

Secrets d'échantillon pour une dendrochronologie de précision

Sampling secrets for an accurate dendrodating

Sarah Cremer¹, Pascale Fraiture¹, Christophe Maggi¹ et Armelle Weitz¹

¹ Institut royal du Patrimoine artistique (IRPA), Parc du Cinquantenaire n° 1, 1000 Bruxelles, Belgique – sarah.cremer@kikirpa.be ; pascale.fraiture@kikirpa.be ; christophe.maggi@kikirpa.be ; armelle.weitz@kikirpa.be

RÉSUMÉ. La dendrochronologie offre la possibilité de déterminer la période de construction d'un élément architectural en datant l'abattage des arbres qui y sont mis en œuvre. Des échantillons de bois ayant conservé leur cambium sont datés à l'année près, permettant de définir les phases d'abattage ayant été nécessaires à la construction des édifices. À travers six exemples étudiés en Belgique au laboratoire de dendrochronologie de l'IRPA, le présent article explique comment l'information dendrochronologique peut également être utilisée pour améliorer notre compréhension de l'approvisionnement, premier maillon de la chaîne opératoire, intimement lié au déroulement de la construction. Un échantillonnage dendrochronologique avisé, combiné à des observations archéologiques, permet de dater et de retracer avec précision l'évolution de la construction de grands ensembles architecturaux, de comprendre le chantier avant et après un évènement marquant comme un incendie ou une destruction, de restituer les aménagements intérieurs successifs et les espaces de circulation, mais aussi d'appréhender indirectement le travail réalisé en amont et pendant le chantier. L'établissement de datations précises fournit des informations précieuses sur les sources d'approvisionnement et leurs gestions (provenance locale ou importation, abattage programmé ou opportuniste, essences exploitées, nombre de coupes successives, calendrier d'abattage, etc.). Les études dendrochronologiques permettent également d'observer la diversité des ressources forestières du territoire se retrouvant dans les charpentes et d'aborder la relation entre qualité du bois et adaptations structurelles des fermes de charpente.

ABSTRACT. Dendrochronology enables to determine the construction period of an architectural element by dating the felling of the trees used. Samples of wood that still contain waney edge are dated to the year, allowing to precisely define the felling phases necessary for the buildings construction. Through six examples studied in Belgium at IRPA's dendrochronology laboratory, this article explains how dendrochronological information can also be used to improve our understanding of the wood supply, the first step in the *chaîne opératoire*, intimately linked to the construction process. Careful dendrochronological sampling, combined with archaeological observations, allows: i) to date and establish accurately the construction evolution of large architectural ensembles, ii) to understand a building site before and after a significant event such as a fire or a destruction, iii) to reconstruct the successive interior fittings and circulation spaces, etc., but also iv) to indirectly apprehend the work carried out upstream and during construction. The use of precise dates provides valuable information on the sources of wood supply and their management (local or imported origin, programmed or opportunistic felling, species exploited, number of successive cuts, felling schedule, etc.). Dendrochronological studies also allow to enlighten the relation between wood quality and the structural adaptations of the trusses as well as the diversity of forest resources on the Belgian territory being found in our roof structures.

MOTS-CLÉS. Dendrochronologie, Charpente, Datation fine, Approvisionnement du bois, Échantillonnage.

KEYWORDS. Dendrochronology, Carpentry, Precise dates, Timber procurement, Sampling.

Introduction

Lorsque toutes les conditions sont réunies, entreprendre l'analyse dendrochronologique d'une charpente, c'est dater l'abattage des arbres mis en œuvre et éclairer d'un jour nouveau l'histoire d'un bâtiment. Mais la dendrochronologie peut livrer plus qu'une date. Grâce à elle, la matière première et son environnement, l'approvisionnement et la gestion du chantier peuvent être appréhendés. Pour aller « au-delà de la date », la tarière devient alors une véritable alliée du dendrochronologue et de l'archéologue, et le plan d'échantillonnage, la première étape vers une datation la plus précise possible du chantier.

Les études décrites ci-dessous sont une sélection d'exemples situés en Belgique (*figure 1*) illustrant l'apport de la dendrochronologie à la connaissance de la gestion des ressources ligneuses dans le cadre d'un chantier de construction, de restauration ou de reconstruction. Les analyses menées à l'Institut royal du Patrimoine artistique (IRPA, Bruxelles) sont systématiquement réalisées en collaboration avec les archéologues en charge de l'étude du site, en suivant leurs observations et leurs questionnements. La plupart ont été effectuées dans le cadre privilégié de chantiers archéologiques programmés, notamment en collaboration avec l'Université de Liège (ULiège), sous la Direction du Patrimoine culturel - urban.brussels (administration de la Région de Bruxelles-Capitale), ou de l'Agence wallonne du Patrimoine (AWaP).

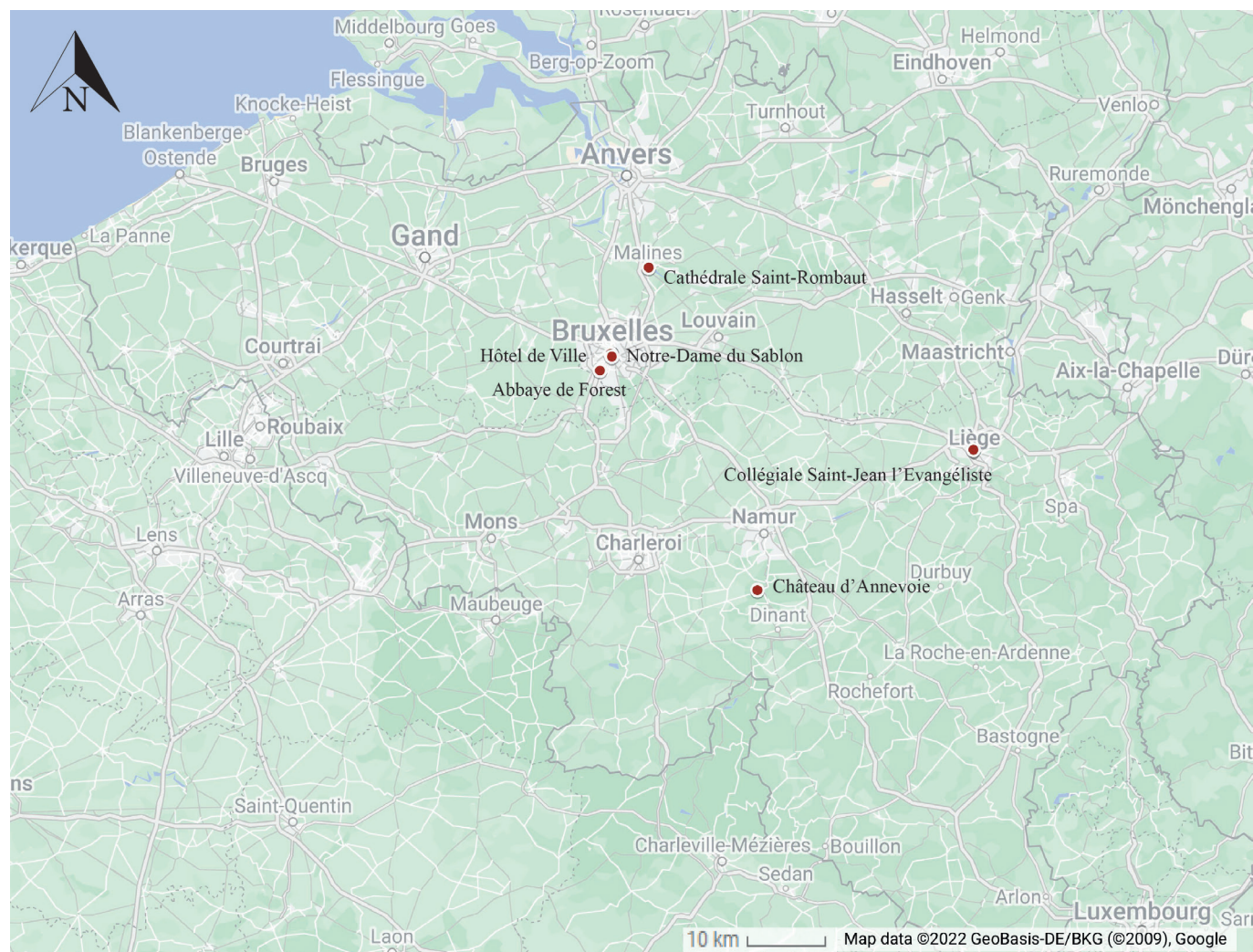


Figure 1. Localisation des six sites présentés sur une carte de la Belgique. © Labo. Dendro. IRPA. © 2022, Google.

1. Matériel et méthodologie

1.1. Corpus d'études

Six études dendrochronologiques ont été sélectionnées parmi les nombreux dossiers traités au laboratoire de dendrochronologie de l'IRPA pour leur apport à la compréhension du déroulement du chantier de construction du bâtiment étudié.

Tout d'abord, les charpentes en chêne des bâtiments de l'ancienne abbaye de Forest sont les premières à avoir bénéficié d'un plan d'échantillonnage visant spécifiquement la datation la plus précise possible

pour chaque structure¹ (Maggi *et al.*, 2018 ; Gautier *et al.*, 2019a ; Gautier *et al.*, 2019b ; *figure 2*). En effet, les archéologues en charge de l'étude du site avaient la volonté de reconstituer l'enchaînement exact des différentes phases du chantier de reconstruction en suivant les millésimes présents, cette abbaye bénédictine médiévale ayant été réaménagée au XVIII^e siècle. Cette question a donc guidé la mission dendrochronologique commandée à l'IRPA en 2018, tout en complétant les premiers résultats obtenus 14 ans plus tôt par le laboratoire de dendrochronologie de l'ULiège (Eeckhout, 2004). Ainsi, 41 bois ont été étudiés dont 22 ont été prélevés avec du cambium, dans sept charpentes différentes, localisées dans six bâtiments construits autour de la cour d'honneur de l'abbaye.



Figure 2. Abbaye de Forest, Forest. © A. Weitz, ULiège.

Ensuite, l'étude dendrochronologique et archéologique des charpentes en chêne de l'église de Notre-Dame du Sablon à Bruxelles² a permis d'aborder la gestion des ressources ligneuses lors d'un grand chantier monumental (*figure 3*). En effet, la Région de Bruxelles-Capitale a commandé diverses recherches réalisées en archéologie programmée à partir de 2015, portant à la fois sur le bois (Weitz & Gerrienne, 2014 ; Weitz *et al.*, 2016 ; Cremer, 2016), mais aussi sur les maçonneries en briques (Sosnowska, 2013) et les éléments métalliques (Maggi, 2015b) visibles dans les combles de Notre-Dame du Sablon (Cremer *et al.*, 2016). L'objectif était de pallier un manque d'informations sur la construction de cet



Figure 3. Église Notre-Dame du Sablon, Bruxelles. © Labo. Dendro. IRPA, urban.brussels.

édifice emblématique de la ville, relativement mal connu puisqu'une partie des comptes conservés à la Maison du Roi (ou *Broodhuis*)³ ont été détruits lors du bombardement de Bruxelles en 1695⁴. Les

¹ Commanditaires : P. Gautier, V. Ghesquière, L. Hardenne, Musée Art & Histoire (MAH), Bruxelles. L'étude s'inscrit dans la « recherche archéologique sur les bâtiments de l'aile courbe orientale de l'abbaye de Forest [FO004-02] » (Marché public de la Région de Bruxelles-Capitale).

² Commanditaire : urban.brussels (S. Modrie) dans le cadre du projet interdisciplinaire d'un inventaire typologique et dendrochronologique des charpentes anciennes en région de Bruxelles-Capitale (n° visa 2013-03 321 [BR152]). Collaborateurs : P. Sosnowska (ULB/ULiège/urban.brussels) et F. Doperé (KU Leuven).

³ « *Broodhuis* en néerlandais fait référence à l'origine du lieu. Au XIII^e siècle, une halle aux pains occupe cet emplacement situé sur la place du marché central de Bruxelles, l'actuelle Grand-Place. Son nom en français, *Maison du Roi*, renvoie au titre des propriétaires du bâtiment : les ducs de Brabant. Au début du XVI^e siècle, le maître des lieux n'est autre que Charles Quint, roi des Espagnes. » www.brusselcitymuseum.brussels/fr/masterpiece/la-maison-du-roi.

⁴ P. Charruadas, ULB, comm. pers., 18/02/2016 et 13/05/2022 : des comptes de la Fabrique existent pour la période 1491-1497, mais n'ont pas encore été dépouillés. Le reste a sans doute été détruit lors du bombardement de Bruxelles, à l'Hôtel de Ville cette fois (hypothèse).

éléments chronologiques connus jusque-ici proviennent essentiellement des observations de L. De Clercq et F. Doperé sur la taille des pierres des maçonneries (MRBC, 2004). Ce contexte a permis une vaste campagne de prélèvements entreprise par le pôle de dendrochronologie ULiège-IRPA⁵ en 2014, en complément de celle menée par l'ULiège en 2002 (Eeckhout & Houbrechts, 2002a), en couvrant l'ensemble des charpentes composant l'édifice : le chœur, les deux bras du transept, la croisée et les deux phases de la nef (84 pièces de bois prélevées).

Une autre étude a été réalisée sur un bâtiment prestigieux de Bruxelles en archéologie programmée à la demande de la Région de Bruxelles-Capitale : celle des charpentes en chêne encore en place de l'Hôtel de Ville (Demeure & Heymans, 2003 ; Weitz *et al.*, 2021b ; Maggi, 2022)⁶, incendié à la fin du XVII^e siècle (*figure 4*). Ceci afin de comprendre l'approvisionnement en bois d'œuvre et le déroulement du chantier de reconstruction, en accordant une attention particulière à la localisation dans les charpentes des bois cités dans des documents d'archives du début du XVIII^e siècle (Weitz *et al.*, 2018 : 76). Faisant suite à une première analyse dendrochronologique menée en 2004 par l'ULiège (Eeckhout & Houbrechts, 2004), un complément d'étude a été réalisé en 2017-2018 par le pôle de dendrochronologie ULiège-IRPA. Un prélèvement plus intensif et ciblé (67 poutres prélevées) a ainsi été effectué dans les onze structures différentes identifiées, accompagné d'une large campagne de relevés⁷ et d'études archéologiques menées dans le comble (Sosnowska *et al.*, 2018 : 43-75 ; Weitz *et al.*, 2018 : 76-79).



Figure 4. Anonyme, *Incendie de la Grand-Place de Bruxelles en 1695*, Musée de la Ville de Bruxelles, 1696. © IRPA, urban.brussels, cliché X134060.

⁵ Les laboratoires de l'ULiège et de l'IRPA se sont associés de 2013 à 2020 en un pôle de dendrochronologie dans le cadre des conventions visant à l'analyse dendro-archéologique de bâtiments relevant du patrimoine régional et de sites archéologiques en Région de Bruxelles-Capitale.

