

Une méthode simple de collecte de bois et d'écorce pour des études anatomiques

Anaïs BOURA

Dario DE FRANCESCHI

Muséum national d'Histoire naturelle,
UMR-CNRS-MNHN 5143 Paléobiodiversité et Paléoenvironnements,
case postale 38, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris cedex 05 (France)

boura@mnhn.fr
darioadf@mnhn.fr

Boura A. & De Franceschi D. 2008. — Une méthode simple de collecte de bois et d'écorce pour des études anatomiques. *Adansonia*, sér. 3, 30 (1): 7-15.

RÉSUMÉ

Les arbres et leur bois sont des composants essentiels de la biosphère. Le bois constitue une source d'information très importante dans de nombreux domaines : systématique, écologie ou évolution. Malgré l'intérêt de son étude, il n'est pas toujours collecté de manière extensive, souvent à cause de problèmes logistiques (collecte et transport des échantillons). Ce travail a pour but de recenser les différentes techniques de collectes existantes, de la tarière de Pressler au tout nouveau Trephor®, de proposer une méthodologie spécifique d'échantillonnage du bois et enfin de décrire une nouvelle méthode de collecte. Simple et peu coûteuse, nécessitant l'utilisation d'un emporte-pièce, d'un cylindre de bois ou de métal et d'un marteau, elle permet la récolte des tissus périphériques du tronc (écorce, phloème, zone cambiale) et d'une plus ou moins grande partie du bois, sur de nombreux arbres, résineux ou feuillus, d'espèces tempérées ou tropicales. Les coupes préparées grâce aux échantillons obtenus avec cette méthode sont utilisables pour des études anatomiques. Des échantillons peuvent ainsi être collectés en complément de parts d'herbier (pour l'identification et la systématique), ainsi que pour des études dendroécologiques particulières.

MOTS CLÉS

Études anatomiques,
bois,
xylème,
cambium,
liber,
écorce,
outil,
échantillonnage,
xylothèque.

ABSTRACT

An easy technique to collect wood and bark samples for anatomical studies.

Trees, and thus wood, are major components of the biosphere. Wood constitutes a huge source of information regarding several domains like systematics, ecology or adaptative evolution. Despite its significance, wood is not often sampled extensively; most probably due to logistical reasons (harvesting or carrying problems). This work aims to review the different techniques which already exist to collect wood, from the Pressler increment borer, to the recent Trephor®, draw up a specific methodology to sample wood, and finally describe a new method to sample wood. This cheap and easy method only requires the use of a punch, a clearing rod and a hammer, and allows taking samples containing the outermost stem tissues (bark, phloem, cambial zone) and a more or less substantial part of the most recently formed wood, on several trees, from softwood to hardwood, from temperate to tropical species. The sections prepared from the obtained samples are perfectly usable for anatomy. The samples can be collected as complements for herbarium samples (for systematic) as well as for particular dendroecological studies.

KEY WORDS

Anatomical studies,
wood,
xylem,
cambium,
secondary phloem,
bark,
tool,
sampling,
xylotheque.

INTRODUCTION

IMPORTANCE DU BOIS DANS L'ÉTUDE DES PLANTES

Les arbres et leur bois sont des composants essentiels de la biosphère et constituent, de fait, une source d'information très riche dans de nombreux domaines tels que l'identification, la systématique et l'écologie (Olson 2005). La publication de nombreux guides et atlas (Fahn *et al.* 1986; Schweingruber 1990; Benkova & Schweingruber 2004) ainsi que l'existence de systèmes d'identification assistées par ordinateur disponibles sur Internet (Insidewood 2004; Schoch *et al.* 2004) rendent aujourd'hui l'identification et l'étude du bois de plus en plus faciles. Néanmoins, peu d'auteurs considèrent aujourd'hui le bois en tant que partie intégrante de la plante, et en réalisent une étude détaillée lors de descriptions de nouvelles espèces (Carr *et al.* 2002; Berry & Wiedenhoef 2004; Alford 2006). Très souvent, ils se contentent de décrire la couleur et/ou l'odeur du bois (Ntore *et al.* 2003; Somner & Ferrucci 2004) et la majorité des descriptions anatomiques sont donc faites après coup (Jacques & De Franceschi 2007) si, par chance, le bois a été collecté.

LE BOIS ET LA SYSTÉMATIQUE

Le bois peut être utilisé afin d'examiner les relations infragénériques à l'intérieur de certaines familles (Lens *et al.* 2005), genres (Oskolski 1995; Oskolski & Lowry 2001; Carlquist 2006), ou tribus (Carlquist & Grant 2005). Les échantillons, et les données concernant le bois, sont néanmoins souvent peu abondants, pas assez représentatifs et ne suffisent donc en général pas pour formuler de telles conclusions (Oskolski & Lowry 2001; Lens *et al.* 2005; Carlquist & Grant 2005). Les échantillons de bois sont, qui plus est, pour certaines essences, relativement difficiles à trouver, et le matériel utilisé pour les études est souvent limité aux collections déjà constituées (Stern 1988) aujourd'hui sur le déclin (Carlquist 2006).

