

## Verslag van dendrochronologische analyse van een waterput, Melsele - Beveren

Gemeente: Melsele  
Instelling of verzameling: Erfpunt  
Regentiestraat 63, 9000 Sint-Niklaas  
Type van object: Archeologisch hout  
Titel van het object: Pauwstraat 2018 - Waterput



Aanvrager: Thierry Van Neste, Archeoloog  
<thierry.vanneste@erfpunt.be>  
Contactpersoon: Idem  
Dossiernummer KIK: 2019.14291  
Betrokken cel(len) van het KIK: Labo dendrochronologie  
Verantwoordelijke van de cel(len): Dr. Pascale Fraiture  
Contactpersoon KIK: Armelle Weitz <Armelle.weitz@kikirpa.be>  
Datum van het verslag: 12/06/2020  
Vertaling uit het Frans: 19/06/2020, Oneliner translations

Dit verslag mag enkel in zijn geheel worden verspreid. Geen enkele grafiek of afbeelding mag worden gebruikt zonder toestemming van de auteur. Tenzij anders contractueel vastgelegd behoudt het KIK op exclusieve wijze alle auteursrechten op het gehele verslag zoals voorzien door de wetgeving.

## Objectbeschrijving

|                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| Gemeente             | Melsele                        |
| Instelling           | Erfpunt                        |
| Type van object      | Archeologisch hout             |
| Titel van het object | Pauwstraat 2018 - Waterput     |
| Datum                | ?                              |
| Materiaal            | Hout                           |
| Opmerkingen          | Dendrochronologische code P753 |

## Historiek van de studie

|                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Aanvraag                      | 27/08/2019                         |
| Prijsopgaven                  | 28/08/2019                         |
| Bestelbon                     | 18/10/2019                         |
| Levering van de monsters      | 18/10/2019                         |
| Dendrochronologische opnames  | 18-20/02/2020                      |
| Dendrochronologische datering | 20/02/2020 – 17/03/2020            |
| 14C                           | 08/06/2020                         |
| Eindverslag                   | 12/06/2020                         |
| Vertaling                     | 19/06/2020 – Oneliner translations |

Dit document is het technisch verslag van de dendrochronologische studie die werd uitgevoerd op de houten elementen van de waterput opgegraven te Melsele. Ze werd uitgevoerd in het kader van een archeologische studie door *Erfpunt*. Dit verslag maakt deel uit van een multidisciplinaire studie en de geboden informatie moet dus worden gecombineerd met de beschrijvingen, schetsen en andere technische verslagen rond dit onderwerp.

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Objectbeschrijving                                                                    | 2  |
| Historiek van de studie                                                               | 2  |
| 1 Protocol van de analyse                                                             | 4  |
| 1.1 Context van de monstername                                                        | 4  |
| 9                                                                                     |    |
| 1.2 Monstervoorbereiding en opmeting                                                  | 10 |
| 1.3 Softwarematige verwerking van de gegevens                                         | 10 |
| 1.3.1 Software en dendrochronologisch format                                          | 10 |
| 1.3.2 Referentieverzamelingen voor datering                                           | 11 |
| 1.3.3 Dendrochronologische datering                                                   | 11 |
| 1.4 Interpretatie van de dendrochronologische resultaten                              | 12 |
| 1.5 Interpretatie van de grafieken van de resultaten bekomen met <i>Dendron IV</i>    | 14 |
| 1.5.1 Gecumuleerde histogrammen                                                       | 14 |
| 1.5.2 Correlaties in waaivorm                                                         | 15 |
| 2 Waterput Melsele - Beveren                                                          | 17 |
| 2.1 Dendrochronologische studie                                                       | 17 |
| 2.1.1 Voorwerp van de studie                                                          | 17 |
| 2.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)                                             | 17 |
| 2.1.3 Dendrochronologische synchronisatie en datering (zie punten 1.3 en 1.4)         | 18 |
| 2.1.4 Dendrochronologische datering en interpretatie van de resultaten (zie punt 1.4) | 19 |
| 2.1.5 Besluit                                                                         | 20 |
| 2.2 Foto's van de gelichte monsters                                                   | 22 |
| 2.3 Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten            | 28 |
| 2.3.1 Samenvatting van de datering                                                    | 28 |
| 2.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeksen en van het gemiddelde   | 30 |
| Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering                 | 37 |
| Bijlage 2                                                                             | 41 |
| Bibliografie                                                                          | 42 |

# 1 Protocol van de analyse

Dendrochronologie is een erkende dateringstechniek voor hout die zich baseert op het groeiritme van de jaarringen om de periode waarin de bemonsterde bomen hebben geleefd te bepalen in de vorm van een kalenderdatum. De hoeveelheid hout die jaarlijks wordt geproduceerd door het merendeel van de bomen is afhankelijk van het klimaat en van andere omgevingsfactoren. De bomen die zijn gegroeid in een bepaald geografisch gebied hebben gelijkaardige groeireeksen oftewel dendrochronologische reeksen. Dat stelt de dendrochronologen in staat om datums toe te schrijven aan de monsters, door deze te synchroniseren met andere reeksen die reeds onderling werden gecorreleerd om referentiechronologieën te vormen<sup>1</sup>.

## 1.1 Context van de monstername

Bij een monstername moet rekening worden gehouden met belemmeringen van diverse aard. De gekozen elementen moeten representatief zijn voor de te bestuderen feiten en de houtsoort moet zich lenen voor dendrochronologie. In het noordwesten van Europa streken is dat het geval voor eik (*quercus robur* L. of *petraea* L.), beuk (*Fagus sylvatica* L.), grove den (*Pinus sylvestris* L.), gewone spar (*Picea* sp.) en lork (*Larix* sp.); deze houtsoorten zijn over het algemeen gevoelig voor klimaatvariaties. Het klimaatsignaal is daarentegen moeilijker waar te nemen in de groei van populier (*Populus* sp.), berk (*Betula* sp.), hazelaar (*Corylus* sp.), notelaar (*Juglans* sp.) of linde (*Tilia* sp.).

Ten slotte moeten de monsternames van een goede dendrochronologische kwaliteit zijn. Dit hangt in de eerste plaats af van de sterkte van het door de boom opgenomen klimaatsignaal. Dit kan echter niet duidelijk worden waargenomen voor de laboratoriumanalyse; het signaal kan vervaagd of zelfs helemaal uitgevaagd zijn door andere omgevingsfactoren dan diegene die voortvloeien uit het klimaat.

De kwaliteit van de monsternames heeft ook grotendeels te maken met het aantal groeiringen aanwezig op de monsters. Zo is, onafhankelijk van houtsoort, een reeks van een dertigtal jaren over het algemeen statistisch te kort voor een betrouwbare datering omdat meerdere voorstellen van synchronisme kunnen worden bekomen voor verschillende datums. Met reeksen van ongeveer 50 ringen, en idealiter 70 tot 80 ringen, kan een resultaat verschijnen, alhoewel men voor grove den minstens 80 tot 100 ringen nodig heeft voor een zeker resultaat<sup>2</sup>. Over het algemeen geldt: hoe meer ringen, hoe betrouwbaarder de datering<sup>3</sup>. Bovendien is het een belangrijke troef om te werken met een ensemble van contemporair hout waaruit men een groeigemiddelde kan afleiden, zowel voor de dendrochronologische benadering (versterking van het klimaatsignaal, zie lager – punt 1.3.3) als voor de archeologische (coherentie van de structuur).

Het aantal ringen aanwezig op de te dateren stukken is voornamelijk gebonden aan drie parameters, zonder direct verband met de afmetingen van het monster:

- De leeftijd: een jonge boom heeft slechts een beperkt aantal ringen.
- Het groeiritme: voor hout met een identieke diameter geldt dat men bij een trage groei dunne en dus veel ringen aantreft (Fig. 1b), terwijl een snelle groei wordt gekenmerkt door brede en dus minder ringen (Fig. 1a).
- De verwerking door de ambachtsman:
  - o Niet-gekantrecht rondhout (Fig. 2): het aantal meetbare ringen is maximaal vermits het hout is onttakt en zo wordt gebruikt, met of zonder de schors.
  - o Balken (Fig. 3): het kantrechten van het rondhout leidt tot materiaalverlies (de *dosse*), maar het buitenste gedeelte van het hout kan behouden blijven ter hoogte

---

<sup>1</sup> TYERS I. & PARSONS I., 2010, p. 2.

<sup>2</sup> Persoonlijke communicatie, C. TYERS, 30/01/2012.

<sup>3</sup> FRAITURE P., 2009a.

van de hoeken, of het nu gaat om '*bois de brin*', '*quartelot*', '*demi-billes*' of *kwartiers* (Fig. 4)<sup>4</sup>. In balken zijn het hart en het cambium<sup>5</sup> vaak nog aanwezig, tenzij de ambachtsman de scherpe kanten heeft bijgeschaafd. In dat geval kan het verlies van de eerste en laatste ringen moeilijk worden gekwantificeerd.

- Planken: de hoeveelheid ringen hangt af van de oriëntatie en van de wijze van verzaging tot planken.
  - Afhankelijk van de initiële positie van de plank in het rondhout onderscheidt men drie voornaamste kwaliteiten van planken:  
*Radiale* planken (Fig. 5-1) volgen de houtstralen van het hart tot aan het cambium en bevatten dus een maximaal aantal ringen.  
Planken in *vals kwartier* staan in een hoek van ca. 45° op de houtstralen (Fig. 5-2); het aantal zichtbare ringen is sterk gereduceerd  
Planken *in dosse*, ten slotte, staan tangentieel op de ringen (Fig. 5-3) die dus over het algemeen te beperkt zijn in aantal voor datering.
  - De type van bekomen planken is grotendeels afhankelijk van het type van verzaging. Men onderscheidt twee voornaamste types van verzaging, *in kwartier* en *op bool*. De verzaging in kwartier, die – in theorie – tot aan de moderne tijd de voorkeur genoot, leidt voornamelijk tot radiale planken en enkele in vals kwartier (Fig. 6a). De verzaging op bool (of *sur plot*)<sup>6</sup> die – in theorie – verschijnt met de mechanische verzaging, geeft enkele radiale planken in het midden van het rondhout, enkele planken in vals kwartier in de tussenpositie en enkele tangentiële (of *in dosse*) aan de uiteinden (Fig. 5 en 6b).

Zoals bij de balken kan materiaalverlies langs de zijde van het hart en/of spinhout<sup>7</sup> bij de verwerking van de planken het aantal ringen op het monster nog verminderen (zie lager).

Uiteraard hangt de kwaliteit van de monsters ook af van de bewaartoestand van het te analyseren hout. Aantasting van het hout, schade door houtvretende insecten, nagels, barsten... zijn allemaal factoren die enerzijds de kwaliteit van het monster bepalen – en dus ook het aantal opneembare ringen – en anderzijds de aanwezigheid van spinhout of cambium. Daarom zullen aangetaste delen, maar ook groeivervormingen als gevolg van het ontstaan van takken (knopen) bij de monsternamen vermeden worden. Bovendien zal de voorkeur worden gegeven aan monsters met sporen van cambium of spinhout, aangezien de aanwezigheid van een van beide van invloed is op de nauwkeurigheid waarmee de kapdatum wordt bepaald (zie punt 1.4).

Meervoudige bemonstering maakt het dus mogelijk om enerzijds deze beperkingen te verminderen en anderzijds dendrochronologische gemiddelden te vormen waarin verschillende reeksen van houtringen worden gebundeld. Deze gemiddelden zijn over het algemeen langer en gevoeliger dan de individuele sequenties en daardoor gemakkelijker "dateerbaar". In het algemeen zijn er vijf tot tien monsters per fase / structuur nodig, afhankelijk van hun dendrochronologische kwaliteit.

In de meeste gevallen worden bemonsteringen uitgevoerd in de vorm van een boorkern met behulp van een kernboor<sup>8</sup> die op een elektrische boormachine wordt bevestigd (Fig. 7-8). Het

---

<sup>4</sup> LE DIGOL Y., 2005.

<sup>5</sup> In het *cambium* worden de nieuwe houtcellen gevormd, aan de buitenzijde van de stam, net onder de schors (Fig. 2).

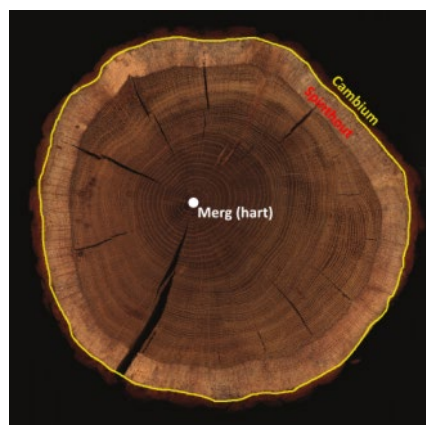
<sup>6</sup> Sommige auteurs spreken van *verzaging in dosse* als een rondhout is gekantrecht en dan verzaagd tot planken op de wijze van een verzaging *sur plot* (Fig. 6). Het gebruik van deze term leidt tot verwarring omdat hij in dit geval zowel slaat op de verzaging als op een deel van het bekomen product, te weten de tangentiële planken die uit het rondhout worden gehaald.

<sup>7</sup> Het *spinhout* is de buitenste rand van de stam langs dewelke de anorganische sapstroom van de wortels naar de takken vloeit. Ze bevat de meest recent gevormde jaarringen (Fig. 5).

gebeurt echter dat een stuk van het te onderzoeken element met een kettingzaag wordt afgezaagd (Fig. 9) of in zijn geheel wordt meegenomen, bij een demontage bijvoorbeeld. Om toegankelijkheids- of bewaarsredenen is het evenwel soms niet mogelijk om een monster te nemen in een stuk van het gebinte of van de afwerking (trap, plankenvloer, raamlIJsten). Als de jaarringen zichtbaar zijn aan het uiteinde van het te onderzoeken element (op het kopshout), kunnen ze rechtstreeks op deze dwarsdoorsnede geregistreerd worden via digitale macrofotografieën. Er is ook een oppervlakkige voorbereiding van het hout nodig om mooie zuivere jaarringen te verkrijgen: er kan gebruik gemaakt worden van mesjes van het type *Cutter Stanley*, soepel en erg scherp, of van een vlakschuurmachine om een "meetbaan" te trekken van het merg naar de buitenste rand van de boomstam (Fig. 10). De sequentie jaarringen, met ernaast een millimeterschaal, wordt nadien gefotografeerd in een reeks elkaar overlappende foto's<sup>9</sup>.



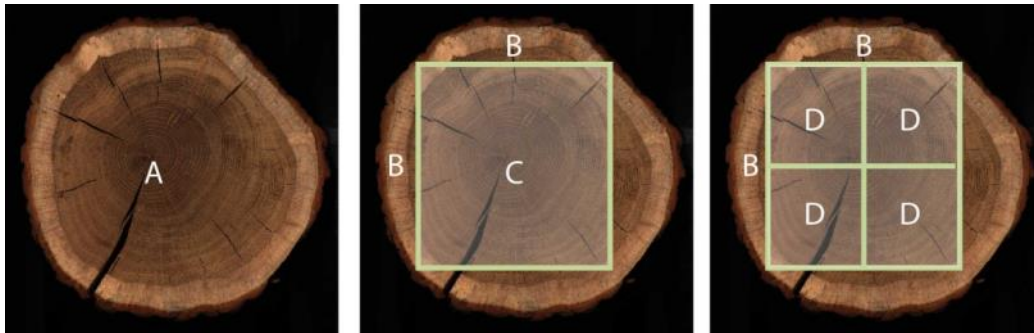
**Fig. 1.** Voorbeelden van de smalle zijden van planken in grove den met verschillende groeiritmes: snel ritme (brede ringen) in Fig. 1a en zeer traag ritme (zeer smalle ringen) en Fig. 1b (schaal met verdeling in halve millimeters). © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



**Fig. 2.** Dwarsdoorsnede een boomstam die is verwerkt tot niet-gekantrecht rondhout. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

<sup>8</sup> Met de gebruikte kernboor bekomt men monsters van 23 mm diameter en 11 mm dikte (fabrikaat PRESSLER GmbH), van 16 mm diameter en 8 of 7 mm dikte (fabrikaat KILOWERK-Schneidwerkzeugmechanik) of 6,8 mm dikte.

<sup>9</sup> FRAITURE P., 2007.