⁶ Commanditaire : urban.brussels (S. Modrie) dans le cadre des conventions visant à l'analyse dendro-archéologique de bâtiments relevant du patrimoine régional et de sites archéologiques en Région de Bruxelles-Capitale (C/2016.06104, C/2017-329, C/2018.0329, C/2019.06228 - [BR412]). Collaborateurs : P. Gautier, L. Hardenne (MAH), P. Sosnowska (ULB/ULiège/urban.brussels), P. Charruadas (ULB, CReA-Patrimoine), Q. Demeure et V. Heymans (Ville de Bruxelles).

⁷ Relevés commandés par urban.brussels auprès du bureau Tensen&Huon ainsi qu'auprès du MAH.

Au nord de Bruxelles, dans le Brabant flamand, une analyse dendrochronologique exhaustive a été réalisée dans les charpentes de la cathédrale Saint-Rombaut à Malines, incendiée à deux reprises aux XIV^e et XX^e siècles (*figure 5*). Elle a permis de compléter le peu d'informations archéologiques et historiques existantes⁸ en datant les charpentes anciennes encore en place (Cremer *et al.*, 2018 ; Cremer & Doperé, 2021)⁹. À terme, l'analyse dendrochronologique a surtout permis de comprendre le chantier de restauration du XIV^e siècle ainsi que les travaux qui ont suivi. Il s'agit là d'un exemple exceptionnel d'analyse dendrochronologique : 151 pièces de bois prélevées réparties dans 27 charpentes en chêne identifiées d'après nos observations archéologiques. L'étude entreprise par l'IRPA en 2018 vient à nouveau en complément d'une précédente analyse entreprise par l'ULiège en 2002 (Eeckhout & Houbrechts, 2002b). Dans un second temps, ces résultats ont été confrontés à l'étude iconographique des éléments architecturaux sculptés réalisée par I. Geelen (IRPA ; Geelen, 2013) ainsi qu'à la chronologie des tailles de pierre et au relevé des traces d'incendie dans les combles fournis par F. Doperé (Katholieke Universiteit Leuven – KUL ; Doperé, 2014).

En région wallonne, la datation dendrochronologique et la dendro-provenance ont apporté des informations intéressantes sur l'approvisionnement en bois des différents chantiers entrepris au XVIII^e siècle dans le château d'Annevoie (de Harlez de Deulin, 2020 ; *figure 6*). Ce bâtiment a beaucoup évolué au cours des siècles, partant d'un petit logis à tour rectangulaire construit au XVI^e siècle pour devenir au XIX^e siècle l'imposant château visible aujourd'hui. L'étude archéologique du bâtiment menée par l'AWaP et la mission dendrochronologique entreprise en 2020 par l'IRPA (Cremer *et al.*, 2021)¹⁰ dans les charpentes et sur les planchers ont permis d'identifier, dans le temps et dans l'espace, plusieurs phases de travaux (42 bois échantillonnés, couvrant notamment la tour, le bâtiment central et les pavillons).

Enfin, l'analyse dendrochronologique de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste à Liège (Henrard *et al.*, 2021 ; *figure 7*) a permis de dater les différentes phases



Figure 5. Cathédrale Saint-Rombaut, Malines. © Labo. Dendro. IRPA.



Figure 6. Château d'Annevoie, Namur. © AWaP.

⁸ Comm. pers., D. Nuytten, Agentschap Onroerend Erfgoed, 02/02/2013 et le 23/04/2013.

⁹ Commanditaire : Province d'Anvers par l'intermédiaire de D. Nuytten (Agentschap Onroerend Erfgoed), en charge de l'étude archéologique et historique qui servira à guider la restauration des combles de la cathédrale.

¹⁰ Commanditaire : AWaP (M. Verbeek, DGO4, DOZC) dans le cadre de la convention de coopération IRPA-AWaP 2018-2022.

d'aménagement du site allant du XI^e au XVII^e siècles, d'apporter des informations sur l'approvisionnement et la gestion du chantier¹¹, mais aussi d'orienter les archéologues de l'AWaP dans les archives pour relier le résultat d'une datation dendrochronologique à un événement jusqu'alors inconnu. Pour ce faire, 79 pièces de bois ont été prélevées dans la tour et les tourelles, dans onze structures différentes identifiées par les observations de terrain et le phasage fourni par l'étude archéologique des maçonneries (Baudry & Wilmet, 2020).

1.2. Spécificité de la méthodologie

Les principes de la datation dendrochronologique ne sont pas développés dans le présent article. Il existe de nombreux articles de référence facilement consultables (par exemples : Schweingruber, 1988 ; Baillie, 1995).



Figure 7. Beffroi de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste, Liège. © Labo. Dendro. IRPA.

Pour chaque bâtiment présenté ici, un plan d'échantillonnage spécifique a été élaboré suivant les observations et les questions des archéologues. Dans la plupart des cas, les prélèvements ont été effectués par carottage à l'aide d'une tarière montée sur une perceuse électrique. Selon les dimensions de la pièce à prélever et l'état de conservation de l'aubier, le choix de la tarière sera différent. Au laboratoire de dendrochronologie de l'IRPA, deux modèles sont principalement utilisés : un prototype appelé tarière de Birmensdorf ou de Schär, longue de 53,5 cm pour un diamètre de 25 mm (prélèvements d'un diamètre de 10 mm) et la tarière de fabrication RINNTECH e.K. doté d'une mèche de 20 cm de long et d'un diamètre de 16 mm (prélèvements d'un diamètre de 8 mm). Quelques sections de planches ont également été débitées à la scie. Enfin, lorsqu'il est impossible de prélever un échantillon dans une pièce de charpente pour des questions d'accessibilité ou de conservation, les cernes visibles à l'extrémité de la pièce (sur le bois de bout) peuvent être enregistrés directement sur cette section transversale, via macrophotographies numériques étalonnées par une échelle millimétrique (Fraiture, 2009a et b).

Afin d'optimiser le prélèvement de cambiums avérés *in situ*, notamment lorsque la surface du bois est fragile, des prélèvements complémentaires sont parfois effectués avec une scie électrique à lame oscillante à l'emplacement du carottage, ceci afin de disposer d'un échantillon d'une surface plus large que la carotte, et parer l'éventuelle perte de bois en fin de croissance lors du carottage. Sur ce type de prélèvements, la mesure des derniers cernes est en outre plus aisée en particulier lorsqu'ils sont extrêmement étroits.

En présence de chêne, un prélèvement par pièce de bois est jugé suffisant pour établir la date d'abattage de l'arbre mis en œuvre. Généralement, cinq à dix pièces de bois par structure ou phase à dater sont prélevées ou enregistrées par macro-photographies *in situ*. Ce nombre peut être revu à la hausse pour deux raisons. La première dépend de la qualité dendrochronologique des pièces à prélever. Celle-ci diminue avec la présence de nœuds ou de déformations et, surtout, dépend du nombre de cernes de

¹¹ Commanditaire : AWaP (Denis Henrard, DGO4, DOZE) dans le cadre de la convention de coopération IRPA-AWaP 2018-2022. Collaborateurs : A. Wilmet, A. Baudry (archéologues indépendants), G. Mora-Dieu et C. Bolle (AWaP). Rapports IRPA d'analyse dendrochronologique, d'études des éléments métalliques (C. Maggi) et des traces de mise en œuvre du bois (S. Cremer) en cours de rédaction.

croissance présents sur les échantillons. Pour le chêne, un résultat peut être considéré comme fiable avec des séries à partir de 50 cernes environ, idéalement 70 à 80. D'une manière générale, plus le nombre de cernes est important, plus la qualité de la datation sera grande (Fraiture, 2009a). Par ailleurs, travailler avec un ensemble de bois contemporains, dont on pourra déduire une moyenne de croissance, est un atout majeur, autant pour l'approche dendrochronologique (amplification du signal climatique) qu'archéologique (cohérence de la structure). Le nombre de cernes présents sur les pièces à dater est principalement lié à trois paramètres : l'âge de l'arbre exploité (un arbre jeune possède peu de cernes), la vitesse de croissance (rapide, les cernes sont larges et donc moins nombreux ; lente, les cernes sont étroits et plus nombreux) et le travail de l'artisan (la mise en forme de la grume plus ou moins invasive et le débitage ont un impact direct sur le nombre de cernes encore présents).

La seconde raison d'un échantillonnage plus conséquent est liée au questionnement de l'archéologue, à la précision du résultat recherchée et au nombre de cambiums acquis. En effet, en dendrochronologie, seule la présence d'écorce ou de cambium garantit un résultat précis à l'année, voire à la saison près. Sous nos latitudes, on considère que les chênes débutent leur période de végétation autour du mois de mars et forment du bois initial, avec des vaisseaux de grandes dimensions, entre mars et mai (Baillie, 1982 : 46 ; *figure 8* ; voir aussi Lambert, 1998). Ainsi, un dernier cerne de croissance composé uniquement de bois initial ne présentant que quelques grands vaisseaux indique un abattage en début de période de végétation, c'est-à-dire au printemps (*figure 9*). Ensuite, les chênes produisent du bois final, plus dense, jusqu'au mois d'octobre. La quantité de bois produite ralentit fortement sur les derniers mois de la saison de végétation entre les mois d'août et octobre (Baillie, 1982 : 46 ; *figure 8*). La croissance s'interrompt ensuite durant les mois d'hiver (Trouy, 2015 : 16).

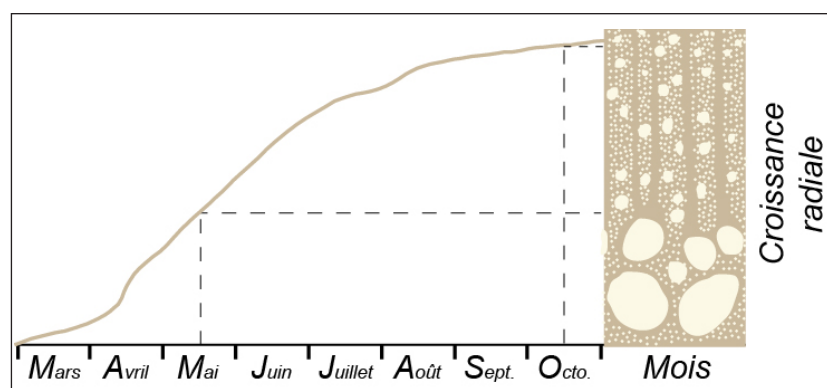
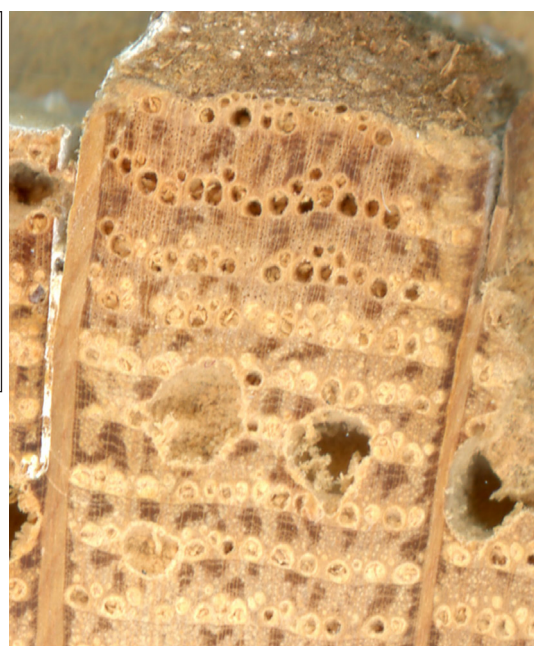


Figure 8. Composition et calendrier de développement d'un cerne chez le chêne. D'après Baillie, 1982 adapté de Varley & Gradwell, 1962.

Figure 9. Echantillon dendrochronologique en chêne. Fin de croissance avec un dernier cerne sous l'écorce composé uniquement de bois initial (pores) indiquant un abattage au printemps. © Labo. Dendro. IRPA, urban. brussels.



En présence d'un dernier cerne composé des deux types de bois (initial et final), il est parfois délicat de déterminer d'un point de vue anatomique si l'abattage a eu lieu en été (le bois final serait alors incomplet) ou en automne-hiver (le bois final est complet). Chez les individus à cernes étroits, la saison d'abattage est, dans ce cas précis, difficile à estimer (Le Digol & Bernard, 2007 : 315) car la zone de bois final est pratiquement inexistante (Bary-Lenger & Nebout, 1993). L'anatomie du bois pourrait aider à faire cette distinction. En effet, en hiver, le cambium peut se réduire à une seule couche de cellules alors que pendant la saison de végétation, plusieurs couches de cellules indifférenciées se divisent (Trouy, 2015 : 222). Des recherches à ce sujet sont en cours à l'IRPA sur des bois archéologiques afin d'identifier les cellules cambiales encore non différenciées ou en cours de différenciation. Une double coloration a notamment été testée avec succès sur plusieurs échantillons, elle révèle par contraste la lignine des cellules du dernier cerne de croissance et la cellulose des cellules de la zone cambiale (*figure 10*). Cette technique

permet donc de confirmer la présence d'un cambium lorsqu'elle n'est pas garantie au stade de l'échantillonnage (par exemple lors d'un prélèvement dans une zone de flache¹²) mais pourrait également préciser la période d'abattage en mesurant l'épaisseur du cambium mis en évidence sur les échantillons avec une écorce avérée. Ce protocole, en cours d'élaboration, est prometteur et constitue « un complément intéressant à mobiliser plus régulièrement au cours des études » (Weitz, 2021).

Faute d'appliquer cette recherche toujours en cours, nous interprétons actuellement au sein de notre laboratoire, la présence d'un dernier cerne de croissance sous écorce comportant du bois final comme le témoin d'une coupe en automne-hiver. Ce choix s'appuie sur un faisceau d'indices et de recherches dendro-archéologiques qui tendent à

montrer la prédominance des abattages durant le repos végétatif (Le Digol & Bernard, 2007 : 315¹³). Tout d'abord, l'abattage des arbres se fait préférentiellement lorsque la sève est basse (Hoffsummer, 1995 : 60 ; Épaud, 2007 : 43 ; Hunot, 2011 : 42) ; les avantages sont nombreux tout comme les dangers à procéder différemment (Corvol, 1991 ; Mille, 1996 ; Chapelot, 2003 cités dans Le Digol & Bernard, 2007 : 349). Ensuite, la présence d'écorce encore bien adhérente sur les poutres d'une charpente suppose un abattage en hiver selon J.-Y. Hunot¹⁴, chercheur en archéologie du bâti. En effet, le cambium étant plus fragile en période de végétation, l'écorce se décollerait plus facilement si la coupe devait survenir au printemps ou en été (Hunot, 2001 : 34). Enfin, il est à noter que la circulation de la sève réduite au minimum durant l'automne-hiver induit une diminution du poids de la grume et de sa teneur en eau. La manipulation et le transport du bois sont donc facilités, que ce soit par bateaux ou chariots, mais surtout par flottage, processus « qui réclame, pour le chêne en l'occurrence¹⁵, une teneur en eau minimale pour assurer un tirant d'eau convenable et une flottabilité suffisante » (Marquet, 1973 : 171 cité dans Épaud, 2007 : 44). Par ailleurs, un bois à faible teneur en eau a une tendance à moins fléchir et les déformations dues au séchage sont également plus faibles, induisant logiquement un abattage de l'arbre au moment où son taux d'humidité est le plus bas (Épaud, 2007 : 44).