LE BOIS ET L'ÉCOLOGIE

De nombreux liens existent entre l'anatomie du bois et l'environnement dans lequel l'arbre a poussé. Ainsi certaines études portent, par exemple, sur les variations spatiales des caractères anatomiques du bois ou sur les relations qualitatives et quantitatives existant entre bois et climat. Pour ces travaux, et afin d'obtenir des résultats statistiques corrects, l'échantillonnage doit idéalement être basé sur un

TABLEAU 1. — Différentes techniques de prélèvement du bois.

Type d'échantillon	Outil	Taille de l'échantillon	Type d'étude	Domage causé à l'arbre	Auteurs
Tranche de bois	scie tronçonneuse	importante	description systématique	mort de l'arbre	
Pièce de bois	ciseaux à bois	plus ou moins importante	écologie description systématique	dommages minimes	
Carotte de bois	tarière de Pressler	3,8-12 × 57-508 mm	écologie dendrochronologie dendroclimatologie	–	
	« increment puncher »	1,5-2,5 × 2 mm	suivi de l'activité cambiale	–	Forster <i>et al.</i> 2000
	Trephor®	2 × 15 mm	suivi de l'activité cambiale	–	Rossi <i>et al.</i> 2006
	« surgical bones sampling needles »	0,5 × 40 mm	suivi de l'activité cambiale	–	Loris 1981

très grand nombre d'individus et d'espèces – pas toujours faciles à réunir.

Ce travail a pour but de recenser les différentes techniques actuelles de collecte de bois, de la tarière de Pressler au tout nouveau Trephor®, de proposer une méthodologie spécifique de collecte de bois et enfin de décrire une nouvelle méthode de collecte, simple et peu coûteuse.

TECHNIQUE DE COLLECTE DE BOIS : SYNTHÈSE (Tableau 1)

Le bois n'est pas systématiquement récolté lors de missions d'étude souvent à cause de problèmes logistiques (collecte et transport). De nombreuses techniques d'extraction de bois ont pourtant déjà été proposées et décrites.

La plus simple, mais également la plus destructive, consiste à couper une tranche du tronc – après l'avoir abattu – (Wight 1933; Mäkinen *et al.* 2003; Verheyden *et al.* 2005). Le disque de bois ainsi obtenu pourra être utilisé pour la description mais également pour la comparaison du bois formé au cours du temps, en fonction des stades ontogéniques de l'arbre.

D'autres techniques permettent d'extraire une petite pièce de bois – facile à transporter – à partir du tronc, tout en assurant la conservation de l'arbre « sur pied » et autorisent ainsi plusieurs collectes sur

le même arbre. L'échantillon contient alors les tissus les plus externes de la tige (écorce, phloème, zone cambiale) et une plus ou moins grande partie du bois formé le plus récemment.

L'extraction de l'échantillon peut être simplement réalisée à partir de ciseaux à bois (Pumijumnong & Wanyaphet 2006) ou à l'aide d'un large panel de perceuses, grâce auxquelles il est possible d'obtenir des carottes de plus ou moins grand diamètre et longueur.

La tarière de Pressler – aussi nommée sonde de Pressler – est, selon Stokes & Smiley (1968), « a precision tool designed to remove a small core from a living tree without harming it [...]. The borer has a razor sharp leading or cutting, edge. The large screw threads behind this edge serve to draw the borer into the tree as the shaft is turned by the handle ». C'est l'outil le plus couramment utilisé pour collecter de longues carottes de bois. Il est indispensable aux forestiers et aux dendrochronologues mais il peut également être utilisé pour d'autres études concernant, par exemple, l'écologie (Camarero *et al.* 1998; Woodcock *et al.* 2000) ou la rhéologie du bois (Stokes & Mattheck 1996).

De nombreux outils de collecte pour le suivi de l'activité cambiale au cours de l'année, ont également été décrits. Ils permettent d'extraire, à de courts intervalles de temps, et sans provoquer de blessures importantes, des micro-carottes à partir

d'un unique arbre, afin d'éviter toutes variations intraspécifiques.

L'« increment puncher » (Forster *et al.* 2000) a été plus spécifiquement proposé pour une extraction intensive de bois et de liber – avec une dépense de temps et d'énergie minime – en vue de l'étude de la croissance radiale du tronc, de la formation des parois cellulaires, de la lignification ou des réactions aux blessures reçues par le tronc.

Le Trephor® (Rossi *et al.* 2006), spécialement conçu pour l'extraction de bois en vue du suivi de l'activité cambiale, permet de prélever des micro-carottes de bois de très grande qualité tant sur des conifères que sur des feuillus.