**Fig. 3.** Het kantrechten van rondhout (A) tot *bois-de-brin* (C) leidt tot het verlies van de dosses (B). Het *bois-de-brin* kan worden verzaagd tot *bois-de-sciage* (D). Naar PEROUSE DE MONTCLOS J.-M., 1972 (2011), *Principes d'analyse scientifique, Architecture : méthode et vocabulaire*, Ministère des affaires culturelles, Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France, Parijs, Imprimerie nationale, p. 126. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

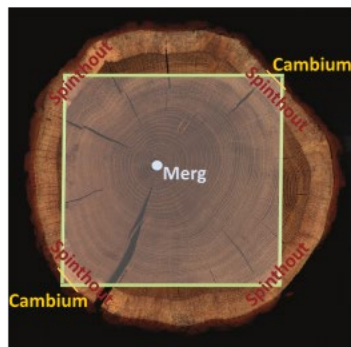


Fig 4a. Gekantrechte stam met vierkante sectie

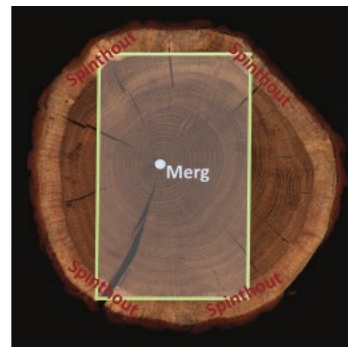


Fig 4b. Gekantrechte stam met rechthoekige sectie

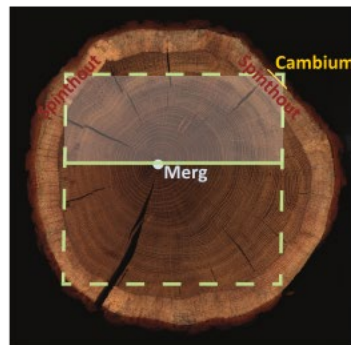


Fig 4c. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit halve stam

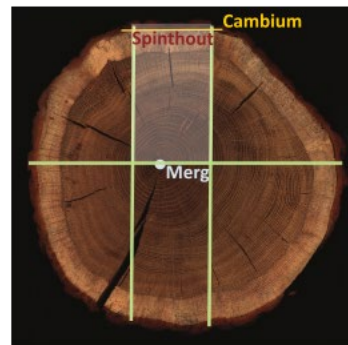


Fig 4d. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit derde uit halve stam

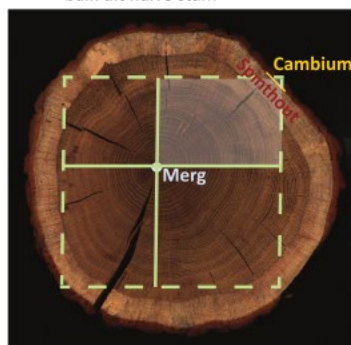
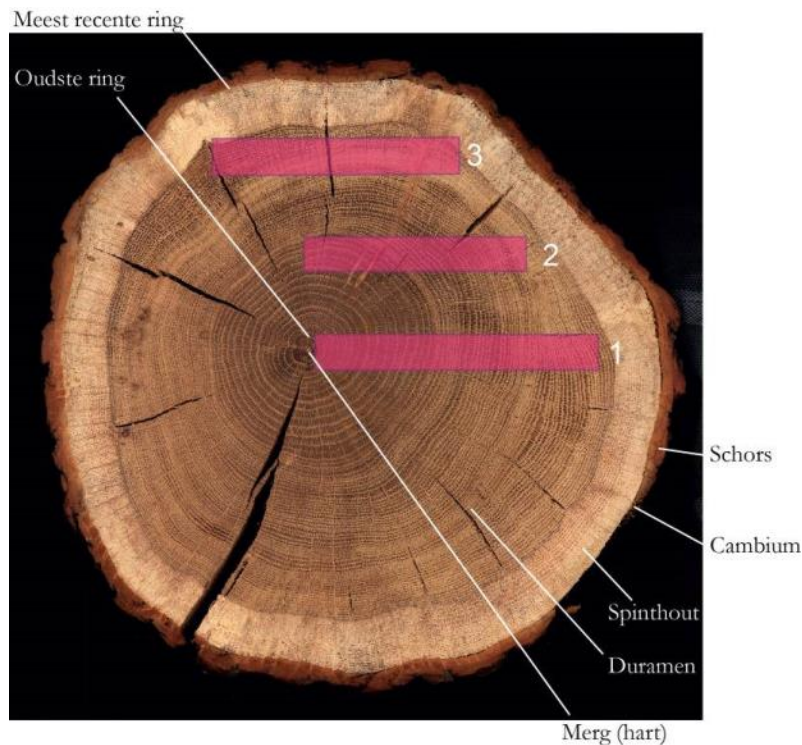


Fig 4e. Drie of vierzijdig gerechte balk uit kwart stam

**Fig. 4.** Verschillende wijzen van rechte kanten en verzaagen van rondhout. Afhankelijk van het type van verwerking zijn het cambium, het spinhout en/of het hart nog aanwezig<sup>10</sup>. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

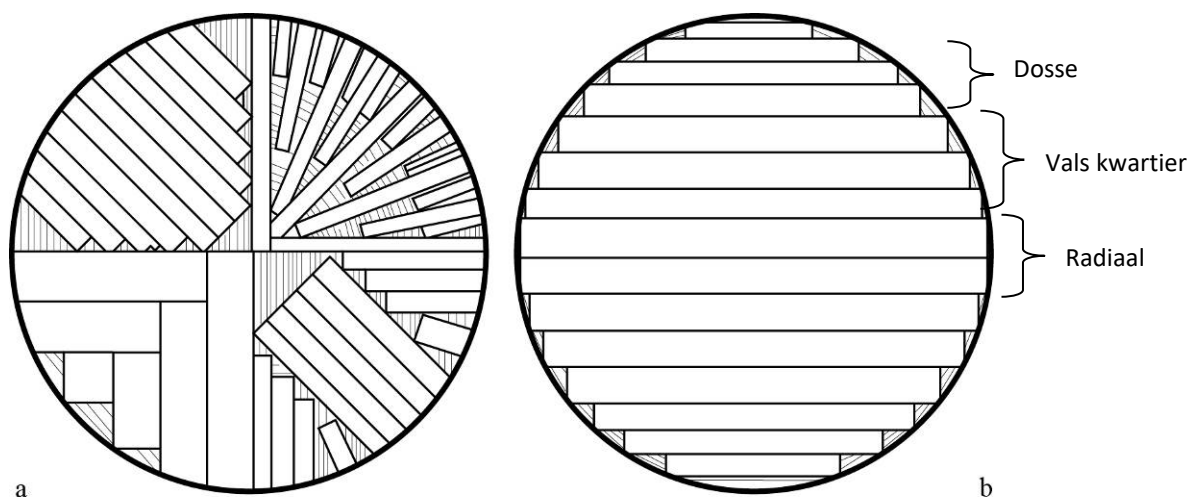
<sup>10</sup> Naar LE DIGOL Y., 2005.



**Fig. 5.** Schema van de dwarsdoorsnede van een eiken stam:

- de verschillende delen van het hout: merg (hart), kernhout<sup>11</sup>, spinhout en medullaire stralen (en schors rond de stam);
- de jaarlijkse opeenvolging van groeiringen, waarvan de oudste zich rond het merg bevindt en de meest recente is gevormd aan de buitenzijde van de stam, net onder de schors;
- de verschillende wijzen van verzaging tot planken (in rood): radiaal (1), vals kwartier (2), dosse (3).

© KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



**Fig. 6.** Verschillende wijzen van verzaging tot planken: kwartiers (Fig. 6a)<sup>12</sup> en op bool (Fig. 6b). © KIK-IRPA, Brussel

<sup>11</sup> Het *kernhout* is het biologisch inactieve deel van het hout. Een ring wordt gevormd in het spinhout; na enkele jaren verandert hij in kernhout (Fig. 3).

<sup>12</sup> Vier toepassingen van de Hollandse methode om te verzagen in kwartier, van de duurste (a) tot de meest economische (d), om kwartiersplanken te bekomen. Naar VIOLLET-LE-DUC E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*, t. 6 : *Menuiserie*, p. 346, art. 88. (beeldbewerking E. Van der Sloot)



**Fig. 7.** Voorbeeld van bemonstering in de vorm van een boorkern met behulp van een kernboor van 16 mm diameter bevestigd op een elektrische boormachine. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



**Fig. 8.** Voorbeeld van bemonstering in de vorm van een boorkern met behulp van een kernboor van 23 mm diameter bevestigd op een elektrische boormachine. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



**Fig. 9.** Voorbeeld van verzaging ter plaatse van een stuk van het te dateren houtelement. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



**Fig. 10.** Voorbeeld van voorbereiding voor een opname met macrofotografie: 'meetbaan' geprepareerd met behulp van een cuttermesje. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

## 1.2 Monstervoorbereiding en opmeting

In het laboratorium wordt op elke monster een 'meetbaan' gemaakt van het merg naar de buitenzijde van de boomstam. Dit gebeurt met behulp van schijven met een steeds fijnere korrel en/of gladgeschaafd met behulp van cutter- of scheermesjes en dient om de ringen beter te kunnen onderscheiden. Als de bewaartoestand van het hout dit vereist, worden de monsters eerst ingevroren om het te analyseren oppervlak van het hout minder bros te maken.

Vervolgens kunnen twee procedés gebruikt worden voor de opmeting:

- ofwel een rechtstreekse opmeting op de monsters, die dan op een "meetketting" worden geplaatst, bestaande uit een stereomicroscoop en een mobiele camera die verbonden is met specifieke software (tot op een honderdste van een millimeter nauwkeurig)<sup>13</sup>,
- ofwel een onrechtstreekse opmeting volgens hetzelfde procedé als hierboven aangehaald in punt 1.1: de monsters worden gescand of gefotografeerd met ijking, in heel hoge resolutie en de opmetingen worden op het scherm uitgevoerd op basis van de digitale documenten<sup>14</sup>.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze digitale foto's een bijkomende nuttige archivering vormen voor zowel de dendrochronologische analyse, als de beschrijving van de monsters en de illustratie van de verslagen en eventuele publicaties.

Voor de houtsoorten die 'valse jaarringen'<sup>15</sup> of 'ontbrekende jaarringen'<sup>16</sup> vormen, zoals grove den of beuk, wordt aanbevolen om meerdere meetbanen langs de verschillende houtstralen uit te proberen indien het monster dit toelaat<sup>17</sup>. Door de verschillende metingen te kruisdateren kunnen deze onregelmatigheden in de groei worden geïdentificeerd en gecorrigeerd.

## 1.3 Softwarematige verwerking van de gegevens

### 1.3.1 Software en dendrochronologisch format

In het laboratorium, met uitzondering van de hoger beschreven opmetingen (zie punt 1.2), wordt het hele proces van dendrochronologische datering uitgevoerd met een enkel softwareprogramma, *Dendron IV*, op punt gesteld en regelmatig bijgewerkt door G.-N. Lambert<sup>18</sup>. De software faciliteert onder meer de etappes van de transformatie van de natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeksen tot talrijke indexen, van de berekening van de synchronisaties tussen monsters (relatieve datering) en op de referentieverzamelingen (absolute datering), van de productie van dateringstabellen en -grafieken – zowel traditionele als onuitgegeven –, en het beheer van de databanken en metagegevens<sup>19</sup>. De dendrochronologische gegevens moeten worden

---

<sup>13</sup> De gebruikte meettafel is een model *LINTAB™ 6* van het bedrijf RINNTECH e.K. De opmetingen van de diktes van de jaarringen worden geregistreerd door de software *TSAP-Win Professional*.

<sup>14</sup> © *Cybis Dendrochronology : CooRecorder8.1* et *CDendro8.1*.

<sup>15</sup> Een 'valse jaarring' is een ring die teveel is, volledig lijkt, waarvan de grenzen duidelijk zichtbaar zijn, en die zich heeft gevormd in dezelfde vegetatieve periode als de 'echte' ring. Valse ringen verschillen morfologisch niet van de echte, en kunnen dus enkel door kruisdatering worden geïdentificeerd. KAENNEL M. & SCHWEINGRUBER F.H., 1995.

<sup>16</sup> Een 'ontbrekende jaarring' is een ring die ontbreekt in een monster (boorkern of houtschijf) of op een deel van het monster (gedeeltelijk ontbrekend) omwille van een mankement in de activiteit van het cambium. De ontbrekende ringen kunnen worden geïdentificeerd door middel van kruisdatering. KAENNEL M. & SCHWEINGRUBER F.H., 1995.

<sup>17</sup> FRAITURE P., CRÉMER S. en WEITZ A., 2014.

<sup>18</sup> LAMBERT G.-N., 2006 (CNRS-Laboratoire de Chrono-Écologie de l'Université de Franche-Comté – UMR 6249) voor versie II van *Dendron*. Versie IV, eveneens door G.-N. Lambert (wetenschappelijk medewerker ULg), is thans onuitgegeven.

<sup>19</sup> Zie LAMBERT G.-N., 2006 voor de verschillende toepassingen.

ingevoerd in de vorm van een tekstbestand, hetzij in format Besançon 1992<sup>20</sup>, hetzij in format TSAP 1998<sup>21</sup> (of 'Heidelberg')<sup>22</sup>.

### 1.3.2 Referentieverzamelingen voor datering

Een goed ontwikkelde samenwerking tussen Europese laboratoria garandeert een voortdurende uitwisseling van dendrochronologische gegevens. De software *Dendron* verzekert de organisatie van deze databanken waarin de dendrochronologische sequenties gemakkelijk met elkaar vergeleken en verzameld kunnen worden in de vorm van regelmatig verfijnde en bijgewerkte referentieverzamelingen.

Het laboratorium van het KIK beschikt over referentieverzamelingen voor verschillende houtsoorten, hoofdzakelijk voor eik (*Quercus robur* L. of *Q. petraea* Liebl.) maar ook voor beuk (*Fagus sylvatica* L.) en sommige harsbomen (grove den – *Pinus sylvestris* L. –, gewone spar – *Picea sp.* –, gewone zilverspar – *Abies alba* Mill.). Deze referentieverzamelingen bevatten verschillende gegevenscategorieën. De *referentiechronologieën* en/of *regionale* chronologieën zijn lange dendrochronologische sequenties waarin honderden, zo niet duizenden houtsoorten worden verzameld, die meerdere eeuwen overspannen en waarbij elke sequentie representatief is voor een min of meer uitgestrekte geografische zone. De *sitechronologieën* en/of *lokale chronologieën* bundelen houtsoorten uit dezelfde tijd die afkomstig zijn van een boshabitat, een gebouw of een archeologische site. Tot slot bestaan *individuele reeksen* uit dendrochronologische sequenties die elk representatief zijn voor een enkele boom, hoofdzakelijk afkomstig van artistiek materiaal (planken van beschilderde panelen, houtsnijkunst,...).

Deze referentieverzameling bestrijkt periodes en regio's met variabele oppervlakten volgens de houtsoorten (bijlage 1), waarin de meeste geografische gebieden die onze streken in hout bevoorraden kunnen hebben, zijn opgenomen. Bij dateringsmoeilijkheden die te wijten zouden kunnen zijn aan een herkomst en/of een periode die niet door de referentieverzameling wordt gedekt, maakt het tussen samenwerkende opgezette netwerk laboratoria het mogelijk om aanvullende chronologieën te gebruiken.

### 1.3.3 Dendrochronologische datering

De dendrochronologische reeksen die werden opgenomen voor een structuur of een constructiefase worden enerzijds vergeleken om na te gaan of de opmetingen exact zijn, en anderzijds om de elementen te identificeren die afkomstig zijn van eenzelfde boom. De dendrochronologische reeksen van monsters van dezelfde boomstam worden geassembleerd tot een dendrochronologisch gemiddelde dat representatief is voor dat individu. De reeksen bekomen voor alle individuen (*individuele reeksen*) worden opnieuw vergeleken om ze te assembleren in hun contemporaine positie (*synchronisatie*) en om er een of meerdere *gemiddelde chronologieën* van te berekenen die betere resultaten zullen geven wanneer ze zullen worden geconfronteerd met de referentieverzameling van chronologieën met het zicht op een datering (zie punt 1.1).

Het opmaken van de gemiddelden, aan de hand van tekeningen en berekeningen, wordt net zoals de berekeningen voor de datering uitgevoerd met behulp van de *Dendron*-software (versie IV), na kalibratie van de dendrochronologische reeksen via een originele transformatie die de *corridor ajusté* wordt genoemd<sup>23</sup>. Bij het dateren van een houtelement berekent Dendron de 'gelijkenis' tussen de te dateren dendrochronologische reeks en de chronologieën van de referentieverzameling aan de hand van een statistische berekeningstest die is afgeleid van de *Student*-test, berekend met behulp van twee correlatiecoëfficiënten<sup>24</sup>. Deze berekening wordt automatisch uitgevoerd voor de

<sup>20</sup> LAMBERT G.-N. & MAURICE B., 1992.

<sup>21</sup> Frank Rinn©, [www.rinntech.com](http://www.rinntech.com).