Cette pratique d'abattre des arbres pendant le repos végétatif est également préconisée dans la plupart des traités de charpenterie du XVIII^e jusqu'au XX^e siècle (Le Camus de Mézière, 1782 : 135 ; Rondelet,



Figure 10. « Dernier cerne de croissance avec cellules de la zone cambiale encore en place teintées en gris/bleu après le déchirement de l'écorce. Coupe transversale en lumière transmise » (Weitz, 2021).

© Labo. Dendro. IRPA.

¹² La « flache » correspond « dans un débit, à la présence d'une portion de la surface de la grume d'où provient la pièce ». Dictionnaire Larousse, en ligne, consulté le 31/03/2021.

¹³ « Un arbre ne produit plus de bois pendant la saison de repos végétatif (entre la fin du mois d'octobre et la fin du mois de février de l'année suivante, selon les conditions météorologiques et climatiques locales) (Baillie, 1982 d'après Varley & Gradwell, 1962). La saison d'abattage peut donc être établie, chez les essences à zone poreuse comme le chêne, à partir de la structure anatomique du dernier cerne (présence/absence du bois final). », Dr V. Bernard, dendrochronologue, Université de Rennes 1, CReAAH.

¹⁴ Unité Mixte de Recherche (UMR) 6566, CReAAH « Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire », Angers (France).

¹⁵ La masse volumique du chêne peut varier de 610 à 980 kg/m³, voire 1170 kg/m³ pour du bois de cœur (Épaud, 2007 : 44). La masse volumique de l'eau est légèrement inférieure à 1000 kg/m³ selon sa température.

1802-1817 ; Fourquet & Riboulet, 1949 : 11 cités dans Épaud, 2007 : 43). Par ailleurs, cette période correspond à la mise en disponibilité de nombreux travailleurs agricoles libérés des champs pendant l'hiver et donc présents pour effectuer des travaux d'abattage et d'entretien forestiers (Le Digol & Bernard, 2007 : 349).

L'abattage au printemps est plus rarement identifié lors des études dendrochronologiques. Il est souvent associé dans une même structure à un ou plusieurs abattages qui ont eu lieu pendant le repos végétatif, ce qui indiquerait que le travail de coupe en forêt commencé en automne se poursuit jusqu'au printemps de l'année suivante. Il faut souligner qu'un arbre abattu au début de la période de végétation présente l'avantage d'être moins attaqué par les insectes puisqu'il a « mobilisé et utilisé ses réserves d'amidon pour passer l'hiver » (Trouy, 2015 : 45). Enfin, certaines coupes réalisées au printemps correspondent à des événements exceptionnels : par exemple, une mobilisation de bois en urgence à la suite d'une destruction, ou une réparation (Épaud, 2007 : 43).

En l'absence de cambium préservé sur les pièces de bois d'une charpente, le plan d'échantillonnage *in situ* s'attache à identifier les pièces de bois présentant de l'aubier, ce qui permet d'estimer le nombre de cernes d'aubier manquant et de fournir ainsi un résultat sous forme de fourchette chronologique plus ou moins large¹⁶. Enfin, lorsque ni cambium ni aubier n'ont été prélevés, la date avancée après analyse doit être considérée comme un *terminus post quem* de l'abattage, puisque la partie de duramen manquante est impossible à déterminer ; le résultat obtenu proposera donc une date à partir de laquelle l'arbre a pu être coupé.

Le travail de datation proprement dit¹⁷ fournit donc une date pour le dernier cerne mesuré sur les échantillons, information qui correspond à l'abattage des arbres et non à leur utilisation. Le délai entre la date dendrochronologique et la mise en œuvre du bois est donc également à considérer. En charpenterie pour les périodes historiques, à maintes reprises, il a été montré que le bois est généralement utilisé rapidement : entre six mois et un an après l'abattage, dans la plupart des cas (voir par exemple : Hoffsummer, 1995 et 2002 ; Mille, 1996 ; Hunot, 2001 ; Épaud, 2007 ; Le Digol & Bernard, 2007 : 315 ; Houbrechts, 2008 ; Maggi, 2015a). Ceci signifie que la date d'abattage est le plus souvent proche de la date de construction du bâtiment ou de la structure étudiée. Ceci peut s'expliquer par le fait, d'une part, qu'un bois frais se travaille plus facilement que sec et endommage moins les outils, et, d'autre part, que les assemblages sèchent ensemble et renforcent la cohésion d'une structure. Les témoignages de cette utilisation rapide du bois en charpente sont nombreux. Ainsi par exemple les surfaces des poutres à l'origine planes sont devenues légèrement convexes et présentent des fentes de séchage qui ont parfois brisé les marques gravées sur le bois. Enfin, les résultats dendrochronologiques sur cambiums correspondent presque systématiquement aux millésimes, c'est-à-dire des dates inscrites dans la charpente ou ailleurs dans le bâtiment, lorsque ceux-ci sont présents.

2. Résultats et discussions

Pour les six études dendrochronologiques décrites ci-dessus, l'essence mise en œuvre est exclusivement le chêne (*Quercus robur* L. ou *Q. petraea* Liebl.). Celle-ci est en effet la plus courante dans nos régions pour ce type de construction. Par ailleurs, elle est parfaitement adaptée au travail de datation dendrochronologique¹⁸.

¹⁶ À l'IRPA, cette estimation s'appuie sur l'intervalle de 4 à 34 cernes d'aubier pour des individus âgés de moins de 120 à 150 ans, valable dans 95,4 % des cas (Lambert, 1996 et 2006 ; Durost & Lambert, 2007).

¹⁷ Le laboratoire de dendrochronologie de l'IRPA utilise le logiciel *Dendron IV* (Lambert, 2006 : pour la version II du logiciel, la version IV est actuellement inédite). G.-N. Lambert, chercheur CNRS-Laboratoire de Chrono-Écologie de l'Université de Franche-Comté – UMR 6249, collaborateur scientifique ULIège.

¹⁸ Des chronologies sont développées pour le chêne depuis les années 1980 en Belgique (par ex : Hoffsummer, 1989 ; Büntgen *et al.*, 2011 ; Tegel *et al.*, 2020).

2.1. L'abbaye de Forest, Forest

Cette abbaye bénédictine médiévale a été partiellement reconstruite dans la seconde moitié du XVIII^e siècle (**figure 2**). En effet, à la suite d'un incendie vraisemblablement de portée limitée (*De Waha, 2010 : 54-55*) survenu dans la bibliothèque le 26 mars 1764 (*Monasticon IV, 1964 : 216*), les moniales de Forest auraient saisi cette opportunité pour initier un projet de reconstruction de leur abbaye (décision actée le 6 mai 1764 ; *Verniers, 1949 : 69-70*). Elles mandatèrent l'architecte L.-B. Dewez (1731-1812) pour l'exécution des plans du nouveau complexe monastique, dont une série de bâtiments encadrant une large cour d'honneur en fer à cheval. Six combles datant de l'Ancien Régime sont encore en place. Afin de comprendre le déroulement du chantier de reconstruction, les archéologues en charge de l'étude du site ont notamment suivi les millésimes présents. Le premier, « DCCLXIV »¹⁹ sur le fronton intérieur de la porterie, fait référence à la pose de la première pierre le 12 septembre 1764. Le second millésime en chiffres arabes, « 1765 », a été gravé au ciseau sur la ferme III de la charpente sud de l'aile courbe occidentale. Et enfin, le dernier, également en chiffres arabes, est sculpté sur le battement de la double porte principale de la porterie de l'abbaye : « ANNO 1767 ». Cette date pourrait correspondre à la clôture du chantier avec la pose des éléments du second-œuvre : portes et châssis de fenêtres.

La nouvelle campagne dendrochronologique comptant 22 pièces prélevées avec cambium (la moitié de l'échantillonnage) a permis d'appréhender année après année le déroulement chronologique et spatial du chantier, situé entre les deux jalons fournis par les millésimes 1764 et 1767. Le chantier démarre par l'aile droite occidentale jusqu'à l'aile courbe orientale en passant par la porterie (abattages en automnes-hivers 1763-64²⁰, 1764-65d et au printemps 1765d). Il se poursuit par les deux grosses bâtisses (presbytère et hôtellerie) encadrant la cour d'honneur et appelées aujourd'hui « prieuré » à l'est (automne-hiver 1765-66d) et « château » à l'ouest (automne-hivers 1765-66d, 1766-67d et printemps 1767d ; **figure 11**). Quant au millésime « 1765 » relevé dans la charpente sud de l'aile occidentale, il correspond à la date d'abattage automne-hiver 1764-65d des bois utilisés dans cette partie de l'abbaye mis en œuvre directement après l'abattage.

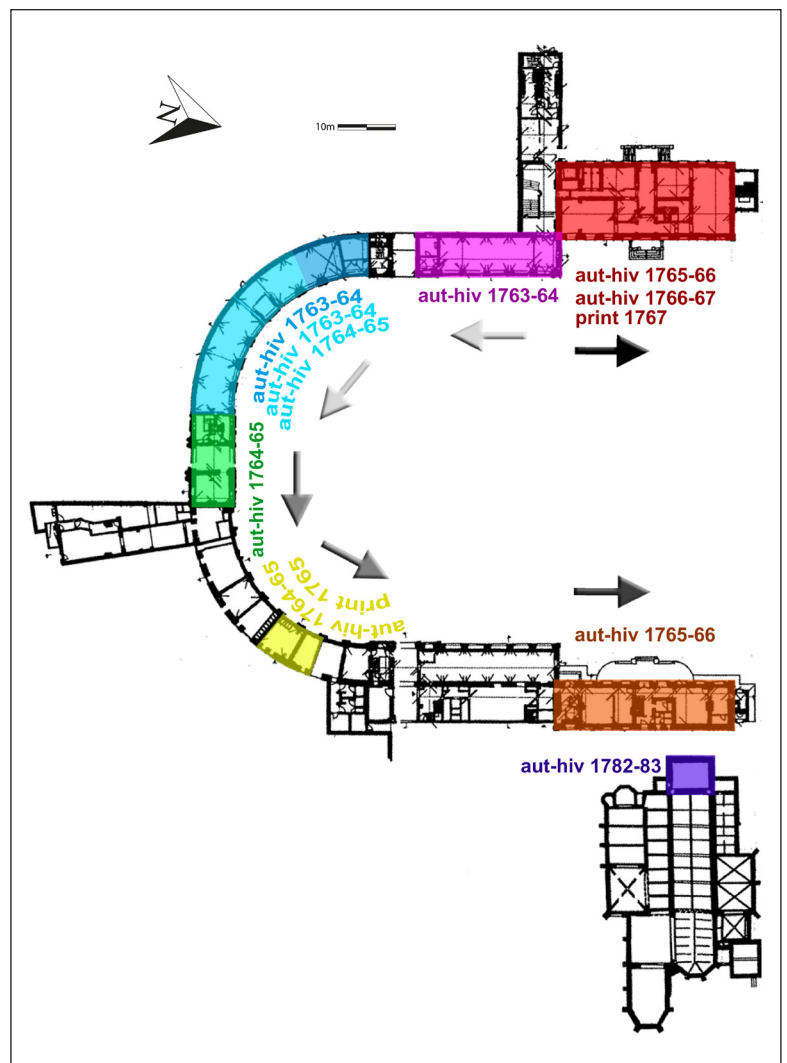


Figure 11. Localisation des structures prélevées (en couleur) et les datations dendrochronologiques retraçant le développement du chantier (flèches allant du gris clair au noir). Plan de Bernard Nicodème. © Annotations Labo. Dendro. IRPA.

¹⁹ « carolus alexander ord. Teut. Imp. Mag. Loth. dux. praef. Prim. Lap. Pos. Id. sept. MDCCLXIV » : Charles-Alexandre, grand maître de l'ordre teutonique dans l'Empire, duc de Lorraine, gouverneur des Pays-Bas, posa la première pierre le 12 septembre 1764 (*De Pange, 2008 : 27*).

²⁰ « Les dates obtenues par dendrochronologie sont suivies d'un d. Elles désignent la période d'abattage du bois ayant servi à la charpente. » (*Hoffsummer, 2002 : 7*).

L'analyse dendrochronologique entreprise sur ce site a ainsi mis en évidence certaines pratiques de gestion des ressources ligneuses comme la mise en œuvre de bois vert, mais aussi de coupes régulières en forêt en automne-hiver ainsi qu'au printemps (de 1763 à 1767 d'après les cambiums préservés et prélevés ; *figure 12*).

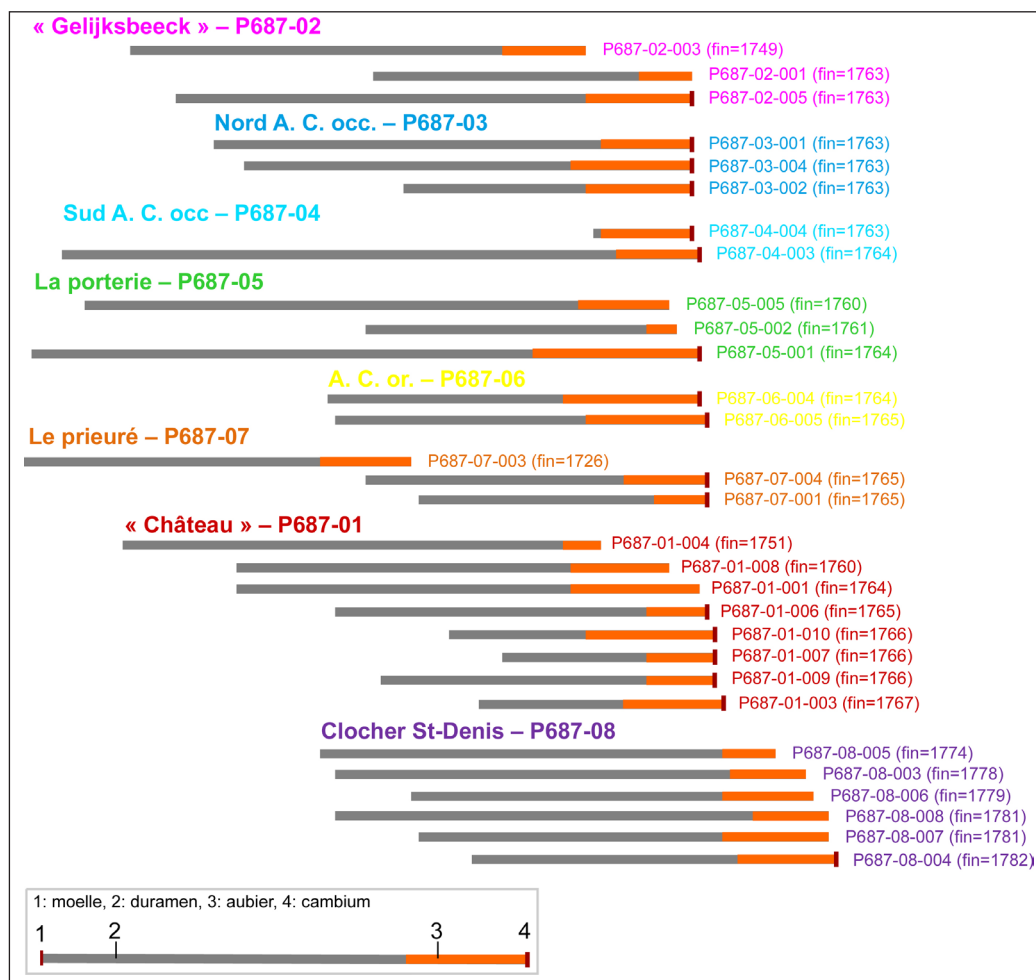


Figure 12. « Bloc-diagramme des 30 séries de cernes synchronisées composant la chronologie du site (en positions absolues, c'est-à-dire datées, et organisées par structures) » (Maggi et al., 2018). © Labo. Dendro. IRPA.