Comme dans de nombreux domaines de recherche, d'autres outils initialement mis au point pour d'autres types d'utilisations peuvent être utilisés pour extraire du bois. D'abord développée par Loris en 1981, puis reprise par Bäucker *et al.* (1998) la technique de collecte de bois grâce à des « surgical bone needles » (trocarts) se révèle, par exemple, utile en vue du suivi de l'activité cambiale au cours de l'année (Deslauriers & Morin 2005).

MÉTHODOLOGIE DE COLLECTE DE BOIS: SYNTHÈSE

Étant donné que le but de nombreuses études est de décrire de nouveaux types de bois, mais aussi de comparer le bois de plusieurs espèces, ou le bois d'une espèce dans plusieurs localités, il est important que la méthodologie de récolte des échantillons soit construite de façon à minimiser toutes les autres sources de variations potentielles, notamment la variabilité intra-individuelle, dont il existe plusieurs origines (Camarero *et al.* 1998; Falcon-Lang 2005).

La première est liée à l'âge ontogénique du bois (Boureau 1957; Guilley & Nepveu 2003; Carlquist & Grant 2005). Ce phénomène induit notamment une variabilité dans le temps, entre le bois formé dans la tige durant les premières années et le bois formé toujours dans la tige, mais après que la plante a atteint un stade mature.

Au sein du genre *Cornus* il est, par exemple, possible d'observer une augmentation graduelle dans la

longueur des éléments de vaisseau et des fibres avec l'avancée en âge de la plante (Noshiro & Baas 2000). Chez *Fagus sylvatica* L., la taille des cernes et leur densité diminuent avec l'âge du cerne (Bouriaud *et al.* 2004). Chez *Populus*, l'aire du lumen, la largeur des cernes et la surface des rayons varient avec l'âge du cerne (Pezlen 1994). De plus, Career & Urbinati (2004) ont montré que le signal climatique est maximisé chez les vieux arbres. En général, on considère les arbres matures à partir de leur trentième année. Mais cet âge semble très variable selon les espèces et dépend en partie des traits d'histoire de vie des espèces. Ainsi, Noshiro & Baas (2000) estiment que chez *Cornus* le bois est stabilisé et homogène à partir de la dixième année.

Cette variabilité du bois dans le temps entraîne, quand on considère la plante dans son ensemble, une variabilité spatiale se traduisant par des différences entre le bois du tronc et le bois mis en place dans les plus fines branches. Dans plusieurs espèces tropicales indiennes, poussant dans le Kerala, les fibres des branches sont significativement plus courtes que celles du tronc (Bhat *et al.* 1989). Or le bois est étudié à partir d'échantillons pris souvent directement sur des branches ou au contraire au niveau du tronc. Carlquist (2006) regrette que la provenance de l'échantillon à l'intérieur de la plante (branche / tige / racine) ne soit pas toujours mentionnée dans les xylothèques. Ce manque d'information induit, dans la plupart des cas, des résultats quantitatifs incertains.

Il existe enfin une variation structurelle du bois liée à la position du bois considéré à l'intérieur de la plante. Le bois peut, en effet, être soumis à l'influence plus ou moins prononcée des racines ou du houppier qui entraînent des modifications de son anatomie (obs. pers. chez *Castanea sativa* Mill.). Il est donc important d'éviter au maximum les zones d'empiètement du tronc au niveau de la souche ou de ramification des branches.

Pour s'affranchir de ces problèmes de variations, le bois est classiquement échantillonné à hauteur de poitrine (1,30 m) pour toutes les études dendrochronologiques et dendroclimatologiques. C'est également le niveau repère classique de l'évaluation de la biomasse produite par l'arbre en sylviculture.

Ce point peut être considéré comme une zone de récolte optimale : il comprend tous (ou presque) les cernes formés par l'arbre (Grabner & Wimmer 2006), présente le bois le plus homogène et stabilisé et se situe à distance des deux zones d'influence que forment les racines et le feuillage.

Toutefois, sur certains arbres tropicaux à contreforts importants, le prélèvement pour la description anatomique n'est pas judicieux à ce niveau. En effet, certaines modifications anatomiques du bois peuvent être observées au sein des contreforts par rapport au bois de tronc (ter Steege *et al.* 1997). Dans ce cas, il est conseillé de prélever sur la partie la plus régulière possible, au dessus des contreforts, grâce à une échelle.

UN NOUVEL OUTIL : L'EMPORTE-PIÈCE (Fig. 1)

Bien qu'initialement conçu pour percer des matériaux assez souples, comme le cuir ou le caoutchouc, l'emporte-pièce peut être utilisé pour prélever des carottes de bois.

