

Verslag van de dendrochronologische analyse van vier archeologische sites

Gemeenten:	Hechtel-Eksel Evergem Lubbeek Rotselaar
Instelling of verzameling:	Studiebureau Archeologie
Type van object:	Archeologisch hout
Titel van het object:	/
Aanvrager:	Annelies De Raymaeker Studiebureau Archeologie Bietenweg 20, 3300 Tienen
Contactpersoon:	Annelies De Raymaeker, < info@studiebureau-archeologie.be > Sara Claessens, < sara.claessens@studiebureau-archeologie.be >
Dossiernummer KIK:	2023.15361 Hechtel-Eksel 2023.15362 Evergem 2023.15363 Lubbeek 2023.15364 Holsbeek
Betrokken cel(len) van het KIK:	Labo dendrochronologie
Verantwoordelijke van de cel(len):	Pascale Fraiture
Contactpersoon KIK:	Christophe Maggi < christophe.maggi@kikirpa.be >
Datum van het verslag:	12/01/2024

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

Gemeenten	Hechtel-Eksel Evergem Lubbeek Rotselaar
Instelling	Studiebureau Archeologie
Type van object	Archeologisch hout
Titel van het object	/
Datum	?
Materiaal	Hout
Opmerkingen	Dendrochronologische codes : P874 – Hechtel-Eksel P875 – Evergem P876 – Lubbeek P877 – Rotselaar

Historiek van de studie

Aanvraag	22/08/2023
Prijsopgaven	23/08/2023
Bestelbon	01/09/2023
Levering van de monsters	04/09/2023
Dendrochronologische opnames	09/2023 – Christophe Maggi
Dendrochronologische datering	09-10/2023 – Christophe Maggi
Eindverslag	12/01/2024 – Christophe Maggi

Dit document is het technisch verslag van de dendrochronologische studie die werd uitgevoerd op de houten elementen van vier archeologische sites in vlaanderen. Ze werd uitgevoerd in het kader van een archeologische studie door *StudieBureau Archeologie*. 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.

Inhoud

Objectbeschrijving	2
Historiek van de studie	2
1 Protocol van de analyse	4
1.1 Context van de monsternamen	4
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
2 P874 - Marktplein, Hechtel-Eksel	17
2.1 Dendrochronologische studie	17
2.1.1 Voorwerp van de studie	17
2.1.2 Monsternamen	17
2.1.3 Dendrochronologische datering	18
2.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie	19
2.2 Foto van de gelichte monsters	20
2.3 Dendrochronologische en ¹⁴ C gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten	23
2.3.1 Samenvatting van de datering	23
2.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat	24
2.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische reeks	25
2.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)	26
2.3.5 Resultaat van de ¹⁴ C-analyse	29
3 P875 - Doornstraat, Evergem	31
3.1 Dendrochronologische studie	31
3.1.1 Voorwerp van de studie	31
3.1.2 Monsternamen	31
3.1.3 Dendrochronologische datering	32
3.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie	33
3.2 Foto van de gelichte monsters	33
3.3 Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten	35
3.3.1 Samenvatting van de datering	35
3.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat	35
3.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische reeks	36
3.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)	37

4	P876 - Dorpskring, Lubbeek	40
4.1	Dendrochronologische studie	40
4.1.1	Voorwerp van de studie	40
4.1.2	Monstername	40
4.1.3	Dendrochronologische datering	40
4.1.4	Interpretatie van resultaten en conclusie	41
4.2	Foto van de gelichte monsters	41
4.3	Dendrochronologische en ¹⁴ C gegevens	42
4.3.1	Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)	42
4.3.2	Resultaat van de 14C-analyse	42
5	P877 - Nieuwe Baan, Rotselaar	44
5.1	Dendrochronologische studie	44
5.1.1	Voorwerp van de studie	44
5.1.2	Monstername	44
5.1.3	Dendrochronologische datering	44
5.1.4	Interpretatie van resultaten en conclusie	45
5.2	Foto van de gelichte monsters	46
5.3	Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten	47
5.3.1	Samenvatting van de datering	47
5.3.2	Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat	47
5.3.3	Berekeningen van het dendrochronologische reeks	48
5.3.4	Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)	49
	Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering	51
	Bibliografie	55

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 vormen¹.