La première campagne d'abattage a donc eu lieu avant l'incendie (26 mars 1764), la décision de reconstruction (6 mai 1764) et la pose de la première pierre (12 septembre 1764). « Doit-on dès lors imaginer que les charpentiers en 1764 ont puisé dans des stocks de bois coupés au préalable et ensuite alimenté le chantier en fonction de besoins spécifiques et de l'avancement des travaux ? Ou est-ce que les moniales étaient déjà dans une dynamique de mise au goût du jour du complexe abbatial au moment de l'incendie²¹ – qui ne concerna vraisemblablement que la bibliothèque ? L'apport de ces nouvelles données autoriserait une relecture des archives de l'abbaye de Forest » (Comm. pers. P. Gautier et L. Hardenne (MAH), 19/05/2022). Enfin, le travail de datation a également révélé, grâce à la bonne qualité des synchronisations dendrochronologiques²² entre les bois des sept charpentes construites au cours du chantier, un approvisionnement homogène, tendant à indiquer une provenance géographique similaire pour les arbres mis en œuvre dans les différentes structures.

²¹ À l'image des abbayes d'Orval (début du chantier en 1760 ; de Braekeleer, 1992 : 25) et Gembloux (début du chantier en 1762 ; de Braekeleer, 1992 : 53) également reconstruites par Dewez. Parmi les premiers projets de ce dernier, il faut également citer les projets pour les abbayes d'Afflighem, Saint-Martin de Tournai ou Villers-en-Brabant (façade de l'église ; de Braekeleer, 1992 : 89-102). L'auteur place le projet de l'abbaye de Forest dans l'Époque de la Maturité (+/- 1762-1770).

²² À l'IRPA, le résultat du *t* de Student (calculé sur la base de deux coefficients de corrélation) est considéré comme significatif à partir de 4, il est bon à partir de 5 et très bon au-delà de 6 (risque d'erreur limité par l'indice de probabilité/sécurité ; Lambert, 2006 et 2011 ; Lambert et al., 2010).

2.2. Église Notre-Dame du Sablon, Bruxelles

Dans l'optique d'établir une datation précise des charpentes de l'église Notre-Dame du Sablon à Bruxelles (*figure 3*), 84 pièces de bois ont été prélevées dans le chœur, les deux bras du transept, la croisée et les deux phases de la nef. Ce nombre important d'échantillons était requis pour pallier la piètre qualité dendrochronologique des bois (cernes larges, arbres juvéniles, déformations de croissance, etc.). Les nombreux cambiums récoltés ont fourni des dates précises pour chaque structure et permis de retracer l'évolution du chantier qui s'étale sur 150 ans, de la fin du XIV^e siècle au milieu du XVI^e siècle, en six phases distinctes (*figure 13*). Pour chaque structure, une à deux phases d'abattages d'arbres au minimum ont été mises en évidence, à un an d'intervalle, principalement en automne-hiver, mais aussi parfois au printemps. Il est à noter que les cambiums datés ne sont pas localisés dans la même zone de la charpente, le montage des fermes ne suit donc pas le rythme des abattages. Elles ont certainement été mises en œuvre une fois le nombre de grumes nécessaires au chantier atteint. Le maître d'œuvre devait donc concevoir son projet de construction avec des abattages répartis sur plusieurs années, surtout pour un chantier d'envergure tel que celui de l'église Notre-Dame du Sablon. Ainsi, des coupes en forêt ont eu lieu en automnes-hivers 1391-92d et 1392-93d pour approvisionner le chantier du chœur, en automnes-hivers 1451-52d et 1452-53d pour celui du transept sud, en automne-hiver 1457-58d pour la construction de la croisée du transept, en automne-hiver 1476-77d et au printemps 1477d pour celle du transept nord, en automnes-hivers 1486-87d et 1487-88d pour le chantier des trois premières travées et de la nef, et enfin, en automnes-hivers 1532-33d et 1533-34d pour celui des quatre travées ouest de la nef.

L'analyse dendrochronologique a également montré sur ce site d'autres pratiques de gestion des ressources ligneuses comme l'utilisation d'une seule grume pour plusieurs pièces de charpente²³ ou encore le choix d'arbres jeunes à croissance lente pour les chevrons du chœur et d'arbres jeunes à croissance rapide pour les pièces de plus fortes sections comme les entrails, les coyers et les arbalétriers. Le travail de datation a également dégagé deux sources d'approvisionnement distinctes au moins : le nord de l'Allemagne pour les bois du chœur et une autre source déjà identifiée sur de nombreux sites bruxellois datés de notre référentiel²⁴, pour les bois des transepts, de la croisée et de la nef, abattus à plusieurs années d'intervalles.

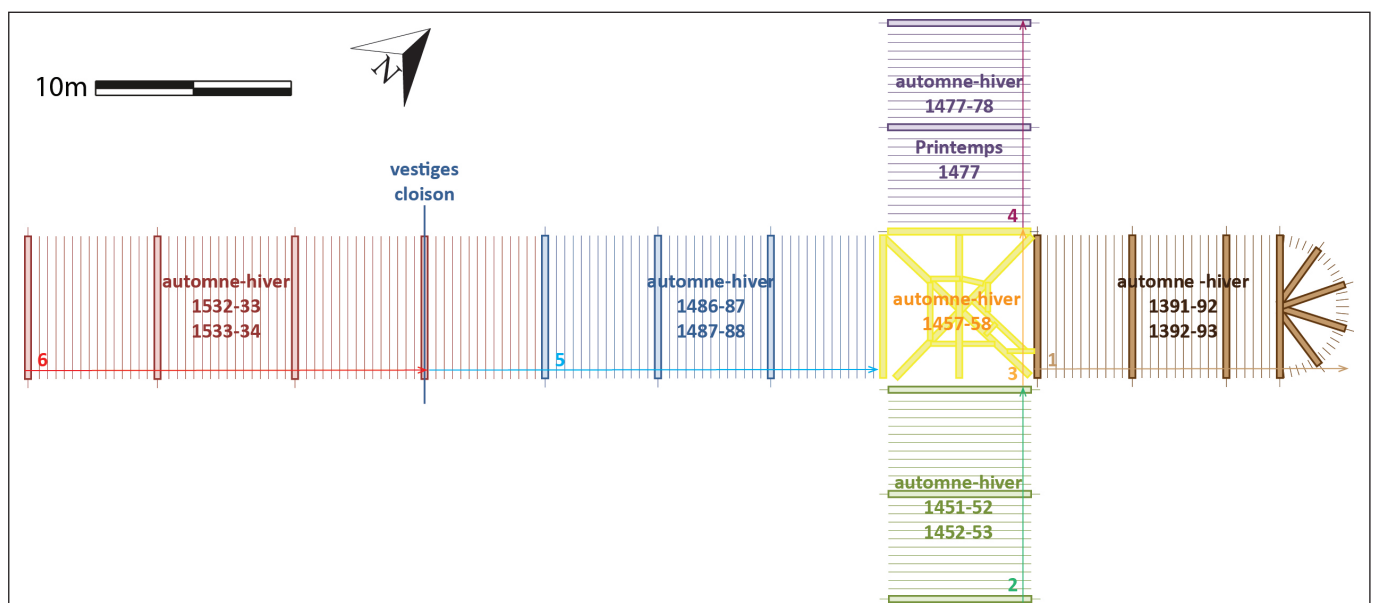


Figure 13. Évolution du chantier de construction en six phases sur 150 ans, datations dendrochronologiques obtenues (en couleur), plusieurs phases d'abattage par structure et localisation des vestiges de la cloison fermant la charpente au XV^e siècle.
© Schéma des fermes et annotations Labo. Dendro. IRPA, urban.brussels.

²³ Lorsque la qualité de la synchronisation, au calcul et au dessin, est suffisamment élevée, deux ou plusieurs séquences dendrochronologiques sont assemblées en une série individuelle représentative d'un seul individu/arbre, induisant que ces pièces prélevées proviennent du même arbre (par exemple [Fraiture, 2009b](#)).

²⁴ Voir note 38 (Projet de recherche FED-tWIN2020-prf024 – DEEP in Heritage, collaboration IRPA-ULiège).

Enfin, le résultat précis de la dendro-datation entreprise dans le comble de Notre-Dame du Sablon combiné aux observations de mise en œuvre du bois (notamment les marques d'assemblage) a permis de comprendre quand et dans quel ordre les fermes ont été montées, notamment au niveau de la croisée qui touche à la fois le chœur et les transepts (*figure 13*). Ainsi, les fermes principales et secondaires du chœur ont été construites en premier d'ouest en est, suivies par celles du transept sud, du sud vers le nord. La croisée est ensuite mise en place avec deux fermes ajoutées au nord et à l'ouest pour fermer le carré. Lorsque le transept nord se couvre d'une charpente, onze fermes secondaires sont tout d'abord élevées, suivies de deux fermes principales encadrant onze autres fermes secondaires. Ajoutons à cela la mise au jour, dans la nef, de vestiges d'une cloison provisoire ayant servi à fermer la charpente à la fin du XV^e siècle après la construction des trois premières travées est (*figure 13*). Certains montants de cette paroi sont encore en place, le négatif des autres est perceptible sur les entrails. De nombreux clous subsistent, alignés verticalement sur toute la hauteur de la première ferme de cette zone. L'état de conservation des abouts des pannes situés au niveau de la cloison, fort dégradés, indique qu'ils devaient dépasser de la paroi. Ils sont vraisemblablement restés à l'air libre pendant plus d'une quarantaine d'années (*figure 14*).



Figure 14. Vestiges de la cloison dans la nef. Montant encore en place sur l'arbalétrier et l'entrait, négatifs des planches et clous sur l'entrait, about d'une panne dégradé. © Labo. Dendro. IRPA, urban.brussels.

2.3. L'Hôtel de Ville, Bruxelles

Cet édifice important de la capitale a été incendié au cours du bombardement de la ville par les troupes françaises en août 1695 (*figure 4*). L'objectif de l'étude dendrochronologique des charpentes encore en place était double : comprendre le chantier de reconstruction et localiser sur le site les bois cités dans deux documents d'archives du chantier du début du XVIII^e siècle (liasse 505 - Archives anciennes - Archives de la Ville de Bruxelles). Ces textes indiquent la forêt de Soignes comme ressource, située à une dizaine de kilomètres au sud de Bruxelles. Identifier ces bois dans les charpentes permettait *de facto* de les inclure dans la recherche de dendro-provenance actuellement menée sur la région²⁵. En effet, si l'on sait par de nombreux documents que la forêt de Soignes a approvisionné des chantiers bruxellois, cette source reste difficilement caractérisable par la dendrochronologie : à ce stade de nos recherches, aucun signal caractéristique n'a pu être identifié parmi les prélèvements effectués ces 30 dernières années dans les bâtiments de la ville datés par dendrochronologie (plus de 200 sites à ce jour, 1960 carottes, sur ce territoire d'environ 40 km²).

²⁵ Voir note 38 (Projet de recherche FED-tWIN2020-prf024 – DEEP in Heritage, collaboration IRPA-ULiège). Cette question fera également l'objet d'un chapitre dans la publication en préparation dirigée par urban.brussels, P. Hoffsummer (ULiège) et A. Weitz (IRPA) : « Les charpentes en région bruxelloise du XII^e au XIX^e siècle, typologie et évolution, histoire, archéologie du bâti, dendrochronologie ».

Le premier document d'archive accorde au maître charpentier François van Benthem, pour une durée de trois mois, à partir de mars 1706, le droit de couper des arbres dans la forêt de Soignes. Le second détail les sommes versées à ce même homme pour le sciage, la garde et la découpe des arbres en forêt de Soignes entre le 25 mars 1706 et le 12 janvier 1707²⁶.

Contrairement aux charpentes de l'abbaye de Forest dans lesquelles les bois sont bien préservés et issus de chênes à croissance modérée à rapide (voir *supra* § 2.1), la fragilité de la matière en surface et le rythme de croissance très lent des bois mis en œuvre à l'Hôtel de Ville ont rendu le prélèvement à la tarière des derniers cernes de croissance et du cambium plus difficile. Au total, 67 pièces de bois ont été prélevées et la moitié a fait l'objet d'un complément d'échantillonnage permettant d'obtenir au final 34 séries dendrochronologiques avec cambium. Ce plan d'échantillonnage minutieux a permis d'établir deux grandes phases de chantier avec des datations aux saisons près pour pratiquement toutes les structures (une seule charpente, ne comptant que deux fermes, n'a pu être datée qu'en termes de *terminus post quem* ; **figure 15**).