<sup>22</sup> LAMBERT G.-N., 2006, p. 33.

<sup>23</sup> LAMBERT G.-N., 2006.

<sup>24</sup> LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

te dateren chronologie op alle posities van alle chronologieën in de referentieverzameling. De software levert vervolgens voor elke referentie de vijf beste resultaten. Dit komt in het beste geval overeen met het juiste resultaat en vier foutieve resultaten voor elke chronologie en in het slechtste geval met vijf foutieve resultaten. De dendrochronoloog selecteert tussen alle voorstellen de exacte positie van een te dateren houtelement, in functie van de beste correlatiewaarden ( $t$  van *Student*) die werden bekomen met een beperkt risico op fouten (probabiliteit/zekerheid)<sup>25</sup> en de aanwezigheid van deze positie op verschillende chronologieën van de referentieverzameling (*replicatie*), onmisbaar om elke mogelijkheid van statistisch toeval uit te sluiten (Fig. 11).

| <ElemName> monster1 |           |               |           |          |       |       |            |
|---------------------|-----------|---------------|-----------|----------|-------|-------|------------|
| Begindatum          | Einddatum | Aantal ringen | T Student | Proba t  | corr1 | corr2 | Referentie |
| 1202                | 1501      | 218           | 5.15      | 0.999995 | 0.29  | 0.37  | Ref1       |
| 1342                | 1641      | 78            | 2.97      | 0.997283 | 0.25  | 0.40  | Ref1       |
| 949                 | 1248      | 196           | 2.56      | 0.993668 | 0.17  | 0.19  | Ref1       |
| 1222                | 1521      | 198           | 2.50      | 0.992697 | 0.17  | 0.18  | Ref1       |
| 1202                | 1501      | 299           | 11.01     | 0.999995 | 0.50  | 0.58  | Ref2       |
| 1535                | 1834      | 62            | 2.71      | 0.995437 | 0.12  | 0.43  | Ref2       |
| 1065                | 1364      | 216           | 2.58      | 0.994608 | 0.19  | 0.16  | Ref2       |
| 1106                | 1405      | 257           | 2.32      | 0.988903 | 0.15  | 0.14  | Ref2       |
| 1202                | 1501      | 244           | 4.30      | 0.999991 | 0.31  | 0.23  | Ref3       |
| 1461                | 1760      | 154           | 3.36      | 0.999448 | 0.30  | 0.23  | Ref3       |
| 1575                | 1874      | 40            | 2.77      | 0.995148 | 0.35  | 0.41  | Ref3       |
| 1202                | 1501      | 281           | 10.50     | 0.999995 | 0.49  | 0.57  | Ref4       |
| 1443                | 1742      | 40            | 2.50      | 0.990695 | 0.12  | 0.38  | Ref4       |
| 928                 | 1227      | 66            | 2.34      | 0.987963 | 0.38  | 0.22  | Ref4       |
| 1338                | 1637      | 145           | 2.21      | 0.983723 | 0.15  | 0.21  | Ref4       |

Fig. 11. Tabel met de resultaten van de berekeningen van monster1 vergeleken met de chronologieën van de referentieverzameling Ref1 tot Ref4: de datum 1501 voor de laatste ring wordt door vier referenties als eerste resultaat gegeven (*replicatie*), met synchronisatiewaarden van hoge kwaliteit ( $t$  van *Student* > 4).

#### 1.4 Interpretatie van de dendrochronologische resultaten

Het bepalen van de exacte positie van een te dateren reeks op de chronologieën van de referentieverzameling dateert het jaar van vorming van elke ring op absolute wijze en geeft bij uitbreiding aan in welke periode de boom leefde. Bijgevolg biedt de datum bekomen voor de laatste gemeten ring op een monster informatie over de kapperperiode van de boom. Deze kan met meer of minder precisie worden bepaald naargelang de bewaringstoestand van het spinthout (Fig. 12).

- De aanwezigheid van het volledige spinthout biedt een kapdatum tot op het jaar nauwkeurig (A);
- Bij gedeeltelijke aanwezigheid van het spinthout kan een raming van het aantal ontbrekende ringen, op enkele jaren na nauwkeurig, worden voorgesteld op basis van gegevens rond het spinthout van bomen uit dezelfde streek en van dezelfde leeftijd als de bestudeerde bomen<sup>26</sup> (B);
- Ten slotte moet in het geval van monsters zonder enig spinthout de voorgestelde datum worden beschouwd als een *terminus post quem* voor het kappen, vermits het ontbrekende deel kernhout onmogelijk kan worden bepaald. Het bekomen resultaat betreft dus een datum vanaf dewelke de boom kan zijn gekapt, en niet het exacte kapjaar (C en D).

<sup>25</sup> LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

<sup>26</sup> Het aantal spinthoutringen is relatief stabiel voor bomen van eenzelfde populatie; het kan dus worden geraamd op basis van experimenteel en/of statistisch onderzoek van bomen van dezelfde streek. Het aantal kan evenwel variëren van de ene boom tot de andere, volgens nog slecht gedefinieerde parameters: groeiritme, leeftijd van de boom, stamhoogte, kroondiameter, omstandigheden van de site... Daarom blijven de ramingsvensters vrij ruim. LAMBERT G.-N. *et al.*, 1988, p. 295; RYBNÍČEK M. *et al.*, 2006, p. 142.

We preciseren voorts dat, in tegenstelling tot het spinthout van eik (*Quercus robur* of *petraea*), dat van onder meer grove den onbederfelijk is. De ambachtslui moesten het spinthout dus niet verwijderen bij de verwerking van het hout, terwijl men dat bij eik wel aanbeval. Toch kunnen bij het kantrechten de laatste ringen gedeeltelijk of helemaal verloren gaan, waardoor een deel van het spinthout of het hele spinthout ontbreekt op de gelichte monsters. In het geval van een extreem trage groei kan 2 tot 3 mm houtverlies leiden tot het verlies van 25 of meer ringen (Fig. 14)! We voegen ten slotte toe dat het spinthout niet altijd gemakkelijk te identificeren is. Voor talrijke houtsoorten zoals grove den en beuk is het enige onderscheidende criterium een iets lichtere kleur dan het duramen (Fig. 13) die, afhankelijk van de bewaartoestand van het hout, goed dan wel minder goed te differentiëren is.

We herinneren eraan dat de door dendrochronologie geleverde datums overeenkomen met de kap van de bomen en niet met hun gebruik. De tijdspanne tussen het dendrochronologische resultaat en de verdere verwerking van het jaar moet dus nog worden geraamd. Voor timmerwerk werd voor de historische periodes meermaals aangetoond dat het hout doorgaans snel werd gebruikt: in het merendeel van de gevallen tussen zes maanden en een jaar na het kappen<sup>27</sup>. Dit betekent dat de kapdatum meestal dicht ligt bij de constructiedatum van het bestudeerde gebouw of structuur. Voor houtelementen afkomstig van schrijnwerk is de tijdspanne zeker langer. Bij het kantrechten van de stam en het transport van het hout komt nog de tijd benodigd voor de verzaging in planken, het eventuele drogen van die planken en de afwerking – allemaal fasen die sterk variëren naargelang de periode, streek, houtsoort, type van product, etc. Er kan dus geen enkele veralgemening worden gemaakt. Bijgevolg wordt de dendrochronologische *terminus* die wordt voorgesteld voor het kappen eveneens gegeven als *terminus post quem* voor de vervaardiging van de structuur.

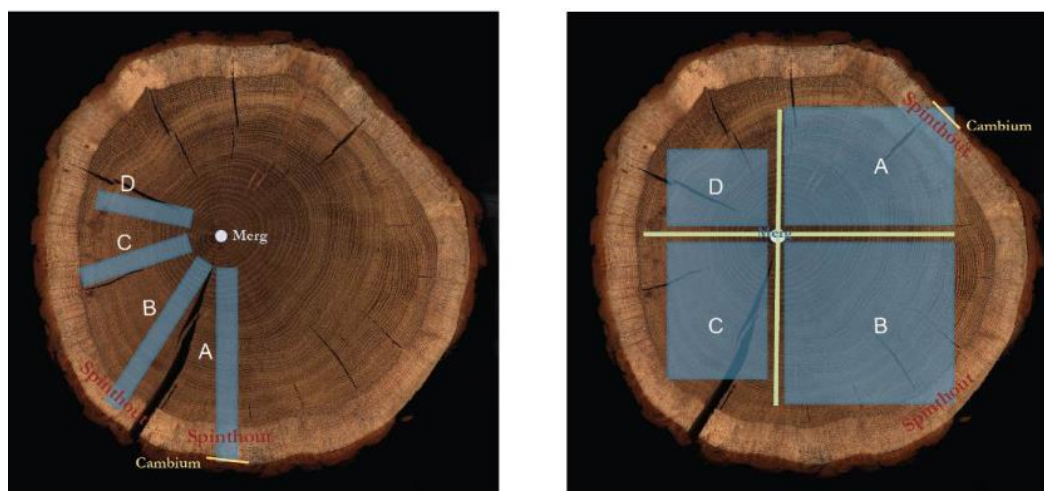


Fig. 12. De verschillende mogelijke variaties die de interpretatie van de kapdatum van de boom beïnvloeden, voor planken (links) en voor balken (rechts): stuk hout met volledig spinthout (A), met gedeeltelijk spinthout (B), zonder spinthout (in geval C ontbreekt alleen het spinthout; in geval D ontbreekt het spinthout en enkele ringen kernhout). © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

<sup>27</sup> Zie bijvoorbeeld HOFFSUMMER P., 1995; HOFFSUMMER P. (red.), 2002; HUNOT J.-Y., 2001; EPAUD F., 2007; HOUBRECHTS D., 2008.

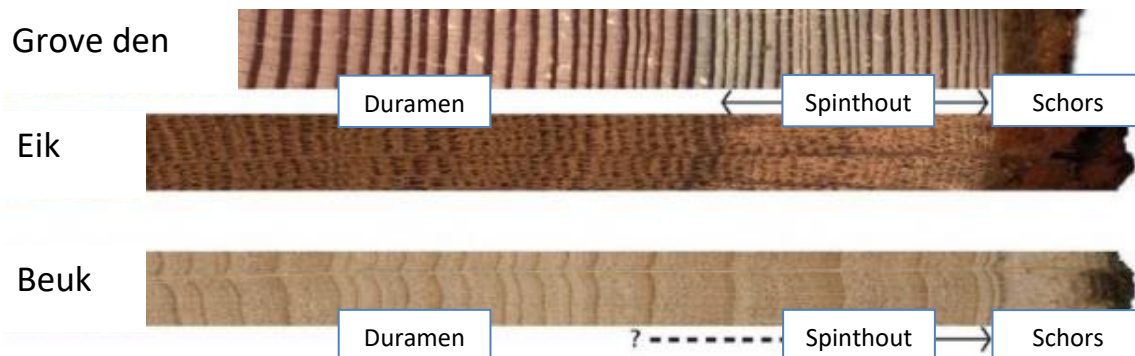


Fig. 13. Dwarsdoorsneden van eik, grove den en beuk die de verschillende anatomische structuren van de houtsoorten illustreren. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



Fig. 14. Detail van het einde van de groei van een monster met zeer traag groeitempo: 2 tot 3 mm hout omvat meer dan 30 ringen (P482/01/001). © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

## 1.5 Interpretatie van de grafieken van de resultaten bekomen met *Dendron IV*

De twee hier besproken types van originele<sup>28</sup> grafieken worden in dit verslag gebruikt om de kwaliteit van de weerhouden resultaten bij een dendrochronologische datering te illustreren en om de naar voren geschoven conclusies te beargumenteren.

### 1.5.1 Gecumuleerde histogrammen<sup>29</sup>

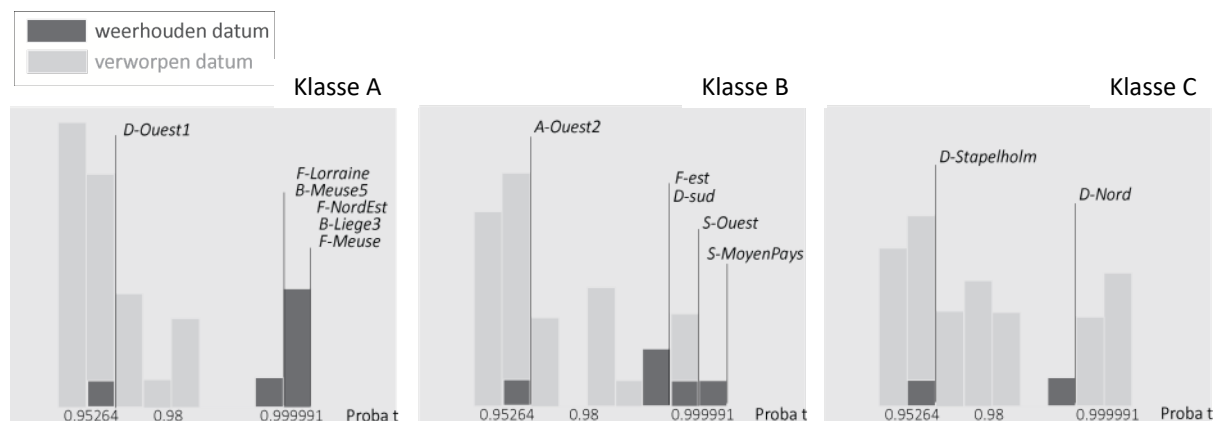
De *gecumuleerde histogrammen* (Fig. 15) geven een beeld van de probabilliteit van de resultaten bekomen met *Dendron IV* bij de berekening van een op de chronologieën van de referentieverzameling te dateren reeks. Het door de dendrochronoloog weerhouden voorstel is afgebeeld in donkergrijs, voor elke chronologie van de referentieverzameling die deze datum geeft. Alle verworpen voorstellen zijn afgebeeld in grijs.

Voor een kwaliteitsvolle datering (klasse A) moet aan twee criteria worden voldaan. Ten eerste moet de probabilliteit van de resultaten voor de weerhouden datum hoog zijn, wat zich vertaalt in de aanwezigheid van de donkergrijze cellen in het rechterdeel van de grafiek. Vervolgens moet er een grote demarcatie zijn tussen de bekomen resultaten voor de weerhouden datum en die voor de verworpen datums, wat zich vertaalt in een duidelijke verwijdering tussen de donkergrijze cellen rechts in de grafiek en de lichtgrijze cellen links. Een dergelijke situatie vertaalt het feit dat de enige hoge probabilliteiten worden bekomen voor de weerhouden datum, wat de betrouwbaarheid van het voorgestelde resultaat versterkt. Samengevat: hoe meer de donkergrijze cellen zich situeren in het rechterdeel van de grafiek en zijn verwijderd van de grijze (die zich eerder links bevinden), hoe betrouwbaarder het voorgestelde resultaat. De onderstaande grafieken illustreren drie klassen van resultaten, van het meest zekere tot het meest hypothetische.

<sup>28</sup> Deze worden automatisch aangemaakt door *Dendron* (Lambert G.-N., 2006).

<sup>29</sup> Voor de histogrammen, zie YAMAGUCHI D.K., 1986. Dit gebruik van histogrammen is ontleend aan GIRARDCLOS O., 1999 ; PERRAULT C. et GIRARDCLOS O., 2000. Het concept om de diagrammen te cumuleren danken we aan LAMBERT G.-N., 2006.

We geven de voorkeur aan dit type van grafiek om de op de Europese regionale chronologieën bekomen resultaten te illustreren. Zo krijgt men in een oogopslag een idee van de herkomst van het bestudeerde hout.



**Fig. 15.1.** Deze grafiek is van uitstekende kwaliteit: het weerhouden resultaat (in donkergrijs) wordt gegeven met hoge probabiliteiten (concentratie van de donkergrijze cellen rechts in de grafiek) door meerdere chronologieën; deze zijn bovendien ver verwijderd van de verworpen datums (duidelijke spreiding tussen het merendeel van de donkergrijze en lichtgrijze cellen).

**Fig. 15.2.** Deze grafiek is van aanvaardbare kwaliteit: het weerhouden resultaat (in donkergrijs) wordt gegeven door twee chronologieën met goede probabiliteiten (rechterdeel grafiek) die zijn verwijderd van het merendeel van de resultaten bekomen voor de verworpen datums (in grijs). Bovendien stellen meerdere bijkomende chronologieën de weerhouden datum voor (replicatie).

**Fig. 15.3.** Deze grafiek is middelmatig: de resultaten voor de weerhouden datum (in donkergrijs) hebben een vrij zwakke probabiliteit (gesitueerd in het linkerdeel van de grafiek) en zijn niet verwijderd van de resultaten bekomen voor de verworpen datums. Het hier geïllustreerde dateringsvoorstel kan niet worden gevalideerd door een dergelijke grafiek.