Cette technique de prélèvement a été testée avec l'aide de plusieurs botanistes, tant sur des conifères que sur des feuillus, à partir d'essences tempérées ou tropicales. Ainsi des échantillons de plusieurs espèces, avec différents types de porosité et/ou de dureté de bois ont pu être récoltés et préparés avec succès (*Prunus avium* L., *Cornus sanguinea* L., *Evonymus europaeus* L., *Sambucus nigra* L., *Robinia pseudoaccacia* L., *Pinus sylvestris* L., *Castanea sativa* Mill., *Corylus avellana* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Ligustrum vulgare* L., *Fagus sylvatica* L. pour les espèces tempérées ; *Dombeya* spp., *Ruizia* sp., *Ficus* spp., *Calophyllum polyanthum* Wall. ex Choisy, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Diospyros* spp., *Dipterocarpus indicus* Bedd., *Eleocarpus serratus* L., *Garcinia* spp., *Holigarna nigra* Bourd., *Kingiodendron pinnatum* (Roxb. ex DC.) Harms, *Knema attenuata* (J.Hk. & Thw.) Warb., *Mesua ferrea* L., *Myristica dactyloides* Gaertn., *Vateria indica* L. pour les espèces tropicales). Cette nouvelle technique a également été testée sur des espèces à croissance lente et présentant un bois relativement dur – notamment *Humboldtia brunonis* Wall. et *Rinorea bengalensis*

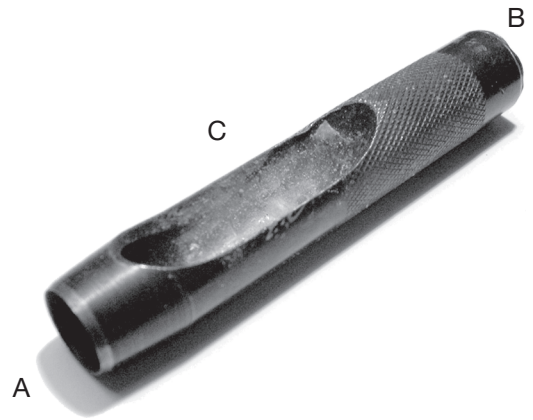


FIG. 1. — Emporte-pièce : **A**, extrémité biseautée coupante (prélèvement de l'échantillon) ; **B**, extrémité pleine (face de percussion de l'emporte-pièce) ; **C**, gouttière (sortie de l'échantillon). Longueur, 13 cm ; diamètre, 1,4 cm.

Punch : **A**, hollow and bevelled side (sampling side) ; **B**, solid side (percussion side) ; **C**, gutter (sample release). Length, 13 cm ; diameter, 1.4 cm.

Kuntze – et a permis d'obtenir de petites carottes de 3 à 5 mm de long, suffisantes pour une étude anatomique standard. Pour ce type de bois, il est cependant préférable d'utiliser un emporte-pièce de petit diamètre et de l'enfoncer le plus régulièrement possible afin d'éviter toute fissure.

DONNÉES TECHNIQUES

Cette technique d'extraction d'échantillons de bois nécessite seulement l'utilisation d'un emporte-pièce, d'une cheville (de métal ou de bois) et d'un petit marteau. L'emporte-pièce est constitué d'une pièce de métal cylindrique dont une des extrémités est coupante, creuse et conique. Cet outil peu coûteux – moins de 20 € – peut être trouvé dans les magasins de bricolage avec plusieurs diamètres allant de 1 mm à quelques centimètres. Le diamètre de l'outil peut ainsi être adapté en fonction de l'utilisation de l'échantillon, mais également suivant le diamètre du tronc et la dureté du bois échantillonné. L'autre extrémité de l'outil est pleine et permet, grâce à l'utilisation d'un marteau, de faire pénétrer l'emporte-pièce dans le bois. L'échantillon de bois est expulsé hors de l'outil par la gouttière latérale. L'ouverture de celle-ci doit, avant utilisation, être meulée afin qu'elle ait une largeur supérieure ou égale