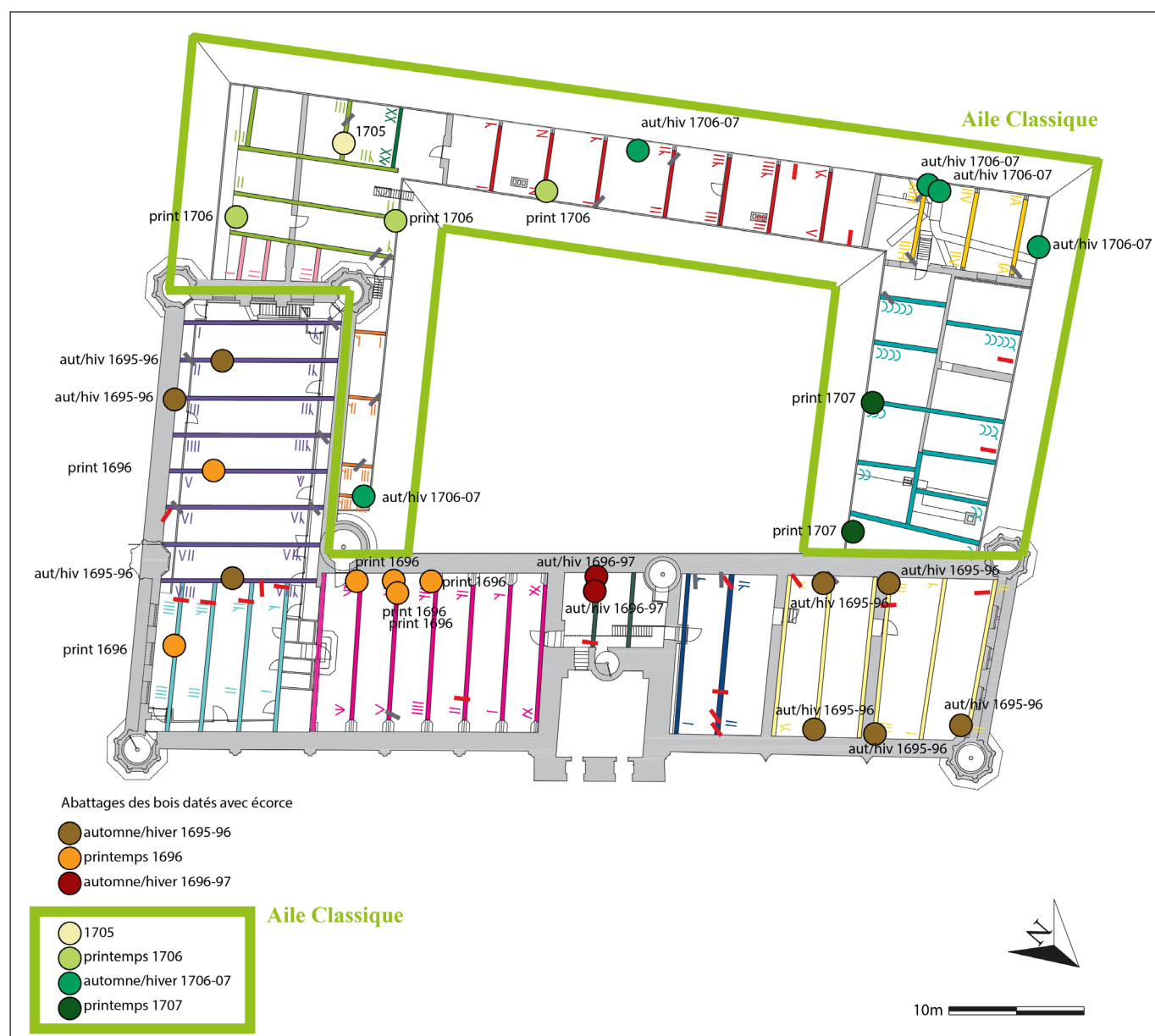


Figure 15. Résultats dendrochronologiques par structure, détail des saisons d'abattage pour les bois datés avec écorce et localisation des bois mentionnés dans les archives dans l'aile dite classique de l'Hôtel de Ville (en vert). Plan © Ville de Bruxelles, Urbanisme-Architecture-Bureau d'Etude (26-02-2016). © Annotations Labo. Dendro. IRPA, urban.brussels.

²⁶ Transcription et traduction de F. Boquet, Archives de la Ville de Bruxelles (AVB) et P. Charruadas, CReA-Patrimoine, ULB (Mémoire inédit ULiège : Weitz, 2012).

La reconstruction a commencé par les ailes orientale et occidentale, côté Grand Place, au nord-est. Au minimum trois phases d'abattage successives ont été nécessaires pour approvisionner le chantier : en automne-hiver 1695-96d, au printemps 1696d et en automne-hiver 1696-97d. Ces abattages suivent donc de près la destruction des charpentes puisque le centre de Bruxelles a été bombardé du 13 au 15 août 1695. Une dizaine d'années plus tard, l'Hôtel de Ville est agrandi au sud-ouest par la construction de l'aile dite « classique » mettant en œuvre des bois abattus successivement en 1705d²⁷, au printemps 1706d, en automne-hiver 1706-07d et au printemps 1707d. A nouveau, il s'agit certainement de coupes importantes pour des projets d'envergure que l'on imagine conçus dans leur globalité dès l'origine. L'étude dendrochronologique poursuivant l'objectif d'une datation fine a ainsi permis d'identifier les arbres de la forêt de Soignes dont la coupe est mentionnée dans les archives en 1706-1707 : ceux-ci ont été mis en œuvre dans les cinq charpentes de l'aile classique²⁸. En outre, ce travail identifie une autre source d'approvisionnement en bois, commune à l'Hôtel de Ville et à plusieurs charpentes plus modestes de maisons situées dans un rayon de 300 m autour de l'édifice²⁹.



Figure 16. Exemple de fermes à portiques typique en région bruxelloise, église Notre-Dame du Sablon à Bruxelles, nef (1488d). © Labo. Dendro. IRPA, urban.brussels.

Si la Belgique, aussi petite soit-elle, présente une grande diversité de terroirs dendrologiques³⁰, de ressources forestières qui se retrouvent par conséquent dans les charpentes, en région bruxelloise, les bois mis en œuvre sont généralement à croissance rapide, jeunes et souvent nouveaux. Ces caractéristiques du matériau disponible ont donc contraint les charpentiers à adapter la construction des fermes. C'est pourquoi les charpentes bruxelloises les plus courantes se composent de portiques étagés composés de bois courts (*figure 16*). De ces caractéristiques dendrologiques, Bruxelles a longtemps été considérée comme un terrain dendrochronologique difficile. Pourtant, depuis 2013³¹, la multiplication des chantiers dendrochronologiques accompagnée de la mise en place d'un plan d'échantillonnage approprié à ce

²⁷ Sur la carotte datée en 1705, « les derniers cernes de l'aubier sous l'écorce sont très minces et comportent peu, voire pas de bois final. Il est donc difficile de déterminer la saison d'abattage, printemps ou automne/hiver » (Weitz *et al.*, 2021b : 37).

²⁸ Ces individus datés et localisés serviront à alimenter la recherche qui vient de débuter (Projet de recherche FED-tWIN2020-prf024 – DEEP in Heritage, collaboration IRPA-ULiège), avec la Forêt de Soignes en tête pour tenter enfin de comprendre l'approvisionnement des nombreux chantiers bruxellois datés qui restent souvent imperméables à la dendroprovenance (voir note 38).

²⁹ Voir note 38 (Projet de recherche FED-tWIN2020-prf024 – DEEP in Heritage, collaboration IRPA-ULiège).

³⁰ Notion développée par O. Girardclos et C. Petit, concernant l'interprétation des coefficients de corrélations pour des arbres soumis à des conditions de croissance similaires, sous les mêmes influences locales (Girardclos & Petit, 2011 : 368).

³¹ Cadre : un marché de services en 2013 visant à la réalisation d'un inventaire typologique et dendrochronologique des charpentes anciennes en région de Bruxelles-Capitale [Dendro_2013] via le « Pôle de dendrochronologie et d'étude archéologique de bois en Région bruxelloise » associant les laboratoires de dendrochronologie de l'ULiège et l'IRPA. Ensuite, de 2016 à 2020, une Convention visant à l'analyse dendro-archéologique de bâtiments relevant du patrimoine régional et de sites archéologiques en Région de Bruxelles-Capitale, avec le « Pôle », puis à partir de 2021 avec le laboratoire de dendrochronologie de l'IRPA.

matériel a permis de surmonter les difficultés de datation, résultant à ce jour en une base de données datées conséquente sur un si petit territoire³².

2.4. La cathédrale Saint-Rombout, Malines

En 1342, la ville de Malines est ravagée par les flammes (De Munck, 1777 : 108). La cathédrale Saint-Rombout consacrée 30 ans plus tôt n'a pas été épargnée, alors qu'elle n'était pas même achevée (figure 5). L'objectif de la mission dendrochronologique était d'identifier un maximum de phases de construction des charpentes, sachant que le bâtiment a été touché par cet incendie au XIV^e siècle mais aussi en 1970, et de confronter les résultats tant à la première analyse dendrochronologique, qu'à l'étude des éléments architecturaux sculptés, ainsi qu'à la chronologie des tailles de pierre et au relevé des traces d'incendie dans les combles (figure 17). Cette étude pluridisciplinaire a, dans un premier temps, conduit à la confirmation des hypothèses de datation dendrochronologique de l'ULiège pour les charpentes de la nef (abattages entre 1370 et 1385d³³, entre 1485 et 1495d pour l'agrandissement ouest) et du transept (abattages entre 1343 et 1355d, entre 1351 et 1365d pour le transept nord). L'étalement des datations dendrochronologiques des charpentes retrace ainsi la progression des travaux de réédification des charpentes peu après l'incendie de 1342. Le chantier a débuté dans le transept sud, la croisée et une partie du transept nord. Ensuite, le transept nord a été achevé et enfin la charpente de la nef a été reconstruite. Cette progression concorde avec les informations connues des archives qui indiquent une reprise des offices dans le chœur en 1366 (De Munck, 1777 : 108 ; Laenen, 1920 : 94), soit après l'achèvement du transept, mais avant la restauration de la nef.

La confrontation entre les datations dendrochronologiques et les traces d'incendie dans le comble a de plus dévoilé une zone épargnée par les flammes : le bas-côté nord (*terminus post quem* pour l'abattage en 1270d et aucune trace de feu sur les maçonneries). Le comble de la cathédrale n'aurait donc pas entièrement brûlé. Ajoutons encore que la combinaison entre l'étude stylistique des sculptures, des traces de taille sur la pierre, des résultats dendrochronologiques et la localisation des traces d'incendie ont mené à la localisation des secteurs construits mais dépourvus de charpentes en 1342 (rappelons que la cathédrale était en cours de construction quand la ville a été incendiée). C'est le cas de la sacristie et de la chapelle attenante, toutes deux dotées de bois de charpentes abattus au cours de la même période (entre 1332-1353d et entre 1337-1357d³⁴). Ici, seuls les murs du comble de la sacristie présentent des traces de l'incendie de 1342. L'absence de traces dans la chapelle attenante pourrait indiquer que cette dernière ne possédait pas encore de charpente au moment de la catastrophe. Elle rejoint donc les chapelles des Brasseurs et Schoonjans dans la liste des chantiers inachevés en 1342, puisque les maçonneries de ces dernières sont non seulement en calcaire gréseux présentant la technique de taille « phase I », antérieure à l'incendie (1312-1342 ; Doperé, 2018) mais sont aussi décorées de sculptures quant à elles datées de la deuxième moitié du XIV^e siècle (Geelen, 2013 : 13-15). Terminons par la charpente de la salle capitulaire dont le comble comporte des traces d'incendie alors que les bois qui la composent ont été abattus avant celui-ci (automne-hiver 1315-1316d, soit peu après l'inauguration de la collégiale en 1312). L'hypothèse avancée pour expliquer ce cas particulier serait le réemploi de pièces de bois épargnées par les flammes ou l'utilisation de bois hérités d'un stock disponible constitué pour le chantier en cours au moment de l'incendie en 1342 (voir même déjà mis en œuvre pour intégrer un comble).

³² Voir Hoffsummer & Weitz (en préparation), « Les charpentes en région bruxelloise du XII^e au XIX^e siècle, typologie et évolution, histoire, archéologie du bâti, dendrochronologie », urban.brussels.

³³ L'estimation utilisée à l'ULiège en 2002 pour calculer le nombre de cernes d'aubier manquants n'est pas connue.

³⁴ Elles étaient donc en place quand les offices ont repris dans le chœur en 1366 et ont été édifiées en même temps que les charpentes du transept.

2.5. Le château d'Annevoie, Namur

Dans ce château actuellement entouré de douves et d'un exceptionnel jardin (*figure 6*), l'étude archéologique menée par l'AWaP a révélé plusieurs phases d'agrandissement apportées au petit logis construit au XVI^e siècle : au XVII^e siècle, au début et à la fin du XVIII^e siècle. Grâce à la présence de nombreux cambiums, l'analyse dendrochronologique a précisé le déroulement du chantier du XVIII^e siècle en identifiant trois phases de travaux au lieu de deux. La première a nécessité l'abattage d'arbres durant l'automne-hiver 1729-30d pour aménager la charpente du bâtiment est et les étages de la tour. À l'occasion de ce chantier, la charpente de la tour préexistante, datée par dendrochronologie du premier quart du XVII^e siècle (abattage des arbres au printemps 1624d), a été démontée et remontée au sommet des murs.