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 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 resultaat². Over het algemeen geldt: hoe meer ringen, hoe betrouwbaarder de datering³. Bovendien is het een belangrijke troef om te werken met een ensemble van contemporain 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.

¹ TYERS I. & PARSONS I., 2010, p. 2.

² Persoonlijke communicatie, C. TYERS, 30/01/2012.

³ FRAITURE P., 2009a.

- Balken (Fig. 3): het kantrecht van het rondhout leidt tot materiaalverlies (de *dosse*), maar het buitenste gedeelte van het hout kan behouden blijven ter hoogte van de hoeken, of het nu gaat om 'bois de brin', 'quartelot', 'demi-billes' of *kwartiers* (Fig. 4)⁴. In balken zijn het hart en het cambium⁵ 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 tangentiëel 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*)⁶ 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 spinhout⁷ 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.

⁴ LE DIGOL Y., 2005.

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

⁶ 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.

⁷ 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).

In de meeste gevallen worden bemonsteringen uitgevoerd in de vorm van een boorkern met behulp van een kernboor⁸ die op een elektrische boormachine wordt bevestigd (Fig. 7-8). Het 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 bewaringsredenen is het evenwel soms niet mogelijk om een monster te nemen in een stuk van het gebinte of van de afwerking (trap, plankenvloer, raamljsten). 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's⁹.



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

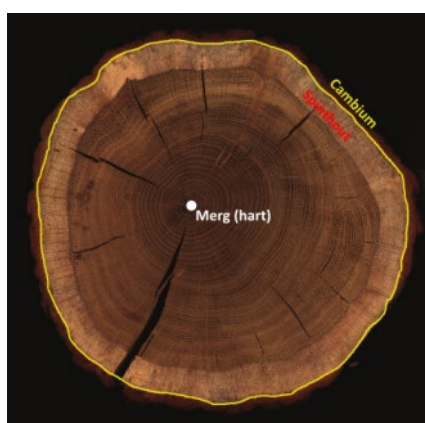


Fig. 2. Dwarsdoorsnede boomstam die is verwerkt tot niet-gekantrecht rondhout. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

⁸ 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.

⁹ FRAITURE P., 2007.

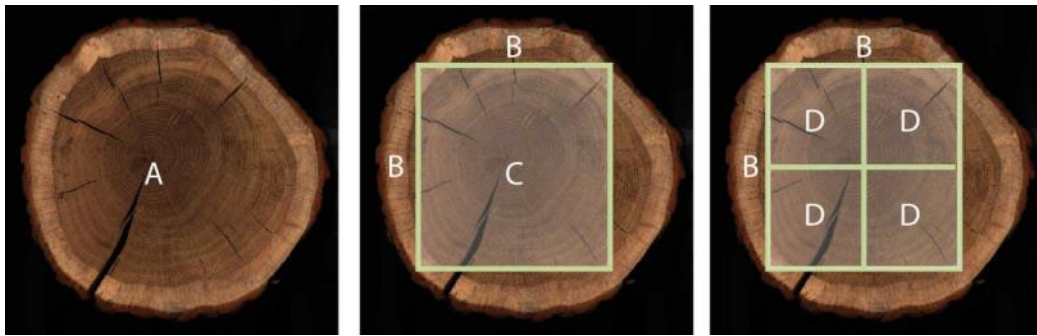


Fig. 3. Het kantrechten van rondhout (A) tot *bois-de-brin* (C) leidt tot het verlies van de dosses (B). Het *bois-de-brin* kan worden verzaagd tot *bois-de-sciage* (D). Naar PEROUSE DE MONTCLOS J.-M., 1972 (2011), *Principes d'analyse scientifique, Architecture : méthode et vocabulaire*, Ministère des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