### 1.5.2 Correlaties in waaivorm<sup>30</sup>

De *correlaties in waaivorm* berekend door *Dendron IV* (Fig. 16) visualiseren de replicatie van de door de dendrochronoloog weerhouden datum op de chronologieën van de referentieverzameling en de kwaliteit van de bekomen resultaten voor deze datum.

Om van een kwaliteitsvolle datering te kunnen spreken (klasse A), moet aan twee criteria worden voldaan. Vooreerst is een voorgestelde datum betrouwbaarder naarmate ze is gerepliceerd, met name als ze wordt gegeven door een groot aantal chronologieën van de referentieverzameling; dit vertaalt zich in talrijke takken in de waaier<sup>31</sup>. Vervolgens moet de weerhouden datum worden gegeven door deze chronologieën met synchronisatiewaarden rond of hoger dan de als toereikend gedefinieerde drempel (doorgaans  $t > 4$ ); deze wordt weerspiegeld in de grafiek door een lokalisatie van de takken van de waaier rond de gedefinieerde drempel (donkergrijze lijn) of, beter nog, rechts ervan. Samengevat: hoe talrijker de takken van de waaier zijn en hoe meer ze zich in het donkergrijze deel van de grafiek bevinden, hoe betrouwbaarder de weerhouden datum is. De onderstaande grafieken illustreren drie klassen van resultaten, van het meest zekere tot het meest hypothetische.

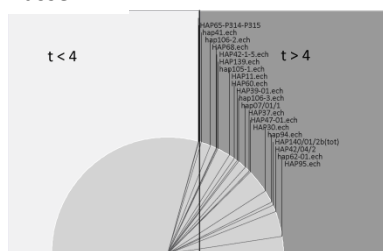
Dit type van voorstelling illustreert de kwaliteit van de synchronisaties bekomen tussen het te dateren hout en

- het geheel van de site-/lokale chronologieën, die helpen om de herkomst van het bestudeerde hout te preciseren;
- het geheel van de individuele reeksen van de referentieverzameling, afkomstig van beschilderde panelen of houtsnijwerken van een gelijkaardige herkomst.

<sup>30</sup> Het principe van de visualisering van de correlaties in waaivorm danken we aan LAMBERT G.-N., 2006; deze grafieken worden bekomen met *Dendron IV*.

<sup>31</sup> In deze versie van *Dendron* is de weergave evenwel beperkt tot de twintig beste resultaten.

## Klasse A

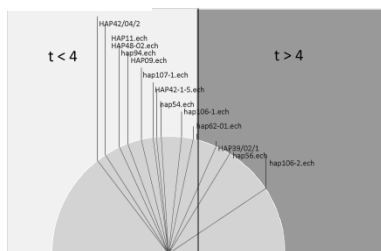


MINDER GOEDE RESULTATEN

BESTE RESULTATEN

**Fig. 16.1.** De grafiek is van uitstekende kwaliteit: de replicatie is sterk (talrijke chronologieën geven het weerhouden resultaat) en de resultaten van uitstekende kwaliteit (alle takken van de waaier bevinden zich hoger dan de drempel van  $t = 4$ , rechts in de grafiek).

## Klasse B

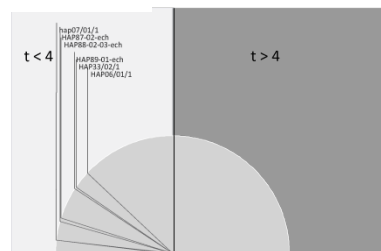


MINDER GOEDE RESULTATEN

BESTE RESULTATEN

**Fig. 16.2.** De grafiek is van aanvaardbare kwaliteit: de replicatie is aanvaardbaar (aanzienlijk aantal takken) en sommige chronologieën geven de weerhouden datum met synchronisatiewaarden hoger dan de drempel van  $t = 4$ .

## Klasse C



MINDER GOEDE RESULTATEN

BESTE RESULTATEN

**Fig. 16.3.** De grafiek is middelmatig: de replicatie is zwak en er zijn bovendien geen kwaliteitsvolle resultaten (de enkele takken van de waaier situeren zich links in de grafiek). Het hier geïllustreerde dateringsvoorstel kan niet worden aanvaard.

## 2 Waterput Melsele - Beveren

### 2.1 Dendrochronologische studie

#### 2.1.1 Voorwerp van de studie

Dit hoofdstuk beschrijft het analyseproces en de resultaten van de dendrochronologische studie uitgevoerd op de houtrestanten die werden aangetroffen bij archeologische opgravingen door de firma ERFPUNT. Archeologe Thierry Van Neste contacteerde ons voor een dendrochronologische datering van de artefacten om meer inzicht te verschaffen in de site.

De structuur waarvan de put (waarschijnlijk) deel uitmaakte, werd op basis van ter plaatse uitgevoerde koolstofdateringen tussen 770 en 1170 AD gedateerd. Volgens de archeologen kan deze datering waarschijnlijk nog worden verfijnd tot het einde van de 9e of het begin van de 10e eeuw<sup>32</sup>.

De elementen die ons op 18/10/2019 werden geleverd bestaan uit een lot van 17 houten elementen. Op basis van de zichtbare kenmerken van hun groei (ritme, lengte) en afmetingen werden 15 van deze elementen van de ton geselecteerd voor de studie. Van de 15 geselecteerde elementen zijn er 6 in eikenhout (*Quercus* sp) en 9 in beukenhout (*Fagus sylvatica* L.).

De voorbereidingsfase vond plaats op 18/02/2020. Vijftien monsters werden in de breedte doorgesneden om met behulp van een scheermes een of meerdere meettrajecten op de dwarsdoorsnede van het hout voor te bereiden (zie punt 2.2).

#### 2.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (753), aan gedeelten ervan (-01) en aan het object (-001 tot -015).

| Dendrochronologische code KIK | Code ERFPUNT Staalnr./Volgnr. | Houtsoort | Aantal gemeten ringen | Gemiddelde ring | Aantal ringen spinthout | Cambium |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-------------------------|---------|
| P753-01-001-ech               | Staalnummer 6                 | eik       | 50                    | 1,68            | 18                      | /       |
| P753-01-002                   | Staalnummer 7                 | eik       | 24                    | 1,58            | /                       | /       |
| P753-01-003                   | Staalnummer 10 Volgnummer 1   | eik       | 146                   | 1,04            | /                       | /       |
| P753-01-004                   | Staalnummer 10 Volgnummer 2   | beuk      | 266                   | 0,74            | /                       | /       |
| P753-01-005                   | Staalnummer 10 Volgnummer 3   | beuk      | 219                   | 0,75            | /                       | /       |
| P753-01-006                   | Staalnummer 11 Volgnummer 1   | beuk      | 214                   | 0,70            | /                       | /       |
| P753-01-007                   | Staalnummer 11 Volgnummer 2   | beuk      | +200                  | 0,81            | /                       | /       |
| P753-01-008-ech               | Staalnummer 11 Volgnummer 3   | eik       | 218                   | 1,01            | 3                       | /       |
| P753-01-009                   | Staalnummer 12 Volgnummer 2   | beuk      | 135                   | 0,93            | /                       | /       |
| P753-01-010                   | Staalnummer 12 Volgnummer 3   | beuk      | 230                   | 0,55            | /                       | /       |
| P753-01-011                   | Staalnummer 13 Volgnummer 2   | beuk      | 305                   | 0,58            | /                       | /       |

<sup>32</sup> T. Van Neste, pers. com., 03/03/2020.

|             |                |     |    |      |    |   |
|-------------|----------------|-----|----|------|----|---|
| P753-01-012 | Staalnummer 14 | eik | 85 | 1,17 | 3  | / |
| P753-01-013 | Staalnummer 15 | eik | 80 | 0,86 | 25 | X |
| P753-01-014 | Staalnummer 16 | eik | 29 | 4,06 | /  | / |
| P753-01-015 | Staalnummer 17 | eik | 81 | 1,27 | /  | / |

De monsters van het eikenhout vertonen zeer heterogene kenmerken - niet alleen met betrekking tot de vorm van de houten stukken (staken, palen of planken), maar ook met betrekking tot hun groeiritme, dat varieert van traag tot zeer snel (gemiddelde jaarring tussen 0,86 en 4,06 mm) en het aantal jaarringen in de monsters (24 tot 218). Van de acht stukken eikenhout bevatten er nog vier spinthout, waaronder één nog met schors (P753/01/013).

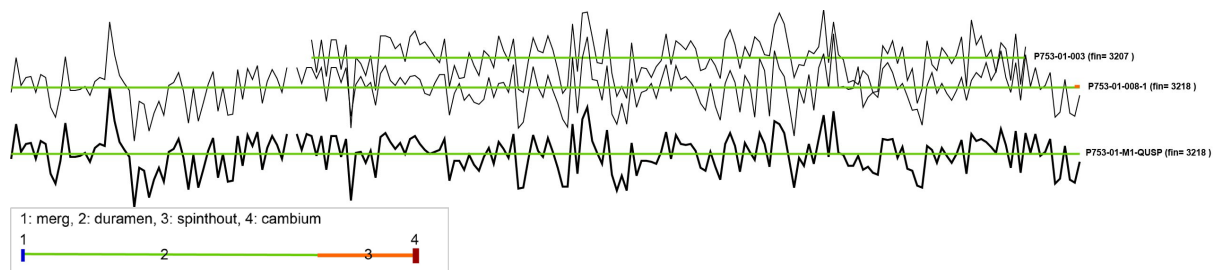
De monsters van het beukenhout zijn afkomstig van planken die een trage groei vertonen met bovendien sterke groeivertragingen (gemiddelde jaarring van 0,55 tot 0,93 mm). Bovendien hebben de elementen grote tafonomische vervormingen ondergaan die toe te schrijven zijn aan het feit dat ze een lange tijd onder de grond zijn bewaard. Door al die parameters was de registratie van de breedten van de jaarringen uiterst complex of slechts in beperkte mate betrouwbaar. Dit geldt vooral voor het beukenhout. De monsters vertonen een groot aantal jaarringen (tussen 135 en 305). Het beukenhout vertoont geen duidelijk zichtbaar spinthout, maar de stukken die moeten worden geanalyseerd, zijn wel afkomstig van een radiale verzaging en de gebogen vorm van de monsters aan het uiteinde met de recentste jaarringen stemt waarschijnlijk overeen met de initiële vorm van de schors rond de stam. Daarom is het waarschijnlijk dat – ondanks de afwezigheid van schors – slechts een minimaal aantal jaarringen onder de schors verloren is gegaan.

### 2.1.3 Dendrochronologische synchronisatie en datering (zie punten 1.3 en 1.4)

De monsters werden soort per soort met elkaar vergeleken.

#### 2.1.3.1. Synchronisatie van de reeksen eikenhout (QUSP)

De monsters van het eikenhout met meer dan 30 jaarringen werden met elkaar vergeleken (met P753/01/002 en P756/01/014, die respectievelijk 24 en 29 jaarringen telden, werd in het onderzoek geen rekening gehouden). Van de zes andere reeksen zijn er slechts twee die een duidelijke synchronisatie vertonen: de reeksen P753/01/003 en P753/01/008 (met planken met een radiaal zaagpatroon), die werden geassembleerd tot het gemiddelde **P753-01-M1-QUSP**, 218 jaarringen lang (afb. 15).



**Fig. 15.** Synchronisatie tussen de ringenreeksen P753/01/003 en P753/01/008 en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P753-01-M1-QUSP in het vet (tekeningen in corridor; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2020 © IRPA-KIK, Brussel

### 2.1.3.2. Synchronisatie van de reeksen beukenhout (FASY)

Wat de reeksen beukenhout betreft, werd het synchronisatiewerk aanzienlijk bemoeilijkt door de combinatie van de talrijke en grote tafonomische vervormingen en de uiterst trage groei van bepaalde zones. Toch lijken de vergelijkingen erop te wijzen dat meerdere planken van dezelfde boom afkomstig zijn, waarmee de moeilijkheden bij het meten konden worden gecorrigeerd.

Daaruit bleek onder meer dat twee reeksen, P753/01/004 en P753/01/005 (staalnummer 10 volgnummer 2 en 3), afkomstig zijn van dezelfde boom en tot een individuele reeks werden geassembleerd, P753/01/004/005-ech, 266 jaarringen lang.

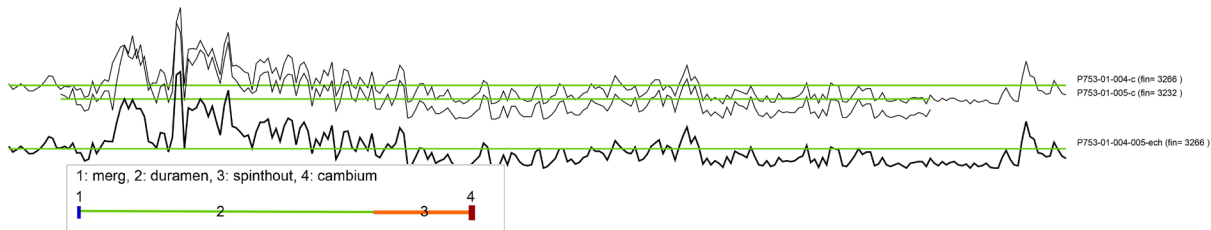


Fig. 16. Synchronisatie tussen de ringenreeksen P753/01/004 en P753/01/005 en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P753-01-004-005-ech in het vet (tekeningen in corridor; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2020 © IRPA-KIK, Brussel

Drie andere reeksen, P753/01/009 (staalnummer 12 volgnummer 2), P753/01/010 (staalnummer 12 volgnummer 3) en P753/01/011 (staalnummer 13 volgnummer 2) zouden van een tweede boom afkomstig zijn. Ze werden ook tot een individuele reeks geassembleerd, P753/01/009/010/011-ech, 307 jaarringen lang.

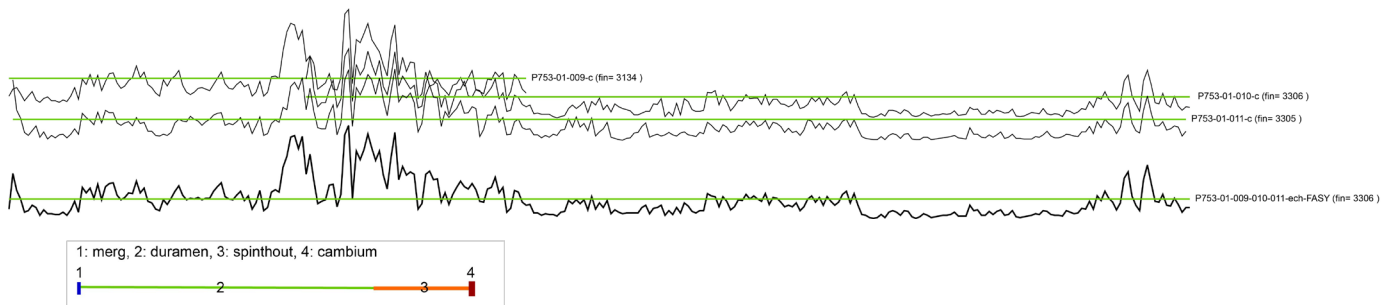


Fig. 17. Synchronisatie tussen de ringenreeksen P753-01-009, P753-01-010 en P753-01-011 en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P753-01-009-010-011-ech in het vet (tekeningen in corridor; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2020 © IRPA-KIK, Brussel

### 2.1.4 Dendrochronologische datering en interpretatie van de resultaten (zie punt 1.4)

Het gemiddelde **P753/01-M1-QUSP** en de individuele reeksen eikenhout werden vergeleken met de gedateerde referentieverzamelingen voor die soort, waarbij geen enkel dateringsresultaat duidelijk de boventoon voert. Rekening houdend met die moeilijkheden werd op de laatste jaarringen van monster **P753/01/013** (het enige waarvan de schors bewaard was gebleven) een koolstofdatering uitgevoerd. Uit het resultaat kan worden afgeleid dat de boom met 95,4 % zekerheid tussen 1020 en 1160 AD werd gekapt (zie Bijlage 2). Die koolstofdatering stemt met geen enkel potentieel dendrochronologisch resultaat overeen. De monsters van het eikenhout kunnen momenteel dus niet met behulp van dendrochronologie worden gedateerd; dat ging enkel met een koolstofdatering.