La seconde phase correspond à l'aménagement du bâtiment central avec des abattages situés aux alentours de la moitié du XVIII^e siècle (aucun cambium n'a été préservé dans ce secteur). Enfin, la dernière intervention a unifié l'ensemble du château dans un plan classique avec pavillons d'angle et a nécessité au moins quatre abattages successifs (automne-hivers 1770-71d, 1771-72d, 1772-73d, 1773-1774d et printemps 1773d). Le travail de datation établit une source commune pour ces trois phases de chantier. En effet, la matrice carrée de corrélation³⁵ obtenue entre ces bois présente de fort taux de synchronisation (*figure 18*) entre prélèvements provenant des phases d'abattage du début, du milieu et

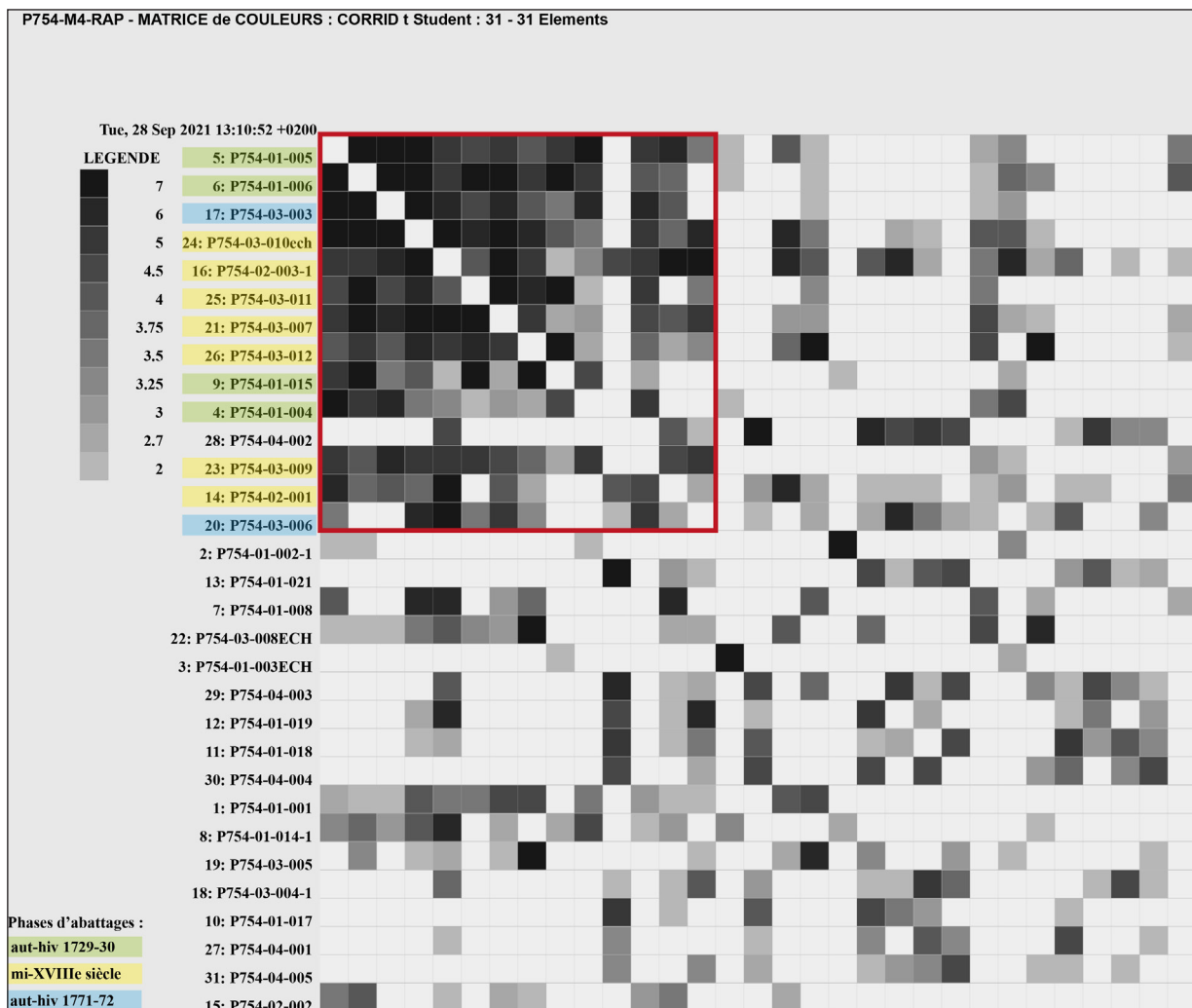


Figure 18. Matrice carrée de corrélation calculée pour les bois datés du site, présentant les meilleurs taux de synchronisation entre des prélèvements provenant de phases d'abattage du début, du milieu et de la fin du XVIII^e siècle.

© Labo. Dendro. IRPA.

³⁵ Les positions relatives des échantillons les uns par rapport aux autres peuvent être vérifiées à l'aide d'une *matrice carrée des corrélations* : un tableau à double entrée qui reprend les taux de corrélations obtenus pour chaque échantillon comparé à tous les autres en position relative (automatiquement produit par *Dendron IV*, Lambert, 2006).

de la fin du XVIII^e siècle. D'après notre référentiel de chronologies datées, la provenance est située entre le bassin du Rhin moyen et celui de la Meuse moyenne³⁶, probablement dans la Province de Namur³⁷. Il est raisonnable d'envisager un approvisionnement local puisque le domaine du Château d'Annevoie était doté au XVIII^e siècle d'espaces boisés (Comm. pers., M. Verbeek, AWaP, 15/09/2022).

2.6. Le beffroi de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste, Liège

L'étude dendrochronologique et archéologique entreprise dans le beffroi de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste à Liège (*figure 7*) a fourni un phasage assez fin de l'évolution de cette partie de l'édifice composée d'une tour carrée et de deux tourelles (*figure 19*). Les éléments les plus anciens prélevés dans la partie basse du beffroi datent du XI^e siècle (1027-1063d) et les pièces les plus récentes appartiennent à un réseau de poutres installées au sommet de la tour au début du XVII^e siècle (1606-1628d et 1636-1653d). Entre les deux, la tour et les tourelles ont été réhaussées à la fin du XII^e/début du XIII^e siècle, la base du beffroi a été construite avec des arbres abattus entre 1270 et 1280d tandis que le bâti des cloches met en œuvre des bois coupés en automnes-hivers 1366-67d et 1367-68d.

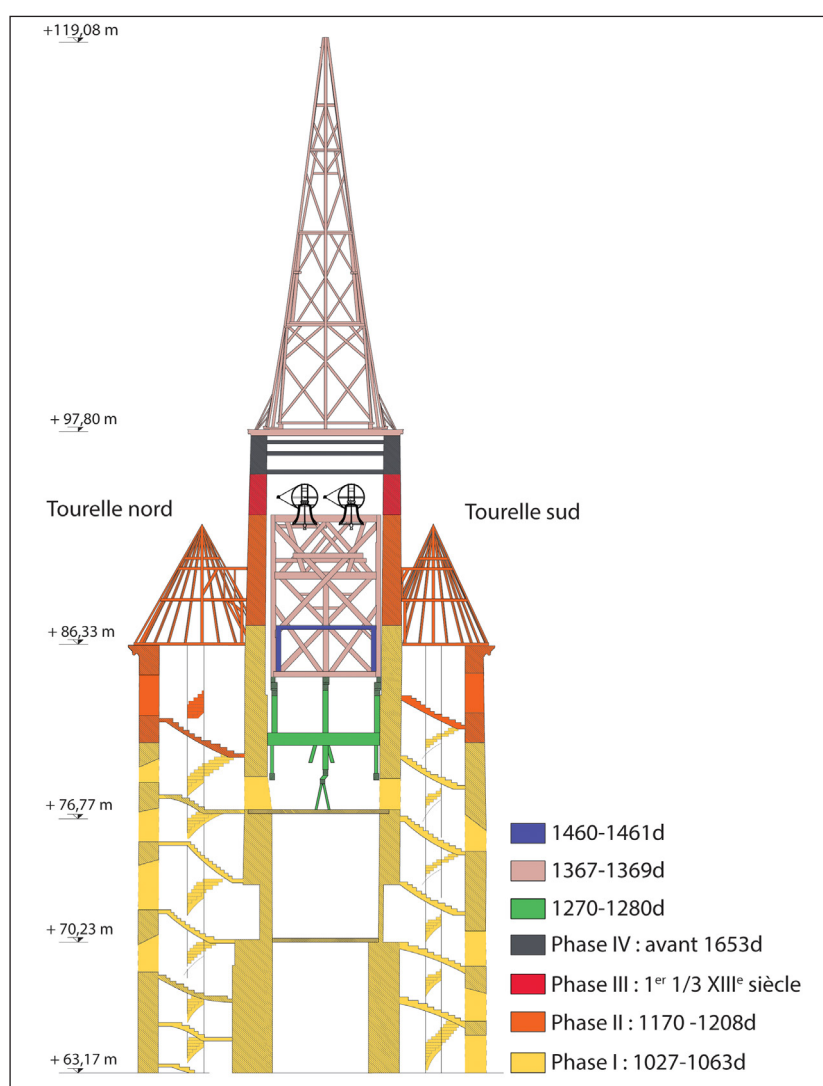


Figure 19. Phasages de la construction du beffroi mêlant observations archéologiques des maçonneries (Baudry et al., 2020) et résultats dendrochronologiques. Les portiques ajoutés a posteriori à la base de la charpente du beffroi sont en bleu (d'après un relevé du bureau Architectes Associés s.a.). Infographie © D. Mattiuz AWaP-DGO4. © Annotations AWaP.

³⁶ D'après notre référentiel de chronologies régionales de l'Europe de l'Ouest pour le chêne.

³⁷ D'après notre référentiel de chronologies de sites et de séries individuelles, pour l'ouest de l'Europe. Le projet FED-tWIN (ULiège-IRPA) devrait également à terme apporter des réponses plus précises à ce sujet (voir note 38).

L'analyse dendrochronologique a également révélé que la toiture en flèche qui coiffe la tour actuelle est celle d'origine alors qu'elle était supposée détruite par la foudre en 1491 (abattage automne-hiver 1368-69d). Elle a également mis en lumière quatre portiques qui ne fonctionnent pas avec la charpente du beffroi. En effet, les bois mis en œuvre ont été abattus un siècle après ceux de la charpente, durant l'automne-hiver 1460-61d (*figure 19*). Au vu de ce résultat, les archéologues ont consulté les archives du chapitre pour cette période afin de comprendre ce chantier supplémentaire au XV^e siècle. Leurs recherches, orientées par les dates dendrochronologiques, ont en effet permis de retrouver une mention de consolidations survenues suite à de grands vents qui auraient endommagé la tour en 1459 (Lahaye, 1921-1931 : 420 ; comm. pers., A. Baudry, archéologue indépendant, 07/10/2020).

Conclusion et perspectives

Les édifices cités dans cet article relèvent du patrimoine exceptionnel belge et ont chacun bénéficié d'une campagne dendrochronologique conséquente, souvent effectuée dans un cadre de recherches combinant des études archéologiques et historiques. Ces exemples illustrent l'importance de la phase d'échantillonnage *in situ* dans la compréhension de la structure et ceci afin d'atteindre des objectifs tels que la datation fine d'un chantier de construction ou de restauration. La multiplication des prélèvements, la réalisation de compléments d'échantillonnage ou encore l'observation de l'anatomie du bois du dernier cerne formé, sont autant de possibilités aidant à cette précision. Pour atteindre ces objectifs, l'élaboration du plan d'échantillonnage ne peut se passer des observations archéologiques et de mise en œuvre du bois. Bien orienté, il permet de retracer en détails et sur plusieurs siècles la construction d'édifices majeurs tels que l'abbaye de Forest ou l'église Notre-Dame du Sablon à Bruxelles, d'appréhender l'état d'un chantier de grande ampleur avant et après une catastrophe comme celui de la cathédrale Saint-Rombout de Malines ou de l'Hôtel de Ville de Bruxelles, de comprendre le travail en forêt et l'approvisionnement en bois intimement liés au chantier, comme au château d'Annevoie, en déterminant d'où proviennent les arbres utilisés, en comptabilisant le nombre de coupes successives nécessaires pour couvrir de grandes structures tels qu'un chœur, un transept puis une nef ou plusieurs ailes typologiquement différentes.

C'est par le nombre de sites étudiés et de bois prélevés que des synthèses sur le déroulement du chantier et son approvisionnement peuvent être élaborées. Par exemple, les très hautes corrélations dendrochronologiques obtenues entre les arbres mis en œuvre sur différents sites bruxellois vont nous permettre d'établir des terroirs dendrochronologiques, notamment une source commune, actuellement non localisée, ayant fourni des bois de construction à l'abbaye de Forest et à plusieurs autres sites bruxellois datés de la même période ou encore une autre source d'approvisionnement pour l'Hôtel de Ville et plusieurs charpentes plus modestes situées autour de l'édifice. Les recherches en cours, notamment via le projet « DEEP in Heritage » pourront aider à localiser sur le territoire belge la provenance de ces bois³⁸.

L'étude d'un bâtiment dans son ensemble reste un atout majeur pour la compréhension du site et de son histoire. Qu'il s'agisse des charpentes, permettant, par exemple, de déceler la mise en œuvre de bois plusieurs années après leur abattage dans un contexte particulier d'un chantier interrompu par un incendie comme à la cathédrale Saint-Rombout à Malines ou qu'il s'agisse des éléments de second œuvre, non développés dans le présent article, qui permettent d'appréhender l'évolution des voies de circulation au sein de l'édifice.

³⁸ Notre référentiel de datation est composé de chronologies datées et localisées. Les meilleurs taux de synchronisation et la réplication sur l'ensemble du corpus permettent de regrouper des bois datés présentant une croissance similaire et fournissent parfois une indication sur la provenance géographique de ces bois mis en œuvre (par exemple : [Fraiture, 2009a](#)), ce que nous appelons la dendro-provenance. Une recherche à ce sujet a débuté en 2022, « DEEP in Heritage » - DEndrochronology, Efficiency, Provenance. From the forest to Heritage, menée par V. Labbas (projet FED-tWIN2020-prf024, ULiège-IRPA). Elle devrait, à terme, apporter quelques précisions quant à la provenance, à plus ou moins longues distances, des arbres mis en œuvre en région bruxelloise et ailleurs en Belgique.

La dendrochronologie date le bois, mais elle peut aller bien au-delà. Elle touche la chronologie fine du chantier, les détails de son approvisionnement, et la sélection de la matière première, le bois, qui fait corps avec le savoir-faire des artisans.

Conflit d'intérêts

Aucun conflit d'intérêts à déclarer.