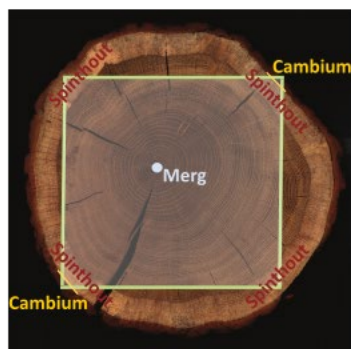


Fig 4a. Gekantrechte stam met vierkante sectie



Fig 4b. Gekantrechte stam met rechthoekige sectie

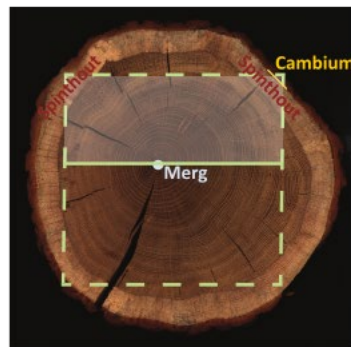


Fig 4c. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit halve stam

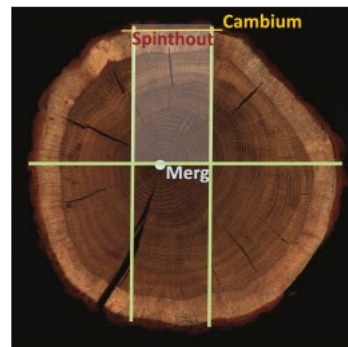


Fig 4d. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit derde uit halve stam

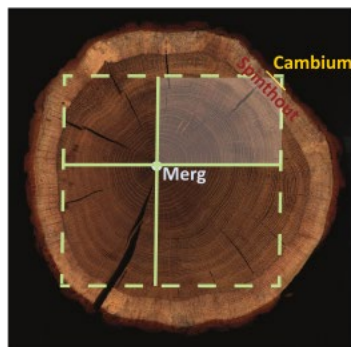


Fig 4e. Drie of vierzijdig gerechte balk uit kwart stam

Fig. 4. Verschillende wijzen van rechtekanten en verzagen van rondhout. Afhankelijk van het type van verwerking zijn het cambium, het spinhout en/of het hart nog aanwezig¹⁰. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

¹⁰ Naar LE DIGOL Y., 2005.

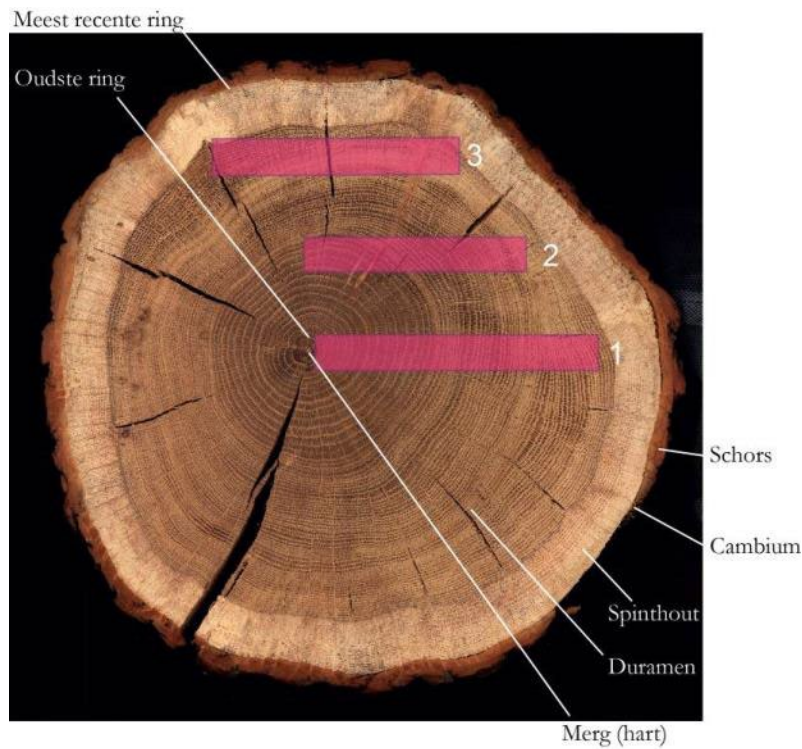


Fig. 5. Schema van de dwarsdoorsnede van een eiken stam:

- de verschillende delen van het hout: merg (hart), kernhout¹¹, 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

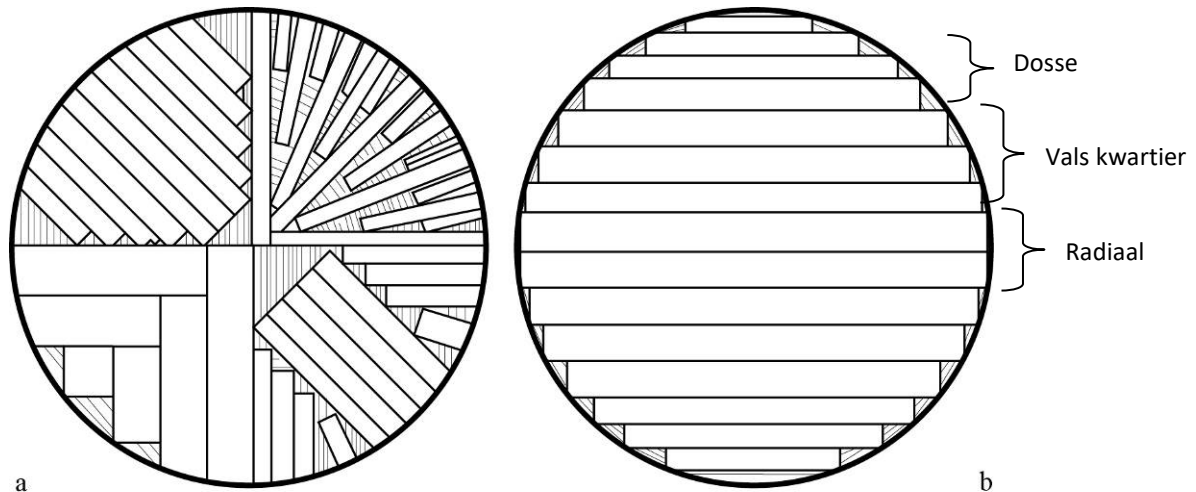


Fig. 6. Verschillende wijzen van verzaging tot planken: kwartiers (Fig. 6a)¹² en op bool (Fig. 6b). © KIK-IRPA, Brussel

¹¹ 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).

¹² Vier toepassingen van de Hollandse methode om te verzagen in kwartier, van de duurste (a) tot de meest economische (b), om kwartiersplanken te bekommen. Naar VIOLLET-LE-DUC E., *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e 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 fototoestel dat die verbonden is met specifieke software (tot op een honderdste van een millimeter nauwkeurig)¹³,
- 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 documenten¹⁴.

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'¹⁵ of 'ontbrekende jaarringen'¹⁶ vormen, zoals grove den of beuk, wordt aanbevolen om meerdere meetbanen langs de verschillende houtstralen uit te proberen indien het monster dit toelaat¹⁷. 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. Lambert¹⁸. 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 metagegevens¹⁹. De dendrochronologische gegevens moeten worden ingevoerd in de vorm van een tekstbestand, hetzij in format Besançon 1992²⁰, hetzij in format TSAP 1998²¹ (of 'Heidelberg')²².

¹³ 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*.

¹⁴ © *Cybis Dendrochronology : CooRecorder8.1 et CDendro8.1*.

¹⁵ 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.

¹⁶ 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.

¹⁷ FRAITURE P., CRÉMER S. en WEITZ A., 2014.

¹⁸ 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.

¹⁹ Zie LAMBERT G.-N., 2006 voor de verschillende toepassingen.