De individuele reeksen van beukenhout werden ook met de referentieverzamelingen van deze soort vergeleken. Eén ervan, P753/01/004/005-ech, geeft een dendrochronologisch zwak dateringsvoorstel, dat zich niettemin binnen de meetwaarde van de koolstofdatering voor de eik situeert. Op basis van de combinatie van de resultaten van de koolstofdatering op het eikenhout en de dendrochronologische onderzoeken op het beukenhout kunnen we de laatste jaarring van P753/01/004/005-ech in 1079 AD situeren. Aangezien het beukenhout geen duidelijk spinthout vertoont en er geen enkel spoor van schors bewaard is gebleven, dient dit resultaat als een 'terminus post quem' te worden beschouwd voor het kappen, hoewel het radiale zaagpatroon en de vorm van de plank er lijken op te wijzen dat er slechts weinig jaarringen onder de schors verloren zijn gegaan.



Fig. 18. P753/01/004: Scan du plan transversal de l'échantillon. Labo. Dendro 2020 © IRPA-KIK, Brussel

### 2.1.5 Besluit

Het dendrochronologische onderzoek van de archeologische houten resten die op de site aan de Pauwstraat 2018 te Melsele werden aangetroffen, bleek complex, maar leidde toch tot resultaten.

In de geleverde partij hout werden twee soorten geïdentificeerd: eikenhout en beukenhout.

De eikenhouten elementen zijn relatief heterogeen - niet alleen wegens de vorm van de stukken (staken, palen of planken), maar ook wegens hun groeiritme, dat van langzaam tot zeer snel varieert, en hun aantal jaarringen (van 24 tot 218). Van de zes monsters die voor het onderzoek werden geselecteerd, werd alleen de meting van twee planken (P753/01/003 en P753/01/008) gesynchroniseerd, wat duidt op het feit dat ze uit dezelfde periode stammen. Ze werden geassembleerd tot het gemiddelde **P753/01-M1-QUSP**, 218 jaarringen lang. Helaas kon met dendrochronologie noch dit gemiddelde, noch de niet gesynchroniseerde reeksen worden gedateerd op de referentieverzamelingen.

De stukken beukenhout zijn afkomstig van planken die grote tafonomische vervormingen hebben ondergaan. De stukken hout vertonen een langzame tot zeer langzame groei en een groot aantal jaarringen. De dendrochronologische vergelijkingen tonen aan dat meerdere planken van dezelfde boom afkomstig zijn. Zo werden de reeksen P753/01/004 en P753/01/005 (staalnummer 10 volgnummer 2 en 3) tot een individuele reeks geassembleerd, **P753/01/004/005-ech**, 266 jaarringen lang. Drie andere reeksen - P753/01/009 (staalnummer 12 volgnummer 2), P753/01/010 (staalnummer 12 volgnummer 3) en P753/01/011 (staalnummer 13 volgnummer 2) - werden in een individuele reeks samengebracht: **P753/01/009/010/011-ech**, 307 jaarringen lang.

De individuele reeksen beukenhout konden onderling niet worden gesynchroniseerd. Ze werden individueel vergeleken met de gedateerde referentieverzamelingen van gedateerde chronologieën, maar leveren slechts voorstellen van datums op die statistisch te zwak zijn om dendrochronologisch te worden bevestigd.

Wegens die moeilijkheden werd een koolstofanalyse uitgevoerd op een van de monsters eikenhout (P753/01/013), het enige van het corpus dat nog van schors was voorzien - d.w.z. het enige met de jaarring die overeenstemt met het jaar waarin de boom werd gekapt. Uit het resultaat kan worden afgeleid dat de boom voor 95,4 % zeker tussen 1020 en 1160 AD werd gekapt (zie bijlage 2). Van geen van de stalen van het eikenhout werd een dendrochronologische datering verkregen, zelfs geen zwakke, die binnen die periode valt. Dat is wel zo voor de reeks beukenhout P753/01/004/005-ech, die voor zijn laatste jaarring een mogelijkheid van datering in 1079 AD opleverde. Dit resultaat is dendrochronologisch te zwak om als betrouwbaar te worden beschouwd, maar wordt wel bevestigd door het tijdsvenster van de koolstofdatering en verfijnt het aanzienlijk. Maar aangezien het beukenhout geen duidelijk spinthout vertoont en het monster niet van schors is voorzien, moet het jaar 1079 AD worden beschouwd als een terminus post quem voor het kappen, zelfs al lijkt het radiale zaagpatroon en de buiging van de plank aan de buitenkant erop te wijzen dat er slechts weinig jaarringen in het monster ontbreken.

## 2.2 Foto's van de gelichte monsters (© KIK-IRPA, Brussel)

P753-01-001



P753-01-001/1



P753-01-001/2



P753-01-001/3



P753-01-002



P753-01-003



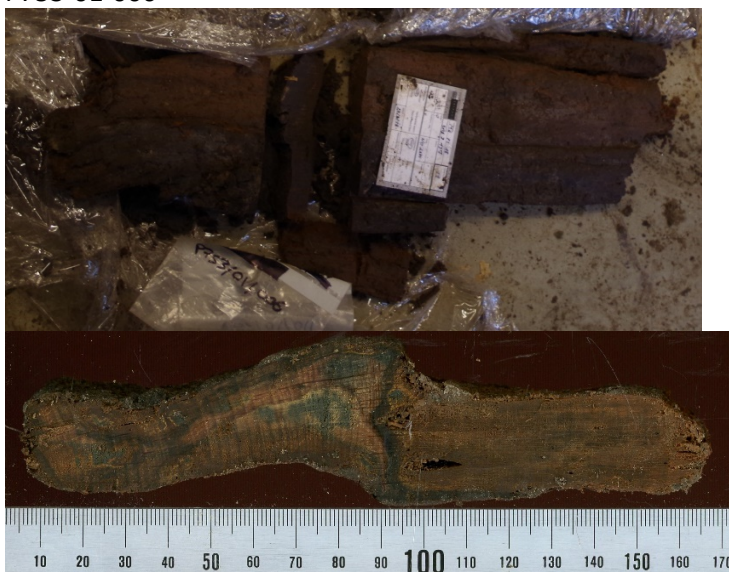
P753-01-004



P753-01-005



P753-01-006



P753-01-007



P753-01-008



P753-01-008/1



P753-01-008/2



P753-01-009



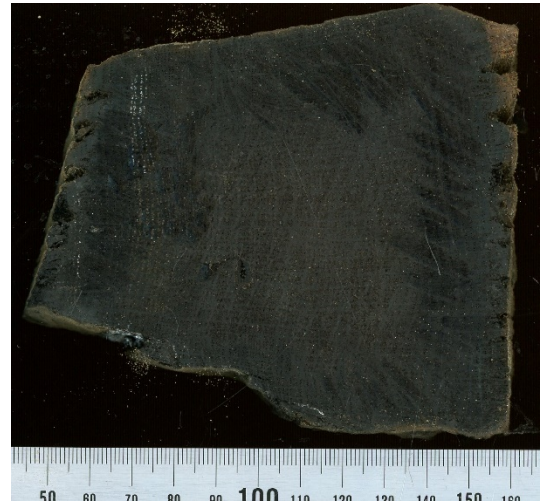
P753-01-010



P753-01-011



P753-01-012



P753-01-013



P753-01-014



P753-01-015



## 2.3 Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten

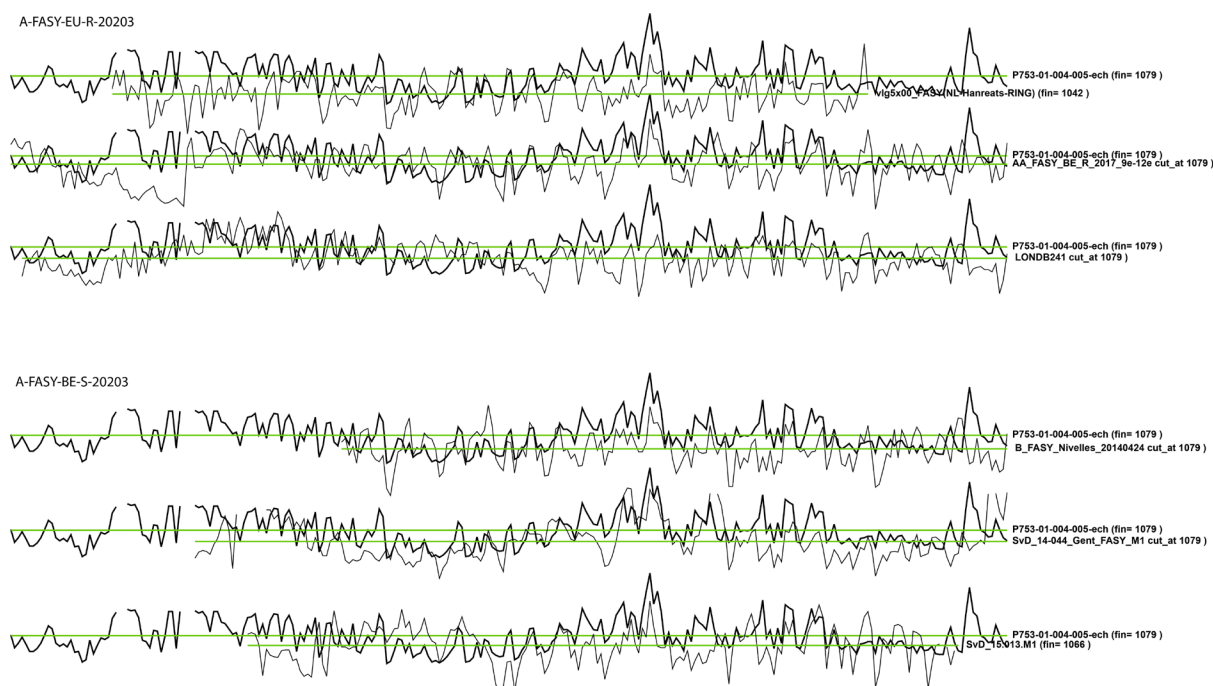
### 2.3.1 Samenvatting van de datering

| Dendrochronologische code KIK | Code ERFPUNT<br>Staaln./Volgn.                                                                     | Datum eerste<br>gemeten ring | Datum laatste<br>gemeten ring | Aantal spinthout-<br>ringen | Cambium | Resultaat                 |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------|---------------------------|
| P753-01-004-005-<br>ech       | P753/01/004 :<br>Staalnummer 10<br>Volgnummer 2<br>P753/01/005 :<br>Staalnummer 10<br>Volgnummer 3 | 814                          | 1079                          | /                           | /       | <b>Kap na 1721<br/>AD</b> |

### 2.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van de resultaten

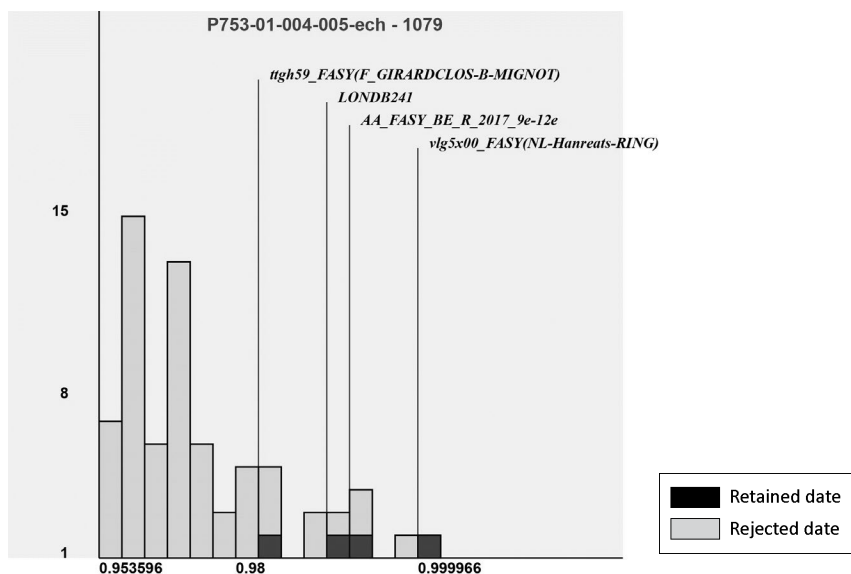
#### 2.3.2.1 Verificatie van de datering door visuele vergelijking met de chronologieën van de referentieverzameling

In de volgende grafiek wordt de visuele synchronisatie weergegeven tussen chronologie P753/01/004/005-ech (in het vet) en de drie gedateerde chronologieën van elke referentieverzameling (tekeningen in *corridor ajusté*). Tekening: Labo. Dendro © IRPA-KIK, Brussel



#### 2.3.2.2 Gecumuleerd histogram van door *Dendron IV* voorgestelde datums bij het berekenen van het gemiddelde op de chronologieën van de referentieverzameling

Zie punt 1.5.1 en Fig. 15 voor de interpretatie van dit type van grafieken. Voor reeks **P753/01/004/005-ech** is de kwaliteit van de resultaten klasse B, maar de datering wordt door de resultaten van de koolstofdatering bevestigd. Tekening: Labo. Dendro © IRPA-KIK, Brussel



### 2.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische reeks (zie punt 1.3)

De synchronisatieberekeningen werden uitgevoerd met behulp van de *Dendron IV* software na kalibratie van de dendrochronologische reeks door een originele transformatie genaamd *corridor ajusté* (zie punten 1.3.1 en 1.3.3)<sup>33</sup>.

Het resultaat van  $t$  van *Student* (berekend op basis van twee correlatiecoëfficiënten) kan als significant beschouwd worden vanaf 5, is goed vanaf 6 en zeer goed hoger dan 7 (foutmarge beperkt door de aanduiding van probabiliteit/zekerheid)<sup>34</sup>. De weerhouden positie wordt als overtuigender beschouwd naarmate haar replicatie toeneemt op de chronologieën van de referentieverzameling.

De volgende tabel toont aan dat reeks P735-01-004-005-ech goede resultaten oplevert op de referentiechronologieën van het beukenhout, hoewel de graden relatief zwak blijven.

| P753-01-004-005-ech : 814-1079 AD                                                                         |                |                |                           |               |                                          |                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|---------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Regionale (0-A-FASY-EU-R-202003) en sitechronologieën (0-A-FASY-BE-S-202003) van de referentieverzameling |                |                |                           |               |                                          |                                                        |
| $t$ van <i>Student</i> *                                                                                  | Coeff. corr. 1 | Coeff. corr. 2 | Probabiliteit / zekerheid | Aantal ringen | Chronologie van de referentieverzameling | © Referentie <sup>35</sup>                             |
| <b>A-FASY-EU-R-202003</b>                                                                                 |                |                |                           |               |                                          |                                                        |
| 5.28                                                                                                      | 0.33           | 0.34           | 0.999966                  | 194           | vlg5x00_FASY(NL-Hanraets-RING)           | RING, Hanraets E.                                      |
| 4.61                                                                                                      | 0.24           | 0.29           | 0.999943                  | 258           | AA_FASY_BE_R_2017_9e-12e                 | KIK-IRPA & Van Daalen Dendrochronologie                |
| 4.4                                                                                                       | 0.24           | 0.27           | 0.999929                  | 255           | LONDB241                                 | Dendrochronological Consultancy, Tyers I.              |
| 3.84                                                                                                      | 0.22           | 0.44           | 0.999764                  | 110           | ttgh59_FASY(F_GIRARDCLOS-B-MIGNOT)       | CEDRE, Girardclos O. et CNRS, Bourquin-Mignot C., 2005 |
| <b>A-FASY-BE-S-202003</b>                                                                                 |                |                |                           |               |                                          |                                                        |
| 5.74                                                                                                      | 0.3            | 0.45           | 0.999979                  | 177           | B_FASY_Nivelles_20140424                 | KIK-IRPA                                               |
| 5.41                                                                                                      | 0.44           | 0.24           | 0.999971                  | 204           | SvD_14-044_Gent_FASY_M1                  | Van Daalen Dendrochronologie                           |
| 3.98                                                                                                      | 0.23           | 0.32           | 0.999886                  | 186           | SvD_15.013.M1                            | Van Daalen Dendrochronologie                           |

<sup>33</sup> LAMBERT G.-N., 2006.

<sup>34</sup> LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

<sup>35</sup> Zie punt 1.3.2.