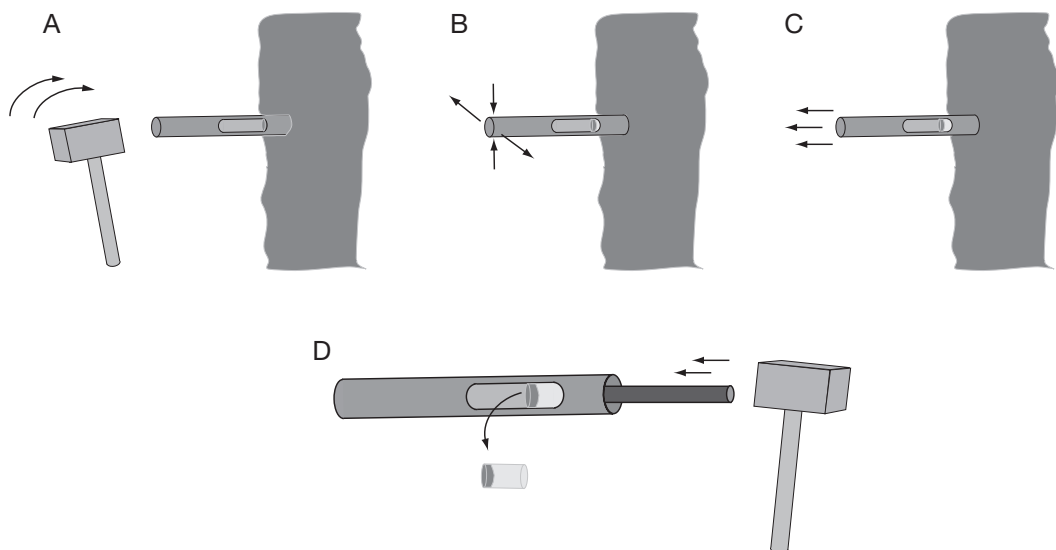


FIG. 2. — Méthodologie d'échantillonnage grâce à l'emporte-pièce: **A**, enfoncement de l'emporte-pièce, perpendiculairement à l'axe du tronc, à l'aide d'un marteau; **B**, mouvements latéraux provoquant la rupture de la carotte à sa base; **C**, retrait de l'emporte-pièce contenant la carotte de bois, liber et écorce; **D**, expulsion de la carotte à l'aide d'une cheville de bois ou de métal.

Sampling method with the use of the punch: A, driving in the punch with a hammer, perpendicularly to the trunk axis; B, lateral movements inducing the base of the core breaking; C, removing of the punch containing the core (wood and bark); D, release of the core with a wooden or metallic peg and a hammer.



FIG. 3. — Sortie d'un échantillon de bois de *Prunus avium* L. par la gouttière de l'emporte-pièce.
*Release of a *Prunus avium* L. wood core by the punch gutter.*

au diamètre du tube, de façon à laisser sortir le bois facilement. L'expulsion de l'échantillon nécessite l'utilisation d'une cheville, de bois ou d'acier, de section légèrement inférieure au diamètre du tube. Cette tige servira à pousser la carotte de bois hors de la gorge de l'outil.

INSTRUCTION D'UTILISATION (FIG. 2)

Le tube est enfoncé dans le bois jusqu'à une profondeur de 2 à 3 cm avec l'aide du marteau. La carotte de bois est alors incluse dans le corps de l'outil. Elle doit ensuite être désolidarisée du reste du tronc par de petits coups portés latéralement sur l'extrémité de l'emporte-pièce. Le tube est extrait du tronc et l'échantillon de bois poussé à l'extérieur de l'emporte-pièce par la gouttière, grâce à la tige et au marteau, évitant ainsi l'écrasement des tissus les plus fragiles (Fig. 3). Le trou laissé dans le tronc peut être enduit de mastic cicatrisant qui évitera l'entrée d'éléments pathogènes. Il est également conseillé de nettoyer à l'alcool l'emporte-pièce après chaque prélèvement, de façon à éviter la propagation de certaines maladies (encr du châtaignier, chancre bactérien, etc.).

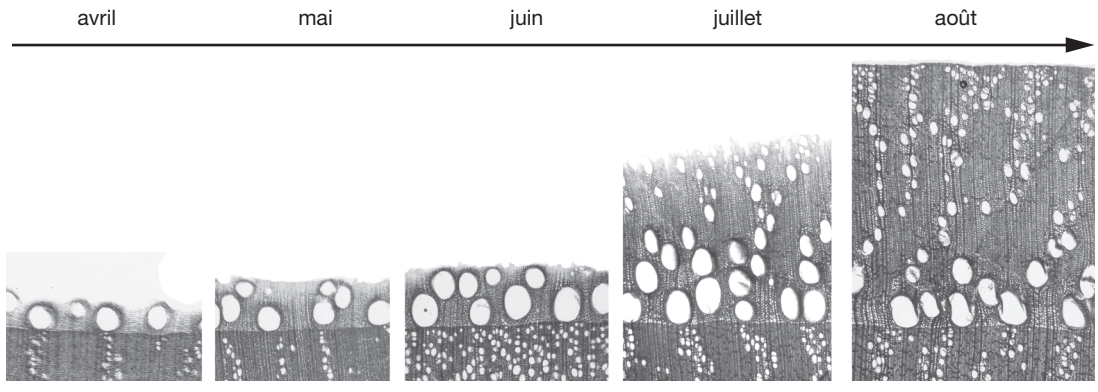


FIG. 4. — Mise en place du bois au cours de l'année 2005 chez *Castanea sativa* Mill. Prélèvement à hauteur de poitrine. Échelle: 500 μ m.
Wood formation in *Castanea sativa* Mill. for the year 2005. Sampling at breast height. Scale bar: 500 μ m.