²⁰ LAMBERT G.-N. & MAURICE B., 1992.

²¹ Frank Rinn®, www.rinntech.com.

²² LAMBERT G.-N., 2006, p. 33.

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 naaldbomen (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 bevoorrad 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 genoemd²³. 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 correlatiecoëfficiënten²⁴. Deze berekening wordt automatisch uitgevoerd voor de 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

²³ LAMBERT G.-N., 2006.

²⁴ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

te dateren houtelement, in functie van de beste correlatiewaarden (*t* van *Student*) die werden bekomen met een beperkt risico op fouten (probabiliteit/zekerheid)²⁵ 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 spinhout (Fig. 12).

- De aanwezigheid van het volledige spinhout biedt een kapdatum tot op het jaar nauwkeurig (A);
- Bij gedeeltelijke aanwezigheid van het spinhout kan een raming van het aantal ontbrekende ringen, op enkele jaren na nauwkeurig, worden voorgesteld op basis van gegevens rond het spinhout van bomen uit dezelfde streek en van dezelfde leeftijd als de bestudeerde bomen²⁶ (B);
- Ten slotte moet in het geval van monsters zonder enig spinhout 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).

²⁵ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

²⁶ Het aantal spinhoutringen 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) dat, 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 kappen²⁷. 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.

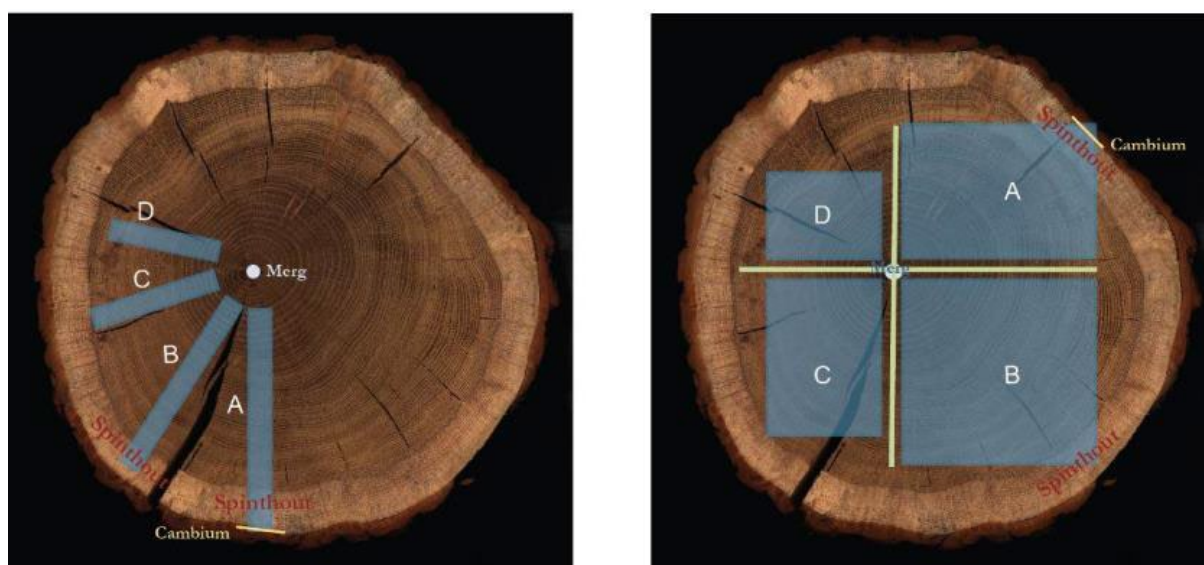


Fig. 12. De verschillende mogelijke variaties die de interpretatie van de kapdatum van de boom beïnvloeden, voor planken (links) en voor balken (rechts): stuk hout met volledig spinthout (A), met gedeeltelijk spinthout (B), zonder spinthout (in geval C ontbreekt alleen het spinthout; in geval D ontbreekt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