## 2.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeksen en van het gemiddelde (1/100e mm)

format Besancon 1992 - from Dendron IV - exported at Thu, 11 Jun 2020 15:57:10 +0200  
extended\_version 2013

### 2.3.4.1 Dendrochronologische gegevens van de ringenreeksen van de monsters

#### 2.3.4.1.1 Meting van de breedten van de jaarringen van de niet gedateerde monsters eikenhout

. P753-01-001-ech

LON 50

AUB 32

\_AV 168.111

VAL Largeurs

188 163.5 209 165 273 225.5 173 119 152 170.33

158 114.33 133 165.33 162.33 127 159.33 167.67 126.67 152.33

200.67 192 174.33 203.67 208.33 101.33 176.67 148.67 208 203.33

222.67 258.33 128 96.67 116 109 , , , ,

, , , , , , , , , , ;

. P753-01-002

LON 24

LGT 4

\_AV 157.625

VAL Largeurs

203 206 191 112 120 158 198 122 138 173

188 145 190 191 130 149 199 124 112 168

204 93 161 108 ;

. P753-01-003

LON 146

\_AV 104.199

VAL Largeurs

217 148 210 143 193 178 145 163 97 152

146 135 152 120 177 207 165 154 158 140

164 191 154 156 148 139 132 155 105 125

111 110 136 121 109 134 128 114 147 129

118 140 86 81 112 136 121 118 134 118

97 73 79 139 91 146 146 121 95 93

124 82 61 69 58 105 70 82 80 72

80 84 104 79 97 93 88 94 87 70

71 78 72 62 88 94 83 67 81 74

86 82 74 73 91 98 91 75 58 66

65 74 72 76 98 67 91 72 69 56

57 55 64 61 51 52 81 77 86 72

84 62 71 47 58 94 77 74 93 89

83 92 109 66 129 108 119 99 109 87

122 117 82 140 81 130 ;

. P753-01-008-1

LON 218

AUB 216

\_AV 100.564

VAL Largeurs

42 64 52 60 64 57 72 73 54 49

68 101 76 79 82 87 81 96 102 102

160 131 112 106 101 49 92 91 62 83

98 83 118 123 136 115 79 121 83 105

128 145 98 128 94 96 152 116 155 142

183 112 140 156 145 128 199 235 242 140

176 171 147 166 118 184 161 142 175 99

138 148 134 140 112 150 188 141 135 144

135 144 145 139 122 120 133 143 142 94

119 130 110 116 106 104 109 132 109 123  
124 112 141 74 80 107 134 112 102 123  
107 94 78 70 134 82 132 150 110 108  
90 119 76 67 84 66 103 79 90 91  
95 83 96 107 86 104 93 94 89 83  
73 67 85 69 59 83 91 82 62 85  
79 57 94 86 57 97 85 80 62 43  
71 62 79 57 82 90 69 101 69 70  
68 68 81 57 63 66 63 80 84 78  
68 72 64 56 57 47 72 81 68 75  
69 65 72 82 67 81 88 85 97 85  
93 110 91 80 106 76 115 90 108 90  
95 109 69 75 108 76 74 97 ;

. P753-01-012  
LON 85  
AUB 83  
\_AV 117.059  
VAL Largeurs  
116 238 202 189 181 120 81 144 120 90  
70 84 64 77 78 91 68 94 62 76  
75 106 97 128 135 142 201 126 73 106  
144 95 88 102 68 68 46 50 65 56  
45 67 51 129 88 89 76 98 77 84  
77 51 84 87 94 109 104 116 122 135  
116 116 104 169 92 134 133 151 154 130  
108 182 182 188 222 159 170 155 216 208  
183 200 196 155 128 ;

. P753-01-013  
LON 80  
AUB 55  
\_AV 85.863  
VAL Largeurs  
93 139 104 132 84 95 88 56 54 57  
96 111 129 154 121 137 150 84 71 157  
141 143 56 52 94 97 90 59 59 58  
87 73 77 62 59 62 61 84 62 106  
87 144 95 120 99 95 66 46 64 48  
65 31 50 48 49 68 59 60 59 91  
60 89 100 136 141 70 65 101 94 98  
85 72 72 100 73 80 106 77 62 50  
;

. P753-01-014  
LON 29  
\_AV 406.207  
VAL Largeurs  
463 516 498 450 352 456 508 493 359 278  
186 318 483 427 470 416 375 393 329 410  
412 445 436 461 463 347 309 324 403 ;

. P753-01-015  
LON 81  
\_AV 127.173  
VAL Largeurs  
224 223 196 179 170 124 159 188 127 141  
178 153 129 180 79 102 119 104 145 128  
246 334 253 224 180 181 180 128 105 105  
80 98 122 119 90 102 78 97 140 137  
148 113 119 142 148 103 72 109 148 108  
136 144 132 87 83 70 96 133 88 119  
96 92 64 99 73 62 63 79 78 64  
126 119 112 78 76 110 117 136 115 99  
98 ;

### 2.3.4.1.2 Meting van de breedten van de jaarringen van het gemiddelde P753-01-M1-QUSP van niet gedateerde monsters eikenhout

. P753-01-M1-QUSP  
LON/LENGTH 218  
VAL nat of P753-01-M1-QUSP (average)  
42 64 52 60 64 57 72 73 54 49  
68 101 76 79 82 87 81 96 102 102  
160 131 112 106 101 49 92 91 62 83  
98 83 118 123 136 115 79 121 83 105  
128 145 98 128 94 96 152 116 155 142  
183 112 140 156 145 128 199 235 242 140  
176 194 147.5 188 130.5 188.5 169.5 143.5 169 98  
145 147 134.5 146 116 163.5 197.5 153 144.5 151  
137.5 154 168 146.5 139 134 136 137.5 148.5 99.5  
122 120.5 110 126 113.5 106.5 121.5 130 111.5 135  
126.5 115 140.5 80 80.5 109.5 135 116.5 110 128.5  
112.5 95.5 75.5 74.5 136.5 86.5 139 148 115.5 101.5  
91.5 121.5 79 64 76.5 62 104 74.5 86 85.5  
83.5 81.5 90 105.5 82.5 100.5 93 91 91.5 85  
71.5 69 81.5 70.5 60.5 85.5 92.5 82.5 64.5 83  
76.5 71.5 88 80 65 94 91.5 85.5 68.5 50.5  
68.5 63.5 76.5 64.5 79 94 68 96 70.5 69.5  
62 62.5 68 60.5 62 58.5 57.5 80.5 80.5 82  
70 78 63 63.5 52 52.5 83 79 71 84  
79 74 82 95.5 66.5 105 98 102 98 97  
90 116 104 81 123 78.5 122.5 90 108 90  
95 109 69 75 108 76 74 97 ;

### 2.3.4.1.3 Meting van de breedten van de jaarringen van de monsters beukenhout

. P753-01-004-c  
LON 266  
\_AV 73.827  
VAL Largeurs  
80 61 68 80 69 56 56 63 73 90  
109 105 75 60 72 68 74 59 63 33  
37 90 48 78 94 89 153 183 210 217  
189 251 169 219 138 57 84 84 131 117  
57 115 299 348 75 203 205 201 232 206  
177 206 156 111 220 262 144 146 136 123  
117 59 152 164 155 170 116 136 96 150  
182 170 83 146 157 126 60 99 82 129  
108 158 39 67 131 126 74 63 103 83  
66 124 59 47 69 86 93 95 146 126  
16 22 52 80 82 42 69 24 38 38  
61 26 16 21 10 18 29 40 53 92  
80 10 12 22 54 22 64 53 31 25  
18 21 64 78 11 15 35 42 80 73  
33 42 23 32 46 51 80 65 69 61  
34 71 108 88 73 57 60 71 33 41  
51 81 94 96 58 76 67 37 77 110  
145 91 107 80 20 45 22 33 25 11  
41 26 62 56 49 45 72 45 20 18  
37 16 16 47 29 30 31 34 39 51  
83 28 44 13 45 24 83 74 71 18  
15 31 49 71 54 63 63 20 28 49  
22 18 22 28 19 12 30 33 30 34  
11 41 25 18 30 21 29 30 21 18  
23 11 25 16 18 25 12 11 11 44  
67 38 21 18 99 160 109 102 59 56  
45 48 91 68 48 42 ;

. P753-01-005-c  
LON 219  
\_AV 74.9  
VAL Largeurs  
90 85 74 107 57 55 35 41 90 66

78 100 99 38 127 193 247 210 203 233  
182 210 133 95 62 113 124 65 98 317  
286 69 203 183 203 231 218 170 207 163  
122 200 256 145 133 113 97 111 91 99  
148 159 162 97 134 93 138 154 152 84  
133 157 130 50 108 83 119 99 134 35  
63 121 131 78 67 113 89 69 119 44  
42 65 89 53 83 133 115 12 18 40  
70 61 37 51 27 29 36 47 29 10  
14 12 12 19 33 44 88 76 10 10  
16 50 16 51 50 28 18 18 18 57  
66 10 13 23 38 64 70 29 33 22  
22 39 45 72 62 57 52 35 55 89  
78 66 59 51 80 34 37 54 78 83  
103 52 87 79 32 78 115 138 90 114  
74 27 39 21 33 24 13 49 24 67  
54 52 41 82 46 22 17 30 12 23  
38 31 34 31 31 46 48 83 29 34  
13 41 19 71 71 67 15 14 29 50  
74 51 60 59 13 19 39 20 14 17  
22 18 10 22 22 31 28 18 40 ;

. P753-01-006

LON 214

\_AV 69.981

VAL Largeurs

36 59 65 48 44 33 70 44 52 70  
133 153 223 221 225 269 217 225 200 64  
58 83 94 102 86 241 415 397 100 177  
207 251 284 236 253 228 152 81 133 169  
79 99 81 95 109 80 47 75 138 123  
116 65 73 94 97 87 95 55 69 51  
41 89 43 79 64 88 87 48 54 73  
47 64 98 55 40 80 41 32 52 81  
43 56 69 90 53 64 68 46 49 21  
60 39 19 21 18 25 19 28 38 44  
36 10 17 45 19 43 44 29 18 56  
26 28 26 27 33 64 60 30 39 23  
24 38 47 64 64 59 48 33 44 59  
61 53 55 38 56 28 32 36 59 56  
71 37 34 52 33 63 86 116 81 106  
67 29 30 33 25 29 28 17 42 45  
81 84 49 22 15 41 23 21 60 46  
42 44 52 60 59 76 49 40 41 23  
76 56 56 14 18 26 33 54 58 65  
62 30 29 57 31 21 25 30 22 18  
34 35 45 41 12 13 65 48 33 42  
45 57 51 43 ;

. P753-01-007-a

LON 76

\_AV 116

VAL Largeurs

132 71 58 38 35 79 50 42 56 76  
70 95 96 63 38 49 52 68 44 60  
44 57 34 48 53 69 115 146 223 224  
227 238 128 219 108 62 84 94 108 145  
144 348 260 92 162 194 220 239 250 172  
281 284 218 161 143 134 124 145 129 133  
69 49 66 127 110 101 64 58 58 96  
90 101 58 64 95 79 ;

. P753-01-007-b

LON 124

\_AV 46.258

VAL Largeurs

56 21 28 33 64 67 33 27 23 20  
42 43 70 65 65 48 38 49 56 69  
53 58 36 62 29 31 37 62 45 66  
37 29 53 36 71 81 105 81 104 82  
27 38 32 23 33 35 28 49 50 36

40 78 49 35 44 46 45 41 48 41  
48 58 60 61 44 45 40 29 66 68  
40 90 54 54 64 57 26 31 54 29  
18 19 34 23 27 25 17 15 28 29  
14 14 31 30 34 25 29 30 43 40  
42 42 53 35 49 37 67 58 75 55  
43 31 42 94 108 53 45 41 28 48  
82 71 43 58 ;

. P753-01-009-c

LON 135

\_AV 93.067

VAL Largeurs

34 58 62 42 19 36 49 22 15 27  
32 20 20 15 23 18 34 62 25 89  
71 105 66 102 53 82 106 110 78 60  
66 85 95 132 94 112 72 61 45 35  
86 68 89 100 116 69 48 39 48 60  
61 57 52 73 91 112 74 59 57 73  
82 64 72 36 47 83 35 47 98 99  
91 178 242 269 264 215 245 147 165 139  
56 68 77 107 56 55 95 299 312 75  
215 206 236 268 216 196 176 133 99 214  
264 103 158 114 144 141 28 42 113 67  
71 90 65 52 38 70 75 95 68 93  
117 54 51 42 89 87 113 98 110 24  
49 104 90 58 46 ;

. P753-01-010-c

LON 230

\_AV 54.935

VAL Largeurs

124 196 91 40 52 52 92 121 38 64  
194 217 57 169 137 157 210 169 137 181  
102 77 134 208 103 133 114 95 106 37  
43 111 150 117 111 39 76 16 55 91  
94 118 73 71 94 89 69 83 98 124  
65 83 26 29 75 68 47 40 46 19  
21 17 18 18 11 7 11 14 36 45  
35 44 56 22 56 45 67 31 46 24  
50 41 35 32 28 16 15 21 26 26  
49 47 65 10 24 13 51 15 65 57  
31 27 26 29 85 82 89 46 75 57  
28 43 59 58 78 65 67 67 48 78  
45 64 63 50 47 41 45 61 36 39  
47 69 56 69 46 69 54 46 55 75  
86 51 77 44 19 19 11 8 13 20  
13 29 30 26 19 31 27 14 10 14  
22 17 13 15 15 19 18 19 28 14  
15 17 39 31 33 17 17 30 21 29  
27 21 22 33 13 10 13 18 23 21  
19 35 19 16 19 18 11 29 26 19  
25 35 32 57 38 68 64 86 62 51  
34 52 120 137 74 50 26 120 152 108  
52 50 80 47 38 72 43 30 40 38 ;

. P753-01-011-c

LON 305

\_AV 58.066

VAL Largeurs

196 102 77 33 23 39 54 19 35 12  
24 17 25 28 16 28 45 27 93 80  
70 57 96 62 102 94 95 63 56 63  
66 54 80 60 65 37 37 23 22 28  
23 33 62 74 69 67 83 73 69 56  
67 73 87 93 94 56 61 57 67 79  
47 64 29 53 82 24 29 60 71 64  
110 103 175 188 167 204 103 170 98 48  
44 45 91 118 26 60 195 227 52 172  
149 178 213 195 151 202 135 85 161 230  
127 147 140 156 125 35 60 149 180 142

140 51 98 80 94 107 131 92 94 113  
107 21 43 87 87 114 64 80 26 28  
66 74 48 43 44 26 26 17 23 19  
27 24 40 42 75 49 81 50 61 39  
77 22 34 45 65 19 14 10 9 14  
17 31 33 52 63 18 23 27 22 25  
33 26 22 31 34 25 24 21 33 30  
65 55 42 35 58 50 33 37 56 52  
68 55 69 52 58 70 45 64 60 52  
33 46 33 37 24 40 71 68 46 60  
43 63 54 41 49 69 74 49 71 45  
20 14 12 10 10 20 10 23 29 25  
14 28 29 12 10 11 19 18 11 13  
15 17 18 21 23 16 15 13 48 27  
28 18 17 26 18 25 35 15 18 27  
14 14 13 12 12 20 18 25 36 22  
17 16 21 28 25 22 21 35 34 51  
30 66 48 73 60 51 29 49 108 125  
63 39 31 102 145 93 54 53 66 40  
44 53 49 22 36 ;

. P753-01-009-010-011-ech-FASY

LON 307

\_AV 59.854

VAL Largeurs

34 127 82 59.5 26 29.5 44 38 17 31  
22 22 18.5 20 25.5 17 31 53.5 26 91  
75.5 87.5 61.5 99 57.5 92 100 102.5 70.5 58  
64.5 75.5 74.5 106 77 88.5 54.5 49 34 28.5  
57 45.5 61 81 95 69 57.5 61 60.5 64.5  
58.5 62 62.5 80 92 103 65 60 57 70  
80.5 55.5 68 32.5 50 82.5 29.5 38 79 85  
77.5 144 172.5 222 226 191 224.5 124.67 177 109.33  
48 54.67 58 96.67 98.33 39.67 73 229.33 252 61.33  
185.33 164 190.33 230.33 193.33 161.33 186.33 123.33 87 169.67  
234 111 146 122.67 131.67 124 33.33 48.33 124.33 132.33  
110 113.67 51.67 75.33 44.67 73 91 106.67 92.67 86.67  
100.33 85 53.67 51.33 86.33 90.67 117 75.67 91 25.33  
35.33 81.67 77.33 51 43 45 22.5 23.5 17 20.5  
18.5 19 15.5 25.5 28 55.5 47 58 47 58.5  
30.5 66.5 33.5 50.5 38 55.5 21.5 32 25.5 22  
23 22.5 23.5 24 36.5 44.5 22 36 37 43.5  
17.5 28.5 19.5 36.5 23 49.5 41 27.5 24 29.5  
29.5 75 68.5 65.5 40.5 66.5 53.5 30.5 40 57.5  
55 73 60 68 59.5 53 74 45 64 61.5  
51 40 43.5 39 49 30 39.5 59 68.5 51  
64.5 44.5 66 54 43.5 52 72 80 50 74  
44.5 19.5 16.5 11.5 9 11.5 20 11.5 26 29.5  
25.5 16.5 29.5 28 13 10 12.5 20.5 17.5 12  
14 15 18 18 20 25.5 15 15 15 43.5  
29 30.5 17.5 17 28 19.5 27 31 18 20  
30 13.5 12 13 15 17.5 20.5 18.5 30 27.5  
19 18 17 16 28.5 25.5 20.5 23 35 33  
54 34 67 56 79.5 61 51 31.5 50.5 114  
131 68.5 44.5 28.5 111 148.5 100.5 53 51.5 73  
43.5 41 62.5 46 26 38 38 ;