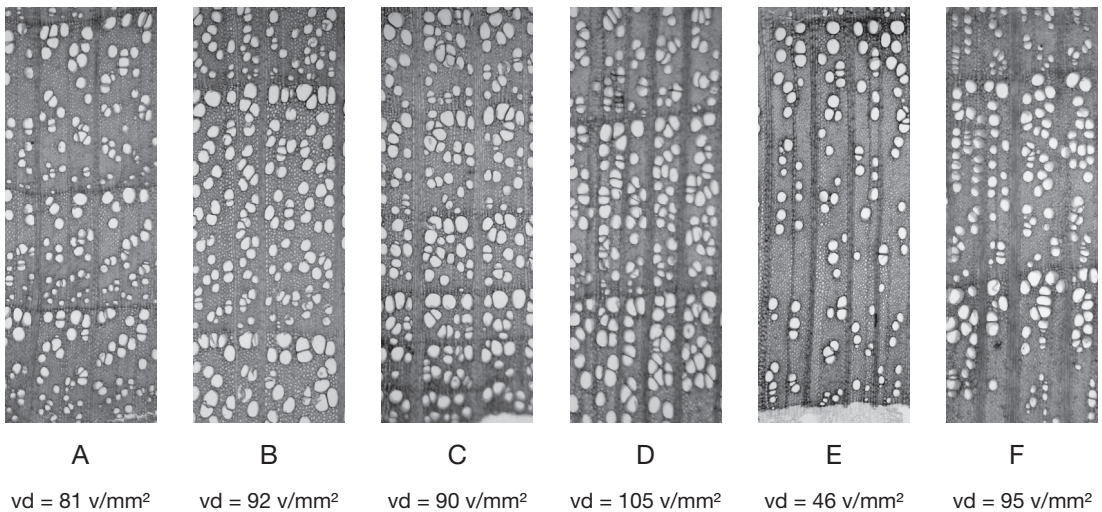


FIG. 5. — Variation du bois chez *Prunus avium* L. dans différentes stations: **A-E**, France; **A**, Pyrénées-Atlantiques; **B**, Charente; **C**, Meurthe-et-Moselle; **D**, Dordogne; **E**, Pas-de-Calais; **F**, République Tchèque. Prélèvement à hauteur de poitrine. Abréviation: **vd**, densité des vaisseaux (vaisseaux / mm²). Échelle: 500 μ m.

Wood variation in *Prunus avium* L. regarding to different localities: **A-E**, France; **A**, Pyrénées-Atlantiques; **B**, Charente; **C**, Meurthe-et-Moselle; **D**, Dordogne; **E**, Pas-de-Calais; **F**, Czech Republic. Sampling at breast height. Abbreviation: **vd**, vessel density (vessels / mm²). Scale bar: 500 μ m.

Les échantillons ainsi obtenus peuvent être conservés dans de petits flacons (gel de silice, éthanol 70°, etc.). Une fixation préalable de l'échantillon au FAA (formol / acide acétique / alcool) permet une meilleure conservation des tissus fragiles (cambium et liber). Ces échantillons viendront enrichir, après séchage, les xylothèques

ou les planches d'herbier en vue de futures études anatomiques.

Les échantillons pourront, par la suite, être soit préparés grâce aux techniques classiques de microtomie, de coloration et de montage entre lames et lamelles, soit observés directement – sous forme d'éclats – au microscope électronique.

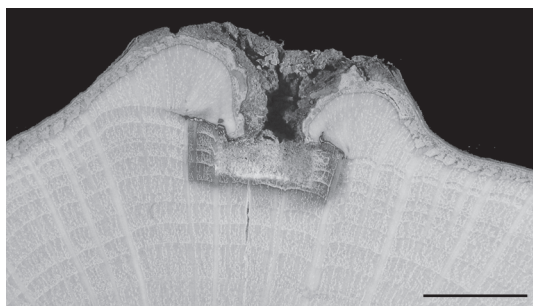


FIG. 6. — Observation d'un bourrelet cicatriciel au niveau de la zone de prélèvement après un an chez *Corylus avellana* L. Échelle: 0,8 cm.

Reaction to injury in *Corylus avellana* L. after one year. Scale bar: 0.8 cm.

TYPE D'ÉTUDE ET RÉACTION DE LA PLANTE AU PRÉLÈVEMENT

Plusieurs études ont été menées à partir d'échantillons de bois prélevés grâce à cette technique.

Il a été par exemple possible de suivre l'activité cambiale chez *Castanea sativa* L. (Fig. 4) et *Fagus sylvatica* L. au cours de l'année 2005. Les résultats montrent une différence de mise en place du bois entre ces deux espèces présentant deux modèles de porosité (bois à zone poreuse et bois semi-poreux) liés à des stratégies différentes de rétablissement de la conduction de la sève après la période hivernale.

