia*, 3, p. 9-23.