#### 2.3.4.1.4. Meting van de breedten van de jaarringen van de reeks P753-01-004-005- ech van gedateerd beukenhout

. P753-01-004-005-ech

LON 266

POS 814

\_AV 72.34

VAL Largeurs

80 61 68 80 69 56 56 63 73 90

109 105 75 75 78.5 71 90.5 58 59 34

39 90 57 78 97 94 95.5 155 201.5 232

199.5 227 201 200.5 174 95 89.5 73 122 120.5

61 106.5 308 317 72 203 194 202 231.5 212

173.5 206.5 159.5 116.5 210 259 144.5 139.5 124.5 110

114 75 125.5 156 157 166 106.5 135 94.5 144

168 161 83.5 139.5 157 128 55 103.5 82.5 124

103.5 146 37 65 126 128.5 76 65 108 86

67.5 121.5 51.5 44.5 67 87.5 73 89 139.5 120.5

14 20 46 75 71.5 39.5 60 25.5 33.5 37

54 27.5 13 17.5 11 15 24 36.5 48.5 90

78 10 11 19 52 19 57.5 51.5 29.5 21.5

18 19.5 60.5 72 10.5 14 29 40 72 71.5

31 37.5 22.5 27 42.5 48 76 63.5 63 56.5

34.5 63 98.5 83 69.5 58 55.5 75.5 33.5 39

52.5 79.5 88.5 99.5 55 81.5 73 34.5 77.5 112.5

141.5 90.5 110.5 77 23.5 42 21.5 33 24.5 12

45 25 64.5 55 50.5 43 77 45.5 21 17.5

33.5 14 19.5 42.5 30 32 31 32.5 42.5 49.5

83 28.5 39 13 43 21.5 77 72.5 69 16.5

14.5 30 49.5 72.5 52.5 61.5 61 16.5 23.5 44

21 16 19.5 25 18.5 11 26 27.5 30.5 31

14.5 40.5 25 18 30 21 29 30 21 18

23 11 25 16 18 25 12 11 11 44

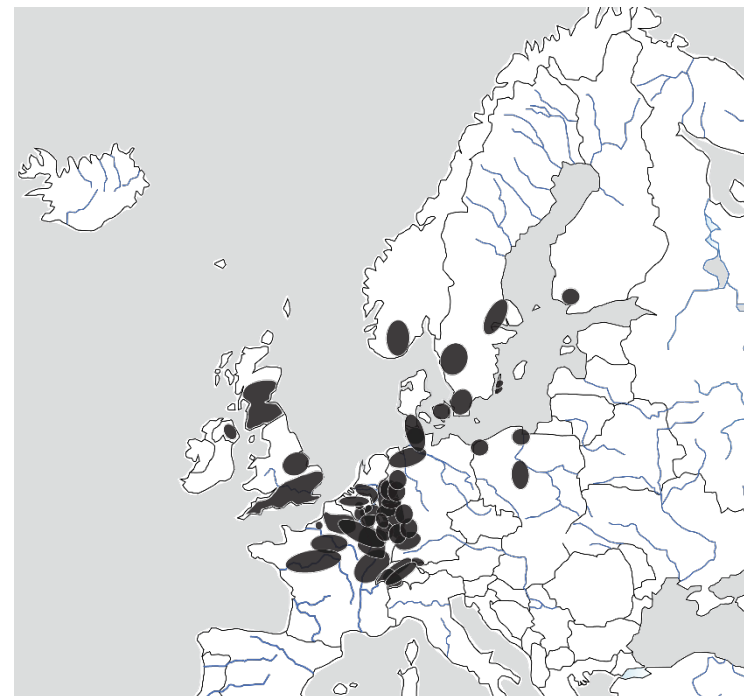
67 38 21 18 99 160 109 102 59 56

45 48 91 68 48 42 ;

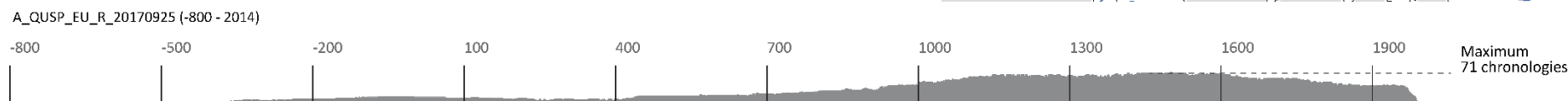
## Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering

### 1.1. Eik: regionale chronologieën van West-Europa (ref. code: A\_QUSP\_EU\_R\_20170925)

De referentieverzameling van de regionale chronologieën van het KIK dekt grotendeels België en de aangrenzende regio's. De referentieverzameling is samengesteld uit ongeveer 120 chronologieën (interval 1518 v.Chr. – 2014 n.Chr.), afkomstig van levende bomen of staand dood hout, en van hout afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal dat eventueel werd vervoerd over een min of meer lange afstand. Chronologieën werden opgesteld door verschillende laboratoria; het overgrote is onuitgegeven. De laboratoria die de in dit dossier gebruikte chronologieën aanmaken, worden vermeld in de dateringsresultatentabellen.



*Schematische weergave van de geografische dekking van de regionale chronologieën van eik voor West-Europa. Labo dendro, 2017© KIK-IRPA, Brussel*

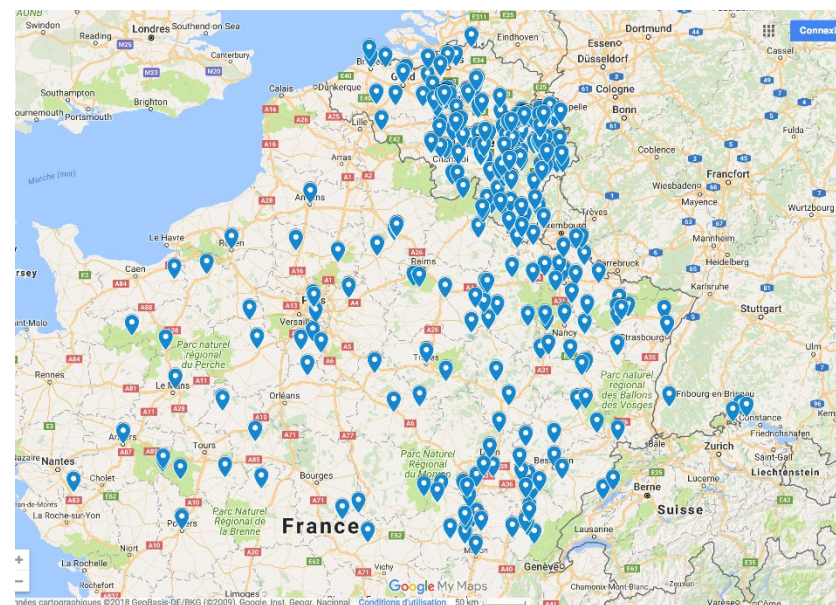


*Volume (per jaar) van de referentieverzameling van chronologieën van regionale eik voor West-Europa (voor de periode 800 v.Chr. – 2014 n.Chr.). Labo dendro, 2017 © KIK-IRPA, Brussel*

## 1.2. Eik: site- en individuele chronologieën, West-Europa (ref. code: A\_QUSP\_BE\_FR-S-I\_202003)

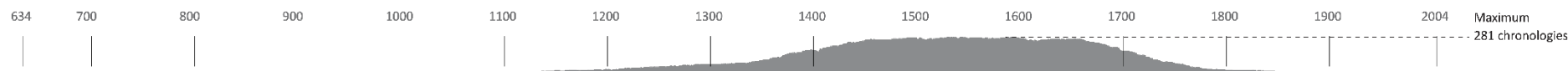
Deze referentieverzameling telt ongeveer 1000 chronologieën (interval 106BC-2004AD) die afkomstig zijn van hoofdzakelijk Belgische sites en het uiterste Oosten van Frankrijk en enkele aangrenzende regio's. Het is samengesteld uit chronologieën afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal, opgebouwd door verschillende laboratoria. Deze chronologieën zijn onuitgegeven:

- chronologieën van Belgische sites opgesteld door het Labo voor dendrochronologie van het KIK (FRAITURE P. *et al.*, Brussel) : © KIK-IRPA ;
- sitechronologieën uit de streek van Brussel opgesteld door het Labo. Dendro IRPA (FRAITURE P. *et al.*, Brussel) en het laboratorium van de ULiège/URAAP (HOFFSUMMER P. *et al.*, Luik) in het kader van een tijdelijke samenwerking: © KIK-IRPA\_ULiège of © ULiège\_KIK-IRPA (afhankelijk van de verantwoordelijke van de analyse) ;
- chronologieën van Vlaamse sites opgesteld door het laboratorium van het *Flemish Heritage Agency* (HANECA K., Brussel) : © FHA ;
- chronologieën van Belgische sites gecreëerd door het Labo voor dendrochronologie van de ULiège/URAAP (HOFFSUMMER P. *et al.*, Luik) : © ULiège :
  - o inclusief de chronologieën die werden gereviseerd in het kader van de doctoraatsthesis van D. HOUBRECHTS, 2005; 2008 : © ULiège(DH)
  - o inclusief de chronologieën die werden gereviseerd in het kader van de Masterthesis van A. WEITZ, 2012 : © ULiège(AW) ;
- chronologieën van sites in het noordoosten van Frankrijk opgesteld door *DendroNet* (TEGEL W., Hemmenhofen, D) : © *DendroNet* ;
- chronologieën van sites gereviseerd in het kader van het project « *HistoricOaks* », G.-N. LAMBERT 2006, voor Frankrijk, België en Zwitserland:
  - © *HistoricOaks* (copyrights laboratoria: L01: ULiège/URAAP ; L02: Laténium ; L03: D-HEMMENHOFEN, Projet Archéologique ; L04: D-TRIER, Landesmuseum ; L05: LCE-CNRS ; L06: CEDRE ; L07: Rennes Université – CNRS ; L08: Centre Technique du Bois, Paris ; L09: Université Aix-Marseille-CNRS ; Compagnons-du-Devoir, Tours)
- individuele chronologieën afkomstig van kunstwerken opgesteld door:
  - o het Labo voor dendrochronologie van het KIK (J. VYNCKIER, P. FRAITURE, Brussel, onuitgegeven) : © KIK ;
  - o het Labo voor dendrochronologie van de ULiège/URAAP, in het kader van de doctoraatsthesis van P. FRAITURE, 2007 (onuitgegeven): © ULiège(PaF).
  - o *Dendrochronological Consultancy Ltd* (I. TYERS, Retford, onuitgegeven): © TYERS.



*Schematische weergave van de geografische dekking van de site- en individuele chronologieën van eik, voor West-Europa. Labo dendro, 2018 © KIK-IRPA, Brussel (achtergrondkaart: Google My Maps, 20180924)*

A\_QUSP\_BE-FR-S-I-20170925 (634 : 2004)



*Volume (per jaar) van de referentieverzameling van site- en individuele chronologieën van eik, voor West-Europa. Labo dendro, 2018 © KIK-IRPA, Brussel*

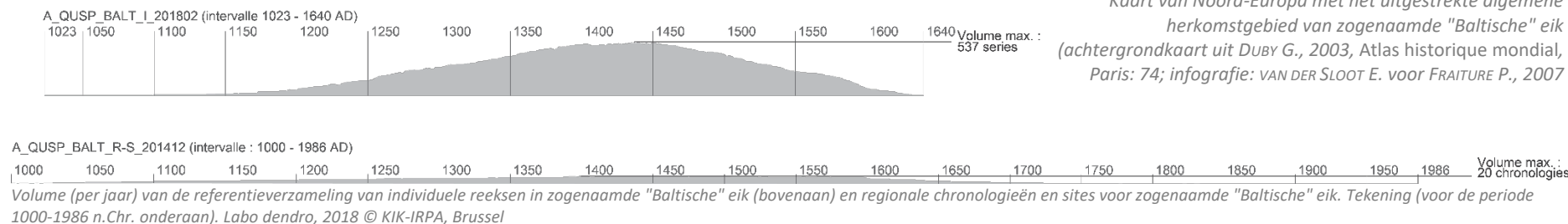
### 1.3. Eik: regionale chronologieën, sites en individuele reeksen, regio's van het zuiden van de Oostzee (code réf. : A\_QUSP\_BALT\_R-S\_201908 et A\_QUSP\_BALT\_I\_202003)

In de middeleeuwen importeerden veel West-Europese steden al hout als bouw materiaal uit verschillende regio's die aan de hand van archieven zouden kunnen worden in kaart gebracht: voor Brugge, bijvoorbeeld, de Ardennen, Rijn-Westfalen, de streek rond de Oostzee (Scandinavië, Oost-Pruisen en de Baltische staten) (Sossou 1977: 102-112). Het grootste voordeel dat deze regio's te bieden hebben is vooral de toegankelijkheid van de grondstof, eerder dan de kwaliteit ervan. In het bijzonder het bevaarbare waterwegennet van de Baltische landen - de Wisla, de Dvina en de zijrivieren - en de goed uitgeruste havens aan de monding van de rivieren - Danzig en Riga - maken deze regio's tot ideale locaties voor de exploitatie van hun dichte bossen. Dit is een van de redenen waarom Hanzehandelaren al in de 13<sup>e</sup> eeuw, maar vooral in de 14<sup>e</sup> eeuw een internationale handel in de Oostzee ontwikkelden (D'HAENNENS 1984). Samen met graan, zout, vis of bont is hout een van de vele goederen die zij vervoeren. Boomstammen worden van de bossen naar de exporthavens getransporteerd, waar ze in de steden tot halffabricaten worden verwerkt en vervolgens op schepen worden geladen. De oorsprong van deze bossen is tot op heden onduidelijk, maar het lijkt erop dat verschillende gebieden in de loop der tijd zijn geëxploiteerd, waarschijnlijk van Noord-Polen tot het huidige Rusland<sup>36</sup>. Vele historische bronnen getuigen van de aanzienlijke export van Noordoostelijke eiken naar de vroegere Nederlanden in de 14<sup>e</sup> eeuw, via de Baltische havens.<sup>37</sup> Dendrochronologie helpt dit vast te stellen aangezien de meeste dragers die onder meer door Vlaamse schilders van de 14<sup>de</sup> eeuw tot het midden van de 17<sup>de</sup> eeuw werden gebruikt, van dit type hout zijn gemaakt.<sup>38</sup> Het was in grote hoeveelheden verkrijgbaar en had mechanische eigenschappen die bijzonder geschikt zijn voor het verkrijgen van hoogwaardige planken.<sup>39</sup>

De Baltische referentiebasis van het KIK bevat een dertigtal "regionale" chronologieën en sitechronologieën (996-1986AD) en meer dan 850 individuele reeksen afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal. Deze laatste, niet gepubliceerde reeksen werden opgebouwd door drie laboratoria: het Labo. Dendro KIK (J. VYNCKIER, P. FRAITURE, Brussel, niet gepubliceerd) © KIK; het laboratorium van de ULiège/URAAP, in het kader van de doctoraatsthesis van P. FRAITURE, 2007 (niet gepubliceerd) ©ULiège(PaF) en het laboratorium *Dendrochronological Consultancy Ltd* (I. TYERS, Retford, niet gepubliceerd) © I. TYERS.



Kaart van Noord-Europa met het uitgestrekte algemene herkomstgebied van zogenaamde "Baltische" eik (achtergrondkaart uit DUBY G., 2003, Atlas historique mondial, Paris: 74; infografie: VAN DER SLOOT E. voor FRAITURE P., 2007)



<sup>36</sup> Voor een stand van zaken, zie bijvoorbeeld ECKSTEIN D. & WROBEL S., 2007 en FRAITURE P., 2009<sup>b</sup>.