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

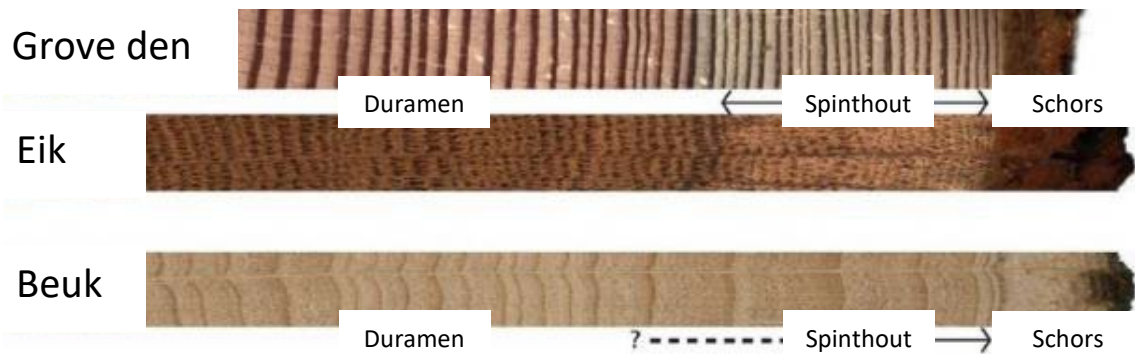


Fig. 13. Dwarsdoorsneden van eik, grove den en beuk die de verschillende anatomische structuren van de houtsoorten illustreren. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



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 originele²⁸ 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 histogrammen²⁹

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.

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

²⁹ Voor de histogrammen, zie YAMAGUCHI D.K., 1986. Dit gebruik van histogrammen is ontleend aan GIRARD CLOS O., 1999. Het concept om de diagrammen te cumuleren danken we aan LAMBERT G.-N., 2006; dergelijke diagrammen worden bekomen met *Dendron IV*.

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.

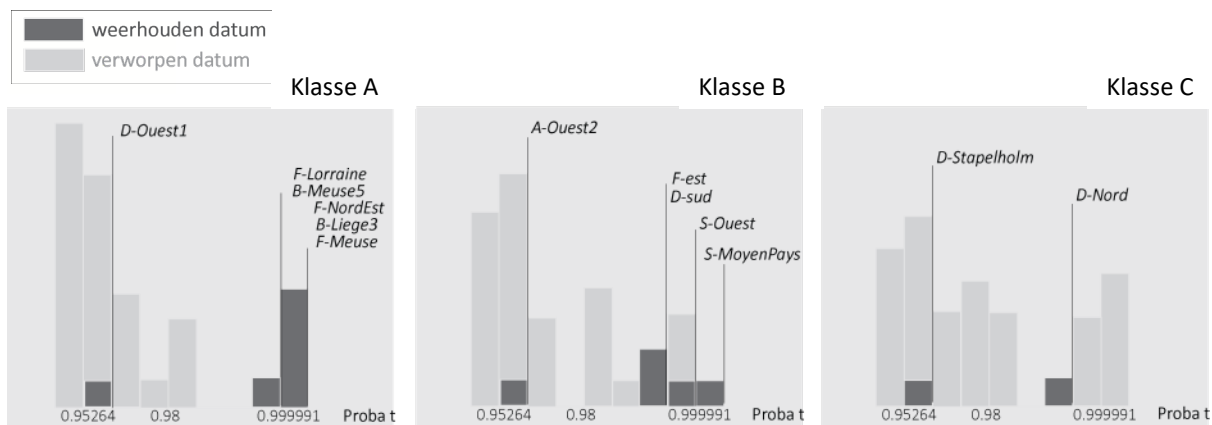


Fig. 15.1. Deze grafiek is van uitstekende kwaliteit: het weerhouden resultaat (in donkergrijs) wordt gegeven met hoge probabiliteiten (concentratie van de donkergrijze cellen rechts in de grafiek) door meerdere chronologieën; deze zijn bovendien ver verwijderd van de verworpen datums (duidelijke spreiding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