Bibliographie

- Baillie, M. G. L., 1982. *Tree-Ring Dating and Archaeology*, Croom Helm, Londres, 272 p. <https://doi.org/10.4324/9781315748689>.
- Baillie, M. G. L., 1995. *A Slice through Time. Dendrochronology and Precision Dating*, Londres, 176 p.
- Bary-Lenger, A., Nebout, J.-P., 1993. *Le chêne. Les chênes pédonculé et sessile en France et en Belgique (Ecologie - Economie - Histoire - Sylviculture)*, Éditions du Perron, Aleur-Liège, 604 p.
- Baudry, A., Wilmet, A., 2020. *Étude archéologique préalable aux travaux de restauration de l'église Saint-Jean l'Évangéliste à Liège*, rapport sous l'égide de la Direction Opération Zone-Est de l'Agence wallonne du Patrimoine, 95 p. (rapport inédit)
- Beuting, M., 2011. Dendro-organology? The dendrochronological method applied to musical instruments, in : Fraiture, P. (éd.), *Tree Rings, Art, Archaeology. Proceedings of the conference, Brussels, Royal Institute for Cultural Heritage, 10-12 February 2010*, Royal Institute for Cultural Heritage (*Scientia Artis*, 7), Bruxelles, 273-283.
- Büntgen, U., Tegel, W., Nicolussi, K., McCormick, M., Frank, D., Trouet, V., Kaplan, J., Herzig, F., Heussner, U., Wanner, H., Luterbacher, J., Esper, J., 2011. 2500 years of European climate variability and human susceptibility, *Science*, 331, 578-582. <https://doi.org/10.1126/science.1197175>.
- Chapelot, O., 2003. Bois sec, bois vert. Vraie ou fausse question ?, in : Poisson, J.-M., Schwien, J.-J. (éds.), *Le bois dans le château de pierre au Moyen Âge. Actes du colloque de Lons-le-Saunier*, Presses Univ. Franche-Comté, Besançon, 79-89.
- Corvol, A., 1991. Exploitation sylvicole et botanique forestière, aux XVII^e-XVIII^e siècle, in : Corvol, A. (éd.), *La forêt. Actes du 113^e congrès national des sociétés savantes, Strasbourg, 1988*, Éditions du CTHS, Paris, 295-304.
- Cremer, S., 2016. *Rapport d'étude de la mise en œuvre des bois. Charpentes de l'église Notre-Dame du Sablon à Bruxelles*, KIK-IRPA, Bruxelles, 65 p. (rapport inédit)
- Cremer, S., Doperé, F., 2021. Église en flammes ! Traces de taille, traces d'incendie et dendrochronologie. Le cas de l'ancienne collégiale/cathédrale Saint-Rombaut à Mechelen/Malines (BE), in : *Cerner le passé. Mélanges en l'honneur de Patrick Hoffsummer*, Atelier des Presses, Liège, 403-416.
- Cremer, S., Fraiture, P., Hoffsummer, P., Modrie, S., Maggi, C., Sosnowska, P., Weitz, A., 2016. Bois, brique et fer : Approche multi-disciplinaire de la charpente de l'église Notre-Dame du Sablon, *Archaeologia Mediaevalis*, 39, Bruxelles, 151-153. <https://hdl.handle.net/2268/197386>.
- Cremer, S., Maggi, C., Fraiture, P., 2018. *Verslag van de dendrochronologische analyse van de gebinten van de Sint-Romboutskathedraal te Mechelen*, ongepubliceerd verslag, KIK-IRPA, Bruxelles, 110 p. (rapport inédit)
- Cremer, S., Weitz, A., Maggi, C., Fraiture, P., 2021. *Rapport d'analyse dendrochronologique des charpentes, voliges et poutres de planchers du Château d'Annevoie*, rapport P754, KIK-IRPA, Bruxelles, 61 p. (rapport inédit)
- De Braekeleer, C., 1992. *Laurent-Benoît Dewez. 1731-1812*, Lemaire, Soignies, 138 p.
- De Harlez de Deulin, N., 2020. *Les jardins du château d'Annevoie. Histoire et génie hydraulique*, Société archéologique de Namur, Namur, 304 p.
- De Munck, J.-J., 1777. *Gedenck-schriften dienende tot ophelderinge van het leven, lyden, wonderheden, ende duysentiaerige eer-bewysing van den heyligen bisschop ende martelaer Rumoldus, apostel ende patroon van Mechelen, Ioannes-Franciscus van der Elst* (Kessinger Legacy Reprints), Malines, 320 p.
- De Pange, I., 2008. *Au cœur de Forest. Église Saint-Denis, abbaye, maison communale*, ministère de la Région de Bruxelles-Capitale (Bruxelles, Ville d'Art et d'Histoire, 47), Bruxelles, 47 p. <http://patrimoine.brussels/liens/publications-numeriques/versions-pdf/bvah/au-coeur-de-forest>.
- De Waha, M., 2010. Le plan de Dewez pour l'abbaye de Forest, reflet de la situation médiévale du monastère, *Fédération des Cercles d'Archéologie et d'Histoire de Belgique. Congrès (LV, Namur)*, 1, 54-55. <http://hdl.handle.net/2013/ULB-DIPOT:oai:dipot.ulb.ac.be:2013/81724>.

- Demeure, Q., Heymans, V., 2003. *Les toitures de l'Hôtel de Ville de Bruxelles, étude historique*, Rapport INT-2003/8333/7, Ville de Bruxelles, département Urbanisme, section architecture, Cellule Patrimoine historique, Bruxelles, 61 p. (rapport inédit)
- Doperé, F., 2014. *Mechelen, Sint-Romboutskathedraal, Bouwhistorisch onderzoek, Onderzoek van de steenhouwtechnieken, Evolutie van de middeleeuwse bouwwerven*. Rapport, Tienen. (rapport inédit)
- Doperé, F., 2018. *Dater les édifices du Moyen Âge par la pierre taillée*, Safran, Bruxelles, 540 p.
- Durost, S., Lambert, G.-N., 2007. Révision dendrochronologique du Nord de la France à l'âge du Fer et du début de l'époque romaine, in : Barral, P., Daubigney, A., Dunning, C., Kaenel, G., Roulière-Lambert, M.-J. (éds.), *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Actes du XXXIX^e colloque international de l'AFEAF, Bienne, 5-8 mai 2005*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon, 19-36.
- Eeckhout, J., 2004. *Analyse dendrochronologique des charpentes de l'abbaye de Forest*, Université de Liège, n°638, 10 p. (rapport inédit)
- Eeckhout, J., Houbrechts, D., 2002a. *Analyse dendrochronologique de l'église Notre-Dame du Sablon*, Université de Liège, n° 505, 11 p. (rapport inédit)
- Eeckhout, J., Houbrechts, D., 2002b. *Analyse dendrochronologique de la cathédrale Saint-Rombaut à Malines*, Université de Liège, n° 411, 12 p. (rapport inédit)
- Eeckhout, J., Houbrechts, D., 2004. *Analyse dendrochronologique des charpentes de l'Hôtel de Ville de Bruxelles*, Université de Liège, n° 606, 13 p. (rapport inédit)
- Épaul, F., 2007. *De la charpente Romane à la charpente Gothique en Normandie. Évolution des techniques et des structures de charpenterie aux XII^e–XIII^e siècles*, Publications du CRAHM, Caen, 613 p.
- Fourquet, J., Riboulet, J., 1949. *Le charpentier en bois*, Éditions Eyrolles, Paris, 266 p.
- Fraiture, P., 2009a. Contribution of dendrochronology to understanding of wood procurement sources for panel paintings in the former Southern Netherlands from 1450 to 1650, in : *Dendrochronologia*, 27, 95-111. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.06.002>.
- Fraiture, P., 2009b. Dendrochronological Analysis of Pre-Eyckian Paintings, in : Stroo, C. (éd.), *Pre-Eyckian Panel Painting in the Low Countries, 1. Catalogue*, Brepols, Bruxelles, 47-69.
- Gautier, P., Ghesquière, V., Hardenne, L., 2019a, *Recherche archéologique sur les bâtiments de l'aile courbe orientale de l'abbaye de Forest [FO004-02]*, Rapport inédit, Musée Art & Histoire pour urban.brussels, Bruxelles. (rapport inédit)
- Gautier, P., Ghesquière, V., Hardenne, L., Cremer, S., Maggi, C., Weitz, A., 2019b. L'abbaye de Forest - Le projet inachevé de Laurent-Benoît Dewez (1764-1767). Étude archéologique de l'aile courbe orientale et du moulin domestique de l'abbaye (RBC), *Archaeologia Mediaevalis*, 42, 64-66.
- Geelen, I., 2013. *Figuratieve bouwsculptuur in de Sint-Romboutskathedraal van Mechelen*, Rapport, Bruxelles. (rapport inédit)
- Girardclos, O., Petit C., 2011. L'exploitation de la forêt vue par la dendro-archéologie, l'exemple d'Oedenburg (Alsace) entre 10 et 180 apr. J.-C., in : Reddé, M., Barral, P., Favory, F., Guillaumet, J.-P., Joly, M., Marc, J.-Y., Nouvel, P., Nuninger, L., Petit, C. (éds.), *Aspect de la Romanisation dans l'Est de la Gaule*, Bibracte, Glux-en-Glenne, 361-382.
- Henrard, D., Anslijn, J.-N., Baudry, A., Bolle, C., Coura, G., Cremer, S., Maggi, C., Mora-Dieu, G., Wilmet A., 2021. L'avant-corps de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste à Liège : premiers résultats de l'étude du bâti, *Archaeologia Mediaevalis* [en ligne], 44. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/267665>.
- Hoffsummer, P., 1989. *L'évolution des toits à deux versants dans le bassin mosan : l'apport de la dendrochronologie (XI^e-XIX^e)*, Thèse de doctorat, Université de Liège.
- Hoffsummer, P., 1995. *Les charpentes de toitures en Wallonie, typologie et dendrochronologie*, Ministère de la Région wallonne (coll. « Études et documents (Monuments et sites) », 1), Liège et Namur, 173 p.
- Hoffsummer, P. (éd.), 2002. *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Centre des Monuments Nationaux/Monum, Éditions du Patrimoine, Paris, 376 p.
- Houbrechts, D., 2008. *Le logis en pan-de-bois dans les villes du bassin de la Meuse moyenne (1450-1650)*, Dossiers de la Commission Royale des Monuments, Sites et Fouilles 12, Liège, 314 p.
- Hunot, J.-Y., 2001. *L'évolution de la charpente de comble en Anjou, du XII^e au XVIII^e siècle*, Patrimoine d'Anjou (coll. « études et travaux », 1), Angers.
- Hunot, J.-Y., 2011. La chaîne opératoire, approche archéologique. De la forêt à la charpente : le savoir-faire du charpentier en Anjou, in : Hoffsummer, P. (éd.), *Les charpentes du XI^e au XIX^e siècle. Grand Ouest de la France. Typologie et évolution, analyse de la documentation de la Médiathèque de l'architecture et du patrimoine*, Brepols, Turhout, 41-58.

- Laenen, J., 1920. *Histoire de l'Église Métropolitaine de Saint-Rombaut à Malines*, Tome II, L. Godenne, Malines, 386 p.
- Lahaye, L., 1921-1931. *Inventaire analytique des chartes de la collégiale Saint-Jean l'Évangéliste à Liège*, 2 tomes, Kiessling puis Lamertin, Bruxelles, 450 et 505 p.
- Lambert, G.-N., 1996. Recherche de signaux anthropiques dans les séries dendrochronologiques du Moyen Âge. Exemple des séquences de Charavines-Colletière, in : Collardelle, M. (éd.), *L'homme et la nature au Moyen Âge : paléoenvironnement des sociétés occidentales. Actes du V^e congrès international d'archéologie médiévale tenu à Grenoble, 6-9 octobre 1993*, Société d'Archéologie Médiévale, Caen, 143-152. www.persee.fr/doc/acsam_0000-0000_1996_act_5_1_1209.
- Lambert, G.-N., 1998, La dendrochronologie, mémoire de l'arbre, in : Ferdière, A. (éd.), *La datation en laboratoire*, Errance (coll. « Archéologique »), Paris, 192 p.
- Lambert, G.-N., 2006. *Dendrochronologie, histoire et archéologie, modélisation du temps. Le logiciel Dendron II et le projet*, Historic Oaks, Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Franche-Comté, 2 vol., 151 p. et 206 p.
- Lambert, G.-N., 2011. Dendrochronology, archaeology and science, in : Fraiture, P. (éd.), *Tree Rings, Art, Archaeology. Proceedings of the conference, Brussels, Royal Institute for Cultural Heritage, 10-12 February 2010*, Royal Institute for Cultural Heritage (*Scientia Artis*, 7), Bruxelles, 19-30.
- Lambert, G.-N., Bernard, V., Dupouey, J.-L., Fraiture, P., Gassmann, P., Girardclos, O., Lebourgeois, F., Le Digol, Y., Perrault, C., Tegel W., 2010. Dendrochronologie et dendroclimatologie du chêne en France. Questions posées par le transfert de données de bois historiques vers la dendroclimatologie, *EDYTEM, Cahiers de géographie*, 11, 197-208. <https://doi.org/10.3406/edyte.2010.1169>.
- Le Camus de Mézière, N., 1782. *Traité de la force des bois*, Benoît Morin, Paris, 374 p.
- Le Digol, Y., Bernard, V., 2007. Étude dendrochronologique, Dynamique de l'activité constructrice, Cycles d'exploitation forestière et gestion des bois d'œuvre, in : Prodéo, F., Ballarin, C., Marembert, F., Massan, P. (éds.), *Pineuilh (33) « La Mothe »*, Rapport de fouilles, Inrap, 3 vol., 309 p., 858 p. et 164 p.
- Maggi, C., 2015a. La construction architecturale du XIII^e au XVIII^e siècle, in : Halleux, R. (éd.), *L'Histoire des techniques en Belgique. De l'Antiquité à la fin du XVIII^e siècle*, Les éditions de la province de Liège, Liège, 807-826.
- Maggi, C., 2015b. *Rapport d'étude archéologique des armatures métalliques de charpente, Église Notre-Dame du Sablon, Bruxelles*, KIK-IRPA, Bruxelles, 9 p. (rapport inédit)
- Maggi, C., 2022. *Rapport d'étude archéologique des armatures métalliques de charpente, L'Hôtel de Ville de Bruxelles*, KIK-IRPA, Bruxelles, 10 p. (rapport inédit)
- Maggi, C., Cremer, S., Fraiture, P., 2018. *Rapport d'analyse dendrochronologique des charpentes de l'abbaye de Forest*, KIK-IRPA, MAH, P687, 56 p. (rapport inédit)
- Marquet, L., 1973, Le flottage du bois, *Enquêtes du musée de la vie Wallonne*, XIII(149-152), 163-204.
- Monasticon belge*, t. 4 : *Province de Brabant*, vol. 1, Centre national de recherches d'histoire religieuse, Liège.
- Mille, P., 1996. L'usage du bois vert au Moyen Âge : de la contrainte technique à l'exploitation organisée des forêts, in : Collardelle, M. (éd.), *L'homme et la nature au Moyen Âge : paléoenvironnement des sociétés occidentales. Actes du V^e congrès international d'archéologie médiévale tenu à Grenoble, 6-9 octobre 1993*, Société d'Archéologie Médiévale, Caen, 166-170. www.persee.fr/doc/acsam_0000-0000_1996_act_5_1_1212.
- MRBC, 2004. *L'église Notre-Dame du Sablon*, Ministère de la Région de Bruxelles-Capitale (coll. « Histoire & Restaurations »), Bruxelles, 247 p.
- Rondelet, J., 1814. *Traité théorique et pratique de l'Art de bâtir*, 6 vol., Chez l'auteur, enclos du Panthéon, Paris.
- Schweingruber, F. H., 1988. *Tree-rings, Basics and Applications of Dendrochronology*, Springer, Dordrecht, 276 p.
- Sosnowska, P., 2013. *De briques et de bois. Contribution à l'histoire de l'architecture à Bruxelles. Étude archéologique, technique et historique des matériaux de construction (XIII^e-XVIII^e s.)*, Thèse de doctorat inédite, Université Libre de Bruxelles, 3 vol., xi, 166 et 327 p.
- Sosnowska, P., Byl, S., Huyvaert, F., Doperé, F., 2018. L'Hôtel de Ville de Bruxelles. Apport de l'archéologie à la compréhension d'un édifice majeur au travers d'une étude des maçonneries gothiques, *Studia Bruxellae*, 12(1), 43-75. <https://www.cairn.info/revue-studia-bruxellae-2018-1-page-43.htm>.
- Tegel, W., Seim, A., Skiadaresis, G., Charpentier Ljungqvist, F., Kahle, H.-P., Land, A., Muigg, B., Nicolussi, K., Büntgen, U., 2020. Higher groundwater levels in western Europe characterize warm periods in the Common Era, *Scientific Reports*, 10, 16284. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73383-8>.
- Trouy, M.-C., 2015. *Anatomie du bois. Formation, fonction et identification*, éditions Quae, Versailles, 184 p.