Une étude de la variation du bois chez *Prunus avium* L. dans différentes stations, et sous différents régimes climatiques, a également été réalisée. Les résultats sont en cours d'analyse mais des variations interindividuelles peuvent d'ores et déjà être observées (Fig. 5). Ainsi, la densité des vaisseaux varie de 46 vaisseaux / mm² pour le merisier échantillonné dans le Pas-de-Calais à 105 vaisseaux / mm² pour le merisier échantillonné dans les Pyrénées-Atlantique. Des analyses complémentaires permettront, par la suite, d'attribuer ces différences à des variations micro-environnementales entre les différentes stations d'échantillonnage (type de sol, luminosité, etc.) ou au contraire, à des variations climatiques plus globales.

La blessure et le trou causés par l'emporte-pièce sont très vite recouverts par des bourrelets cicatriciels qui protègent l'intégrité de l'arbre. Des cicatrices de prélèvement ont ainsi pu être observées sur *Corylus avellana* L. après une et deux années (Fig. 6).

Remerciements

Nous tenons à remercier Nicole Salel et Michel Lemoine pour l'aide à la préparation des coupes, Marc Pignal et Timothée Le Pechon pour des tests de collectes associées aux herbiers. Nous remercions également Thierry Deroin, Benoît Carré et un rapporteur anonyme pour leurs judicieux commentaires. Enfin nous sommes reconnaissants à l'UMR CNRS-MNHN-UPMC 5143 qui a soutenu financièrement cette étude.

RÉFÉRENCES

- ALFORD M. H. 2006. — A new species of *Hasseltia* (Salicaceae) from Costa Rica and Panama. *Brittonia* 58 (33): 277-284.
- BÄUCKER E., BUES C. & VOGEL M. 1998. — Radial growth dynamics of spruce (*Picea abies*) measured by micro-cores. *IAWA Journal* 19 (3): 301-309.
- BENKOVA V. & SCHWEINGRUBER F. H. 2004. — *Russian Wood Anatomy*. Haupt, Bern, 456 p.
- BERRY P. E. & WIEDENHOEF A. C. 2004. — *Micrandra inundata* (Euphorbiaceae), a new species with unusual wood anatomy from Black-water River Banks in Southern Venezuela. *Systematic botany* 29 (1): 125-133.
- BHAT K. M., BHAT K. V. & DHAMODARAN T. K. 1989. — Fibre length variation in stem and branches of eleven tropical hardwoods. *IAWA Bulletin* 10 (1): 63-70.
- BOUREAU E. 1957. — *Anatomie végétale, l'appareil végétatif des phanérogames*. Presses universitaires de France, Paris, 3 tomes, 752 p.
- BOURIAUD O., BRÉDA N., LE MOGUÉDEC G. & NEPVEU G. 2004. — Modelling variability of wood density in beech as affected by ring age, radial growth and climate. *Trees* 18: 264-276.
- CAMARERO J. J., GUERRERO-CAMPO J. & GUTIERREZ E. 1998. — Tree-ring growth and structure of *Pinus uncinata* and *Pinus sylvestris* in the central Spanish Pyrenees. *Arctic and Alpine Research* 30 (1): 1-10.
- CAREER M. & URBINATI C. 2004. — Age-dependent tree-ring growth response to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. *Ecology* 85 (3): 730-740.
- CARLQUIST S. 2006. — *Asteropeia* and *Physena* (Caryophyllales): a case study in comparative wood anatomy. *Brittonia* 58 (4): 301-313.
- CARLQUIST S. & GRANT J. R. 2005. — Wood anatomy of Gentianaceae, tribe Helieae, in relation to ecology, habit, systematics and sample diameter. *Brittonia* 57 (3): 276-291.
- CARR D. J., CARR S. G., HYLAND B. P., WILSON P. G. & LADIGES P. Y. 2002. — *Stockwellia quadrifolia* (Myrtaceae), a new Australian genus and species in the eucalypt group. *Botanical Journal of the Linnean Society* 139: 415-421.