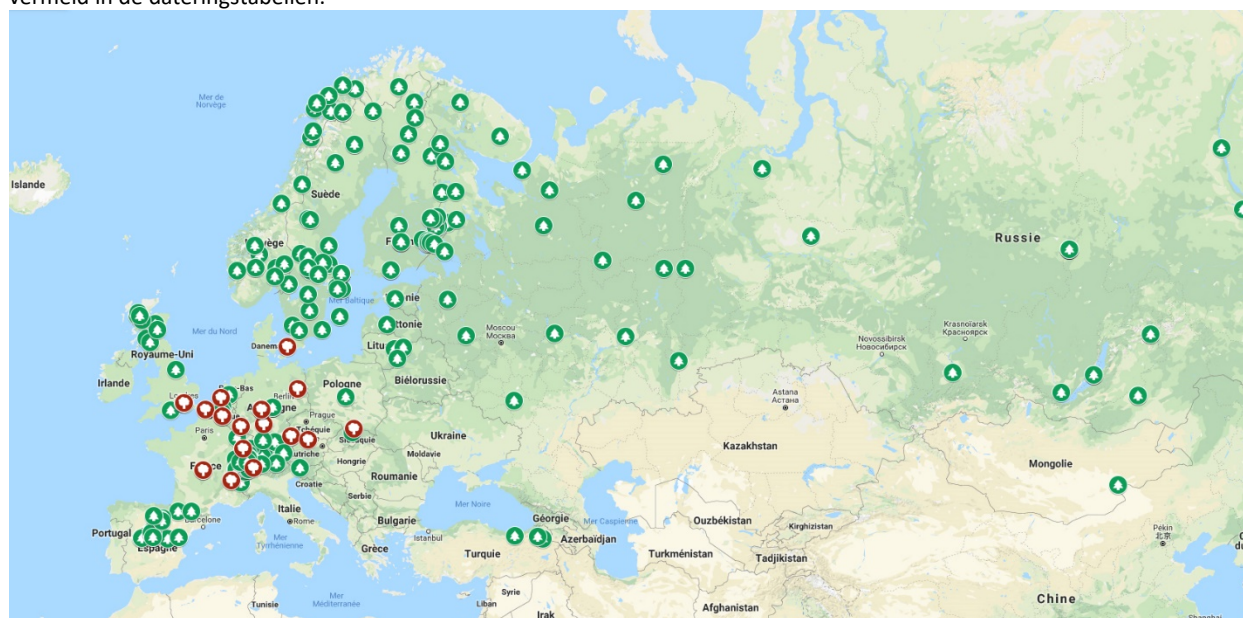
<sup>37</sup> Zie, bijvoorbeeld, BAILLIE M. G. L., 1984; TOSSAVAINEN J., 1994; ZUNDE M., 1998-1999.

<sup>38</sup> Over de ontdekking van het gebruik van het zogenaamd "Baltisch" hout in kunst door de dendrochronologie, zie BAILLIE M. G. L., HILLAM J. & BRIFFA K. R., 1985; ECKSTEIN D. *et al.*, 1986. Voor het gebruik van Baltische eik in de Vlaamse kunstwerken, zie, bijvoorbeeld, VYNCKIER J., 1992; KEMPERDICK S. & KLEIN P., 1997; FRAITURE P., 2007 en FRAITURE P., 2012. Voor een stand van zaken, zie bijvoorbeeld ECKSTEIN D. & WROBEL S., 2007 en FRAITURE P., 2007.

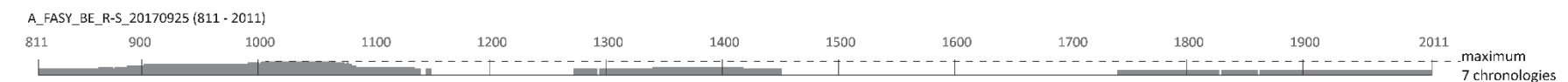
<sup>39</sup> Het barre klimaat in deze regio's zorgt voor langzaam groeiende bomen, die zacht hout produceren dat weinig gevoelig is voor vervorming. Bovendien zorgt de competitiviteit tussen de individuen in deze dichte bossen voor een rechte groei van eiken, een waardevolle eigenschap voor de productie van lange planken.

#### 1.4. **Beuk en harsbomen: regionale chronologieën, sitechronologieën en individuele reeksen** (referentiecodes: **A\_FASY\_EU\_R-S-I\_202003**; **A\_GYMNO\_EU\_R-S-I\_202003**)

De referentieverzameling van chronologieën voor **beuk** telt momenteel een dertigtal chronologieën uit West-Europa (interval 416-2012 n.Chr.). De referentieverzameling van **harsbomen** (grove den, gewone spar, gewone zilverspar) telt er ongeveer 450 (interval 430-2011 AD) verspreid over West-Europa en in Scandinavische landen alsook enkele meer oostelijke chronologieën. Ze zijn afkomstig van levende of rechtopstaande dode bomen en van hout afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal dat eventueel over min of meer grote afstanden werd vervoerd. Ze worden opgebouwd door verschillende laboratoria; de meerderheid is niet gepubliceerd. De laboratoria die de in dit dossier gebruikte chronologieën aanmaken, worden vermeld in de dateringstabellen.



Lokalisering van de beschikbare chronologieën voor de beuk (in het rood) en voor de harsbomen (in het blauw). Tekening: Labo dendro, 2018 © KIK-IRPA, Bruxelles (achtergrondkaart Google My Maps, 20180924)



Volume (per jaar) van de referentieverzameling van chronologieën van sites en individuele reeksen voor West-Europa. Tekening: Labo dendro, 2018 © KIK-IRPA, Brussel

## Bijlage 2

INSTITUT ROYAL DU PATRIMOINE ARTISTIQUE  
Politique scientifique fédérale

KONINKLIJK INSTITUUT VOOR HET KUNSTPATRIMONIUM  
Federaal wetenschapsbeleid



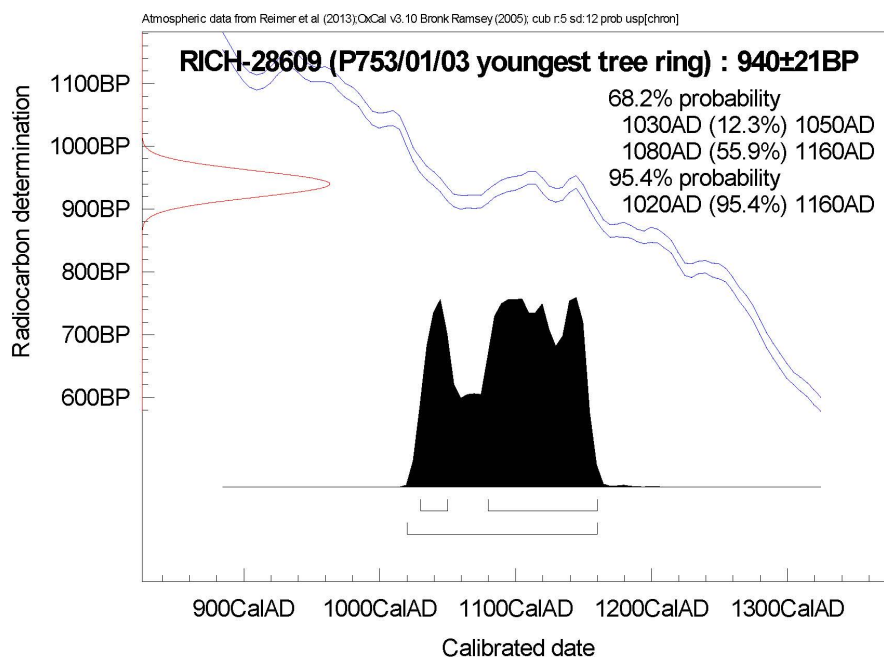
[www.kikirpa.be](http://www.kikirpa.be)

8/6/2020

Laboratoire de dendrochronologie  
KIK-IRPA

### RADIOCARBON DATING REPORT

Melsele



Pretraitement: Pretraitement: solvents (hexane/acetone/ethanol -bain ultrasonic) + AAA (acide-alkali-acide)

Amicalement,  
Mathieu Boudin

[Mathieu.boudin@kikirpa.be](mailto:Mathieu.boudin@kikirpa.be)

Parc du Cinquantenaire 1 - BE-1000 Bruxelles  
Jubelpark 1 - BE-1000 Brussel

Tel. +32 2 739 67 11 • Fax +32 2 732 01 05 • E-mail [info@kikirpa.be](mailto:info@kikirpa.be)  
CCP IBAN BE73 6792 0047 5960 • BIC PQHQBEBB



## Bibliografie

- BAILLIE M. G. L., 1977<sup>a</sup>. The Belfast Oak Chronology to A.D. 1001, *Tree-Ring Bulletin* 37, p. 13-20.
- BAILLIE M. G. L., 1977<sup>b</sup>. Dublin medieval dendrochronology, *Tree-Ring Bulletin* 37, p. 13-20.
- BAILLIE M. G. L., 1977<sup>c</sup>. An Oak Chronology for South Central Scotland, *Tree-Ring Bulletin* 37, p. 33-34.
- BECKER B., 1981. Fällungsdaten römischer Bauhölzer, anhand einer 2350 jährigen süddeutschen Eichen-Jahrringchronologie, *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 6, p. 369–386.
- BENOIT Y. & DIROL D., 1999. *Le guide de reconnaissance des bois de France*, CTBA, Eyrolles.
- BEUTING M., 2011. Dendro-organology? The dendrochronological method applied to musical instruments, in: FRAITURE P. (dir.), *Tree Rings, Art, Archaeology*, Proceedings of the conference, Brussels, Royal Institute for Cultural Heritage, 10-12 February 2010 (*Scientia Artis* 7), Brussels, p. 273-283.
- BRIDGE M. C., 1988. The Dendrochronological Dating of Buildings in Southern England, *Medieval Archaeology* XXXII, p. 166-174.
- BROWN J. C., 1885. *Forests and forestry in Poland, Lithuania, the Ukraine, and the Baltic provinces of Russia, with notices of the export of timber from Memel, Dantzig, and Riga*, Edinbourg, 300 p.
- DELORME A., 1973. Aufbau einer Eichenjahrringchronologie für das südliche Weser und Leinebergland, *Forstarchiv* 44, p. 205–209.
- DUROST S., 2005. *Dendrochronologie et dendroclimatologie du deuxième âge du Fer et de l'époque romaine dans le Nord et l'Est de la France. Datations, Système de références et modélisations*, PhD Dissertation, Université de Franche-Comté, Besançon, 175 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 : *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges. Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer*, Actes du XXXIX<sup>e</sup> colloque international de l'AFEAF, Bienne, 5-8 mai 2005, Besançon, Presses Universitaires de Franche-Comté, p. 19–36.
- EPAUD F., 2007. *De la charpente Romane à la charpente Gothique en Normandie. Évolution des techniques et des structures de charpenterie aux XII<sup>e</sup>–XIII<sup>e</sup> siècles*, Caen, 624 p.
- FRAITURE P., 2007. *Les supports de peintures en bois dans les anciens Pays-Bas méridionaux de 1450 à 1650 : analyses dendrochronologiques et archéologiques*, Thèse de doctorat, Université de Liège, 3 vol., 447 p., 347 p. et 491 fig.
- FRAITURE P., 2009a. Dendrochronological Analysis of Pre-Eyckian Paintings, in DENEFFÉ D., PETERS F. & FREMOUT W., *Pre-Eyckian Panel Painting in the Low Countries*, 1. *Catalogue* (Contributions to Fifteenth-Century Painting in the Southern Netherlands and the Principality of Liège), Brussel (Stroo Cyriel & Vanwijnsberghe Dominique eds), p. 47–69.
- FRAITURE P., 2009b. Contribution of dendrochronology to understanding of wood procurement sources for panel paintings in the former Southern Netherlands from 1450 to 1650, *Dendrochronologia* 27, p. 95–111.
- FRAITURE P., CREMER S., WEITZ A., 2014. *Planches de sépultures, Grand Place, Nivelles (Brabant wallon). Rapport d'analyse dendrochronologique*, P515 (N° dossier IRPA 2012.11766).
- GIRARD-CLOS O., 1999. *Dendrochronologie du Chêne (Quercus petraeae, Quercus robur), influences des facteurs stationnels et climatiques sur la croissance radiale, cas de sols hydromorphes et des climats atlantiques. Applications paléo-écologiques aux bois subfossiles du marais de Brière (Loire-Atlantique)*, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 377 p. et annexes.
- GROVES C., 1992. *Dendrochronological analysis of timbers from New Baxtergate, Grimsby, Humberside*, 1986, Anc Mon Lab Rep, 8/92.
- GROVES C., 2004. Dendrochronological Analysis of Timbers from Bowhill. The Archaeological Study of a Building under Repair in Exeter, in: BLAYLOCK S. R., *Devon 1977-95* (Exeter Archaeology Report Series 5), p. 243-267.
- HILLAM J. & TYERS I., 1995. Reliability and Repeatability in Dendrochronological Analysis: Tests using the Fletcher Archive of Panel-Painting Data, *Archaeometry* 37-2, p. 395-405.
- HOFFSUMMER P., 1995. *Les charpentes de toitures en Wallonie, typologie et dendrochronologie*, coll. Études et documents (Monuments et sites) 1, Ministère de la Région wallonne, Liège et Namur, 173 p.
- HOFFSUMMER P. (dir), 2002. *Les charpentes du XI<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*, Centre des Monuments Nationaux/Monum, Editions du Patrimoine, Paris, 376 p.
- HOLLSTEIN E., 1965. Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzern ohne Waldkante, *Bonner Jahrbücher* 165, p. 11–27.
- HOLLSTEIN E., 1980. *Mitteleuropäische Eichenchronologie, Trierer dendrochronologische Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte*, Trierer Grabungen und Forschungen, Rheinisches Landesmuseum Trier 11, Mainz am Rhein, 273 p.
- HOUBRECHTS D., 2005. *Le logis en pan-de-bois à Liège et dans les villes du bassin de la Meuse moyenne (1450-1650) : approches archéologique et dendrochronologique*, Thèse de doctorat, Université de Liège, 284 p.

- HOUBRECHTS D., 2008a. *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.
- HOUBRECHTS D., 2008b. Villes et pans-de-bois, *Carnets du Patrimoine* 44, 32 p.
- HUNOT J.-Y., 2001. *L'évolution de la charpente de comble en Anjou, du XII<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle* », Patrimoine d'Anjou : études et travaux 1, Angers.
- JANSMA E., 1995. *Remember Rings. The Development and Application of Local and Regional Tree-ring Chronologies of Oak for the Purposes of Archaeological and Historical Research in the Netherlands*, Thèse publiée (Nederlandse archeologische rapporten, 19), 114 p.
- KAENNEL M. & SCHWEINGRUBER F. H., 1995. *Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian*, Berne, Stuttgart, Vienne, 467 p.
- LAMBERT G.-N., LAVIER C., PERRIER P. & VINCENOT S., 1988. Pratique de la dendrochronologie, *Histoire et Mesure* 3/3, p. 279-308
- LAMBERT G.-N., DUROST S. & CUAZ J., 2005. 2500 years from dendrochronology back to historic french human biotopes. Concerned trees: low altitude oaks, in HEINRICH I. & MONBARON M. (ed.), *Annual conference on Tree Ring, Climate, Archaeology and Environment (TRACE)*, Fribourg, 21–23 April 2005, Association for Tree Ring Research (ATR), Actes, vol. 4, p. 244–264.
- LAMBERT G.-N., 2006. *Dendrochronologie, histoire et archéologie, modélisation du temps. Le logiciel Dendron II et le projet Historic Oaks*, Thèse de doctorat (Habilitation à Diriger les Recherches), Université de Franche-Comté, 2 vol., 151 p. et 206 p.
- LAMBERT G., BERNARD V., DUPOUEY J.-L., FRAITURE P., GASSMANN P., GIRARD CLOS 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* 11, p. 197-208.
- LAMBERT G.-N., 2011. Dendrochronology, archaeology and science, in: FRAITURE P. (dir.), *Tree Rings, Art, Archaeology*, Proceedings of the conference, Brussels, Royal Institute for Cultural Heritage, 10-12 February 2010 (*Scientia Artis* 7), Brussels, p. 19-30.
- PERRAULT C. & GIRARD CLOS O., 2000. *Essai de datation par dendrochronologie de bois provenant de fouilles anciennes de la région Auvergne*, Revue d'Auvergne 114 : Nouvelles archéologiques. Du terrain au laboratoire..., ALLIANCE Universitaire d'Auvergne, Clermont-Ferrand, p. 35-59.
- PILCHER J. R., 1987. A 700 Year Dating Chronology for Northern France, *Applications of Tree-ring Studies. Current Research in Dendrochronology and Related Subjects* (British Archaeological Reports, International Series 333), Oxford, p. 127-139.
- TYERS I. & PARSONS I., 2010. *Peterborough Cathedral Precinct Doorway. Peterborough Cambridgeshire. Dendrochronological and Radiocarbon Analysis of an Oak Door*, English Heritage, Research Department Report Series 27-2010, 20 p.
- RYBNÍČEK M., VAVRČÍK H. & HUBENÝ R., 2006. Determination of the Number of Sapwood Annual Rings in Oak in the Region of Southern Moravia, *Journal of forest science* 52 (3), p. 141-146.
- YAMAGUCHI D.K., 1986. *Interpretation of cross correlation between tree-ring series*, Tree-Ring Bulletin 46, p. 47-54.