- Verniers, L., 1949. *Histoire de Forest lez Bruxelles*, Éditions A. De Boeck, Bruxelles, 356 p.
- Weitz, A., 2012. *La Provenance du bois d'œuvre en région Bruxelles-Capitale : première approche de la question à travers l'étude et la révision des données du laboratoire de dendrochronologie de l'ULg/CEA*, Mémoire de Master, Université de Liège, 2 vol., 187 et 332 p. (inédit)
- Weitz, A., 2021. « Bois flache » : détermination des structures anatomiques conservées sur les bois anciens mis en œuvre en bâti autour de la question de la précision de la datation dendrochronologique -travail exploratoire, in : *Cerner le passé – Mélanges en l'honneur de Patrick Hoffsummer*, Ateliers des Presses, Liège, 219-228.
- Weitz, A., Cremer, S., Maggi, C., Fraiture, P., Gautier, P., Hardenne, L., 2021a. *Rapport d'analyse dendrochronologique, Hôtel de Lannoy, rue aux Laines 13 à Bruxelles (BR591)*, KIK-IRPA, MAH, P778, 66 p. (rapport inédit)
- Weitz, A., Gerrienne, P., 2014. *Rapport d'identification d'essence ID027, Église Notre-Dame du Sablon, Bruxelles*, ULg/ KIK-IRPA, 7 p. (rapport inédit)
- Weitz, A., Maggi, C., Cremer, S., Fraiture, P., Hoffsummer, P., 2016. *Rapport d'analyse dendrochronologiques, complément d'étude, Église Notre-Dame du Sablon, Bruxelles*, ULiège-KIK-IRPA, 505/P573, urban.brussels, 94 p. (rapport inédit)
- Weitz, A., Maggi, C., Cremer, S., Fraiture, P., Hoffsummer, P., 2018. Les charpentes de l'Hôtel de Ville de Bruxelles : témoin caché du XVIII^e siècle, *Studia Bruxellae*, 12(1), 76-79. <https://www.cairn.info/revue-studia-bruxellae-2018-1-page-76.htm>.
- Weitz, A., Maggi, C., Cremer, S., Fraiture, P., Hoffsummer, P., 2021b. *Rapport d'analyse dendrochronologiques, complément d'étude, Charpentes de l'Hôtel de Ville, Bruxelles*, ULiège-KIK-IRPA, 606/P686, urban.brussels, 94 p. (rapport inédit)

Archéologie, société et environnement
Archéology, Society and Environment

Journées Bois

Échanges interdisciplinaires sur le bois et les sociétés

Interdisciplinary meeting on wood and societies



sous la direction de • edited by

Paul Bacoup et Juliette Taïeb

JOURNÉES BOIS

Échanges interdisciplinaires sur le bois et les sociétés

Actes des rencontres internationales
des 18-19 octobre 2021
à l'Institut national d'Histoire de l'Art, Paris

Sous la direction de :
Paul Bacoup et Juliette Taïeb

ISSN 2752-4507
© ISTE Ltd

Ce travail a bénéficié du soutien financier du LabEx DynamiTe (ANR-11-LABX-0046)
dans le cadre du programme « Investissements d'Avenir »

**ORGANISATION DES RENCONTRES
ÉDITIONS SCIENTIFIQUES DES ACTES**

Paul Bacoup (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Protohistoire égéenne)
Juliette Taïeb (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Archéologies environnementales)

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Claire Alix (Univ. Paris 1, UMR 8096 ArchAm, Paris, France)
Vincent Bernard (CNRS, UMR 6566 CReAAH, Rennes, France)
André Billamboz (Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, Esslingen am Neckar, Allemagne)
Iris Brémaud (CNRS, UMR 5508 LMGC, Montpellier, France)
Valérie Daux (UVSQ, UMR 8212 LSCE, Gif sur Yvette, France)
Frédéric Épaul (CNRS, UMR 7324 CITERES, Tours, France)
Glenn P. Juday (Univ. d'Alaska, Fairbanks, États-Unis)
Mechtild Mertz (CNRS, UMR 8155 CRCAO, Paris, France)
Maria Ntinou (Univ. Aristote, Thessalonique, Grèce)
Christophe Petit (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Archéologies environnementales, Nanterre, France)
Hara Procopiou (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Protohistoire égéenne, Nanterre, France)
Willy Tegel (Chair of Forest Growth and Dendroecology, Univ. de Freiburg, Allemagne)

COMITÉ INVITÉ AUX RELECTURES SCIENTIFIQUES

Nicolas Adell (Univ. Toulouse Jean Jaurès, UMR 5193 LISST – Centre d'anthropologie sociale, Toulouse, France)
Cyrille Billard (DRAC Normandie – Service régional de l'archéologie, UMR 6566 CReAAH, Rennes, France)
Anne Bridault (CNRS, UMR 7041 ArScAn – Archéologies environnementales, Nanterre, France)
Gilbert Buti (Aix-Marseille Univ., UMR 7303 TELEMMe, Aix-en-Provence, France)
François Calame (Compagnon du devoir, Ministère français de la culture, Charpentiers sans frontières)
François-Xavier Chauvière (OPAN, Laténium, Parc et musée d'archéologie de Neuchâtel, Hauterive, Suisse)
Michel Daeffler (Univ. de Caen-Normandie, EA 7455 HISTEME, Caen, France)
Anthony Denaire (Univ. de Bourgogne, UMR 6298 ArTeHiS, Dijon, France)
Michelle Elliott (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Archéologies environnementales, Nanterre, France)
Thibaud Fournet (CNRS, UMR 7041 ArScAn – OrAM, France)
Florence Journot (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn, Nanterre, France)
Timothy Jull (Dept of Geosciences, Univ. d'Arizona, Tucson, États-Unis)
Damien Kunik (Musée d'ethnographie de Genève, département Asie, Suisse)
Blandine Lecompte-Schmitt (Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, Cellule Économie Végétale et Environnement, UMR 5600 EVS, Lyon, France)
Christophe Loiseau (Éveha – Centre val de Loire, UMR 8546 AOROC, Paris, France)
Quentin Megret (Univ. Côte d'Azur, UPR 7278 LAPCOS, Nice, France)
Pierre Mille (UMR 5600 ISTHME – EVS – CNRS de Saint-Étienne rattachée à Lyon, France)
Samuel Perichon (UMR 6590, Espaces et Sociétés – ESO-Rennes, Univ. Rennes 2, France)
Lisa Shindo (Service d'archéologie de Nice Cote d'Azur, France)

AVEC LE SOUTIEN DE

LabEx DynamiTe (ANR-11-LABX-0046), dont le GT « Changements environnementaux et sociétés dans le passé »
Collège des écoles doctorales de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
École doctorale d'archéologie (ED 112) de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Projet de recherche *Time4WoodCraft*
GDR 3544 Sciences du bois
Galerie Colbert de l'Institut national d'Histoire de l'Art
UMR 7041 Archéologies et Sciences de l'Antiquité, équipes « Archéologies environnementales » et « Protohistoire égéenne »
UMR 8096 Archéologie des Amériques
UMR 8212 Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

**RÉDACTEUR·RICE·S-EN-CHEF
DE LA REVUE ARCHÉOLOGIE, SOCIÉTÉ ET ENVIRONNEMENT**

Christophe Petit (Univ. Paris 1, UMR 7041 ArScAn – Archéologies environnementales, Nanterre, France)
Ségolène Vandeveld (Univ. du Québec à Chicoutimi, CERM / LabMaTer – LHASO, Saguenay, Canada)

Les évaluations des examinateurs externes sont prises en considération de façon sérieuse par les éditeurs et les auteurs dans la préparation des manuscrits pour publication. Toutefois, être nommé comme examinateur n'indique pas nécessairement l'approbation de ce manuscrit. Les éditeurs d'*Archéologie, Société et Environnement* assument l'entière responsabilité de l'acceptation finale de la publication d'un article.

Sommaire

Paul Bacoup et Juliette Taïeb.....	6
------------------------------------	---

Éditorial. Journées Bois. Échanges interdisciplinaires sur le bois et les sociétés

Editorial. Journées Bois: Interdisciplinary Meeting on Wood and Societies

Session I – Méthodes et techniques d'étude du matériau bois en contexte archéologique

Kaï Fechner et Clément Membrivès	12
--	----

Le bois dans un état inattendu. À la recherche des traces d'aménagements néolithiques et protohistoriques en milieu bien drainé (Belgique, nord de la France)

Wood in a unexpected state. Traces of neolithic and protohistoric installations in pits and ditches of acid and well-drained silty soils (Middle Belgium and northern France)

Margot Damery et Claire Houmard	39
---------------------------------------	----

Une lame à fendre des « bois » : comment travailler les matières dures d'origine végétale et animale au Magdalénien inférieur (Taillis des Coteaux, Vienne) ?

A blade to cleave wood/antler: how to work hard materials of vegetal and animal origin in the Lower Magdalenian (Taillis des Coteaux, Vienne, France)?

Juliette Taïeb, Valérie Daux, Claire Alix et Christine Hatté.....	57
---	----

Contribution of ¹⁴C wiggle-matching to dendroarchaeology of coastal Birnirk and Thule sites in northern Alaska

Apports du wiggle-matching aux études dendroarchéologiques de sites côtiers Birnirk et Thule dans le nord de l'Alaska

Session II – Ressources en bois, climat, sociétés. Reconstitution des milieux et interactions

Delphine Ravry, Sandy Poirier, Willy Tegel et Jérôme Brenot	76
---	----

Édifier une enceinte palissadée monumentale au Néolithique récent : ressources, exploitation, acheminement et utilisation des troncs de chênes (La Villeneuve-au-Châtelot, Aube)

Building a monumental enclosure in the Late Neolithic: resources, forest exploitation, and the transportation and use of oak logs (La Villeneuve-au-Châtelot, Aube)

François Blondel.....	96
-----------------------	----

Les bois archéologiques de l'Égypte romaine : entre essences locales et importées. Potentiel dendrochronologique pour une lecture climatique...

Archaeological wood from Roman Egypt: between local and imported species. Dendrochronological potential for a climatic reading...

Annie Dumont, Marion Foucher, Catherine Lavier et Philippe Moyat	112
--	-----

Contraindre la Loire au XVII^e siècle : histoire et archéologie des digues de Saint-Père/Sully-sur-Loire (45)

Dealing with the Loire River in the beginning of the 17th c.: history and archaeology of the dykes in Saint-Père / Sully-sur-Loire (45, France)

Sarah Cremer, Pascale Fraiture, Christophe Maggi et Armelle Weitz.....	129
--	-----

Secrets d'échantillon pour une dendrochronologie de précision

Sampling secrets for an accurate dendrodating

'Ada Acovitsiòti-Hameau et Philippe Hameau	153
--	-----

Bois et espaces boisés : en user et y vivre. Le paradigme des artisans du chêne et du genévrier au XX^e siècle en Provence

Wood and wooded areas: use the space and live inside. The paradigm of oak and juniper craftsmen in the twentieth century in Provence

Session III – Artisans du bois

Iris Brémaud, Claire Alix, Bernadette Backes, Pierre Cabrolier, Katarina Čufar, Nicolas Gilles, Michael Grabner, Joseph Gril, Miyuki Matsuo-Ueda, Nelly Poidevin, Olivier Pont and Samuel Rooney	164
Time4WoodCraft – The time of wood craftspeople, the time of crafts’ wood – an interdisciplinary exploration <i>Time4WoodCraft – le temps des artisans du bois, le temps des bois d’artisanats – une exploration transdisciplinaire</i>	
Théo Lebouc.....	182
Les charpentiers de bois tors. Travailler avec le bois de charpenterie de marine <i>Shipwrights. Working with timber in wooden boatbuilding</i>	
Chloé Paberz	193
Patrimonialisation et transformation des modèles de transmission des techniques de menuiserie en Corée du Sud <i>National heritage and transmission of woodworking techniques in contemporary South Korea</i>	
Anna Dupleix, Pascale Moity-Maïzi, Étienne Amiet et Delphine Jullien	202
Fabriquer ses ruches, est-ce prendre soin des abeilles ? <i>Making your own hive, is it taking care of the bees?</i>	

Session IV – Le bois dans les sociétés : analyser les techniques de travail du bois

Bernhard Muigg, Rengert Elburg, Wulf Hein, Anja Probst-Böhm, Sebastian Böhm, Peter Walter and Willy Tegel .	214
Woodworking and carpentry skills of the first agricultural societies in central Europe <i>Le travail du bois des premières sociétés agricoles d’Europe centrale</i>	
Patrick Féron	227
Le chaland-sablier de Bamako, en bois de pays (Mali) : 8000 ans d’innovations nautiques <i>The wooden barge, sand-carrier, of Bamako (Mali): 8000 years of nautical innovations</i>	
Fabrice Laurent, François Blondel et Tony Silvino	248
Un aqueduc en bois de la fin du I ^{er} siècle av. J.-C. à Aoste (Isère) <i>A wooden aqueduct from the end of the 1st century BC of Aoste (Isère)</i>	
Maxime Duval.....	262
Le tournage sur bois gallo-romain dans l’ouest de la cité des Trévires : tracéologie des chutes et structuration de l’artisanat <i>Roman woodturning in the western part of the Civitas Treverorum: toolmarks, processing waste and structure of the craft</i>	
Dominique Canny.....	271
L’artisanat du bois illustré par une panoplie d’outils de la fin du III ^e siècle / début du IV ^e siècle découverte à La Croix-Saint-Ouen (Hauts-de-France, Oise) <i>Woodcraft illustrated by a set of tools from the late 3rd / early 4th century AD discovered at La Croix-Saint-Ouen (Hauts-de-France, Oise)</i>	
Christophe Petit, Philippe Fajon, Michelle Elliott, Margot Langot-Koutsomitis, Aurélia Borvon, Clément Menbrivès et Pierre Wech.....	288
La nasse en osier (XIV ^e siècle) découverte dans l’Iton à Évreux (Eure), un rare témoin de la pêche à l’anguille <i>The wicker fish trap (14th century) discovered in the Iton river at Évreux (Eure), a rare example of eel fishing</i>	
David Rodrigues-Soares, Yannick Sieffert et Thierry Joffroy	301
L’usage du bois local en construction : évolution des outils face aux enjeux environnementaux <i>The use of local wood in construction: evolution of tools regarding environmental challenges</i>	

Mechtild Mertz.....	308
How four types of Japanese carpenters make use of the wealth of their country's wood species	
<i>Exploitation de la richesse en bois du Japon par quatre types de charpentiers</i>	
Gisèle Maerky	316
Percevoir les différences culturelles à travers le travail du bois : le cas des hampes d'armes de chasse ethnographiques de Patagonie australe	
<i>Perceiving cultural differences through woodworking: case study of hunting weapon shafts from southern Patagonia</i>	
Mathilde Buratti et Marie-Claude Ledoux.....	329
Les usages culturels du <i>Morinda lucida</i> Benth. en Afrique	
<i>Cultural uses of Morinda lucida Benth. in Africa</i>	