- DESLAURIERS A. & MORIN H. 2005. — Intra-annual tracheid production in balsam fir stems and the effect of meteorological variables. *Trees* 19: 402-408.
- FAHN A., WERKER E. & BAAS P. 1986. — *Wood Anatomy and Identification of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent Regions*. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, 221 p.
- FALCON-LANG H. J. 2005. — Intra-tree variability in wood anatomy and its implications for fossil wood systematics and palaeoclimatic studies. *Paleontology* 48 (1): 171-183.
- FORSTER T., SCHWEINGRUBER F. H. & DENNELER B. 2000. — Increment puncher. A tool for extracting small cores of wood and bark from living trees. *IAWA Journal* 21: 169-180.
- GRABNER M. & WIMMER R. 2006. — Variation of different tree-ring parameters in samples from each terminal shoot of a Norway spruce tree. *Dendrochronologia* 23: 111-120.
- GUILLEY E. & NEPVEU G. 2003. — Interprétation anatomique des composantes d'un modèle mixte de densité du bois chez le chêne sessile (*Quercus petraea* Liebl.): âge du cerne compté depuis la moelle, largeur de cerne, arbre, variabilité interannuelle et duraminisation. *Annals of Forest Science* 60: 331-346.
- INSIDEWOOD 2004. — Published on the Internet, <http://insidewood/lib.ncsu.edu/search> (consulté en juin 2007).
- JACQUES F. M. B. & DE FRANCESCHI D. 2007. — Menispermaceae wood anatomy and cambial variants. *IAWA Journal* 28 (2): 139-172.
- LENS F., DRESSLER S., JANSSEN S., VAN EVELGHEM L. & SMETS E. 2005. — Relationships within Balsaminoid Ericales: a wood anatomical approach. *American Journal of Botany* 92 (6): 941-953.
- LORIS K. 1981. — Dickenwachstum von Zirbe, Fichte, und Lärche ander alpinen Waldgrenze/Patscherkofel. Ergebnisse der Dendrometermessungen 1976/79. *Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien* 142: 417-441.
- MÄKINEN H., NÖJD P., KAHLE H. P., NEUMANN U., TVEITE B., MIELIKÄINEN K., RÖHLE H. & SPIECKER H. 2003. — Large-scale climatic variability and radial increment variation of *Picea abies* (L.) Karst. in central and northern Europe. *Trees* 17: 173-184.
- NOSHIRO S. & BAAS P. 2000. — Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: case study in *Cornus* s.l. (Cornaceae). *American Journal of Botany* 87: 1495-1506.
- NTORE S., DE BLOCK P., HUYSMANS S., ROBBRECHT E. & DESSEIN S. 2003. — Two new species from Gabon show the need to reduce *Commitheca* to the synonymy of *Pauridiantha* (Rubiaceae, Pauridiantheae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 105-117.
- OLSON M. E. 2005. — Commentary: typology, homology, and homoplasy in comparative wood anatomy. *IAWA Journal* 26 (4): 507-522.
- OSKOLSKI A. A. 1995. — Wood anatomy of *Schefflera* and related taxa (Araliaceae). *IAWA Journal* 16: 191-215.
- OSKOLSKI A. A. & LOWRY II P. P. 2001. — Wood anatomy of *Schefflera* and related taxa (Araliaceae). II. Systematic wood anatomy of New Caledonian *Schefflera*. *IAWA Journal* 22 (3): 301-330.
- PEZLEN I. 1994. — Influence of age on selected anatomical properties of *Populus* clones. *IAWA Bulletin* 15 (3): 311-321.
- PUMIJUNNONG N. & WANYAPHET T. 2006. — Seasonal cambial activity and tree-ring formation of *Pinus merkusii* and *Pinus kesiya*. *Forest Ecology and Management* 226: 278-289.
- ROSSI S., ANFODILLO T. & MENARDI R. 2006. — Trephor: a new tool for sampling microcores from tree stems. *IAWA Journal* 27 (1): 89-97.
- SCHOCH W., HELLER I., SCHWEINGRUBER F. H. & KIENAST F. 2004. — *Wood Anatomy of Central European Species*. Version électronique : www.woodanatomy.ch (consulté en juin 2007).
- SCHWEINGRUBER F. H. 1990. — *Anatomy of European Woods*. Haupt, Stuttgart, 800 p.
- SOMNER G. V. & FERRUCCI M. S. 2004. — A new species of *Cupania* sect. *Trigonocarpus* (Sapindaceae) from Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society* 146: 217-221.
- TER STEEGE H., TER WELLE B. J. H. & LAMING P. B. 1997. — The possible function of buttresses in *Caryocar nuciferum* (Caryocaraceae) in Guyana: ecological and wood anatomical observations. *IAWA Journal* 18 (4): 415-431.
- STERN W. L. 1988. — Index Xylariorum: institutional wood collections of the world. 3rd edition. *IAWA Bulletin* n. s. 9: 203-252.
- STOKES A. & MATTHECK C. 1996. — Variation of wood strength in tree roots. *Journal of Experimental Botany* 47 (298): 693-699.
- STOKES M. A. & SMILEY T. L. 1968. — *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago, XIII + 73 p.
- VERHEYDEN A., DE RIDDER F., SCHMITZ N., BEECKMAN H. & KOEDAM N. 2005. — High-resolution time series of vessel density in Kenyan mangrove trees reveal a link with climate. *New phytologist* 167: 425-435.
- WIGHT W. 1933. — Radial growth of the xylem and the starch reserves of *Pinus sylvestris*: a preliminary survey. *New Phytologist* 32 (2): 77-98.
- WOODCOCK D. W., DOS SANTOS G. & REYNEL C. 2000. — Wood characteristics of amazon forest types. *IAWA Journal* 21 (3): 277-292.

Soumis le 17 septembre 2007;
accepté le 20 décembre 2007.