2 P874 – Marktplein, Hechtel-Eksel

2.1 Dendrochronologische studie

2.1.1 Voorwerp van de studie

Het analyseproces en de resultaten van het dendrochronologisch studie hebben betrekking op houten elementen die in Hechtel-Eksel (Marktplein) ontdekt werden bij archeologische opgravingen door *Studiebureau Archeologie*. Deze elementen komen van twee boomstamwaterputten (S10 en S240), met onder de boomstam nog een houten planken-frame. Deze waterputten zouden kunnen dateren uit de vroege Middeleeuwen.

De archeologen contacteerden ons voor een dendrochronologische datering van deze monsters.

2.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

De elementen werden geleverd op 04/09/2023. Ze zijn in eik (*Quercus* sp). De voorbereidingsfase vond plaats op 06/10/2023. De monsters werden in de breedte doorgesneden om met behulp van een scheermes een meettraject op de dwarsdoorsnede van het hout voor te bereiden (zie punt 2.2). De ringbreedten werden opgenomen op het scherm met behulp van hoge-resolutie scans (zie punt 1.1) en de afmetingen werden gemeten met de software Coorecorder81 (©Cybis).

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (P874), aan gedeelten ervan (-01 en -02) en aan het object (-001 tot -009).

Dendrochronologische code KIK	Beschrijving	Aantal gemeten ringen	Gemiddelde ring	Aantal ringen spinthout	Cambium
P874-01 – Waterput S10					
P874-01-001	Plank, Wp2 VI5 Laag9 Noord	44	3.72 mm	/	/
P874-01-002	Plank, Wp2 VI5 Laag9 Zuid	55	1.54 mm	/	/
P874-01-003	Plank, Wp2 VI5 Laag9 Oost	70	2.74 mm	/	/
P874-01-004	Boomstam, Wp2 VI4 Laag8	49	0.94 mm	/	/
P874-01-005	Boomstam, Wp2 VI4 Laag8	43	1.11 mm	/	/
P874-02 – Waterput S240					
P874-02-001	Boomstam, Wp4 VI3 Laag8	58	0.71 mm	/	/
P874-02-002	Plank, Wp4 VI3 Laag9	132	0.62 mm	/	/
P874-02-003	Plank, Wp4 VI3 Laag20	45	2.53 mm	/	/
P874-02-004	Plank, Wp4 VI3 Laag18	79	0.83 mm	/	/
P874-02-005	Boomstam, Wp4 VI3 Laag8	57	0.79 mm	/	/
P874-02-006	Plank, Wp4 VI3 Laag10 (niet gemeten)	/	/	/	/
P874-02-007	Plank, Wp4 VI3 Laag17	85	0.92 mm	/	/
P874-02-008	Plank, Wp4 VI3 Laag16	100	0.68 mm	/	/
P874-02-009	Boomstam, Wp4 VI3 Laag8	58	0.81 mm	/	/

Op een paar uitzonderingen na zijn de ringen van de planken meestal smal en talrijk³⁰. De monsters bevatten geen spinhout en dus geen cambium. De voorgestelde datum is dus een *terminus post quem* voor de kap van de bomen (en niet het exacte jaar) (zie punt 1.4).

2.1.3 Dendrochronologische datering (zie punten 1.3 en 1.4)

Eerst werden de ringenreeksen die van elk monster werden opgenomen onderling vergeleken, zowel visueel als met behulp van synchronisatieberekeningen. Het doel is om de sequenties in relatieve posities te plaatsen en mogelijk een dendrochronologisch gemiddelde vast te stellen.

Zeven individuele reeksen waren overtuigend gesynchroniseerd. Ze werden samengevoegd tot een gemiddelde chronologie die representatief is voor de site, **P874-01-02-KIK**, en 73 ringen bevat (Fig. 2.1). De andere monsters konden niet gesynchroniseerd en gedateerd worden voornamelijk vanwege hun korte ringreeksen.

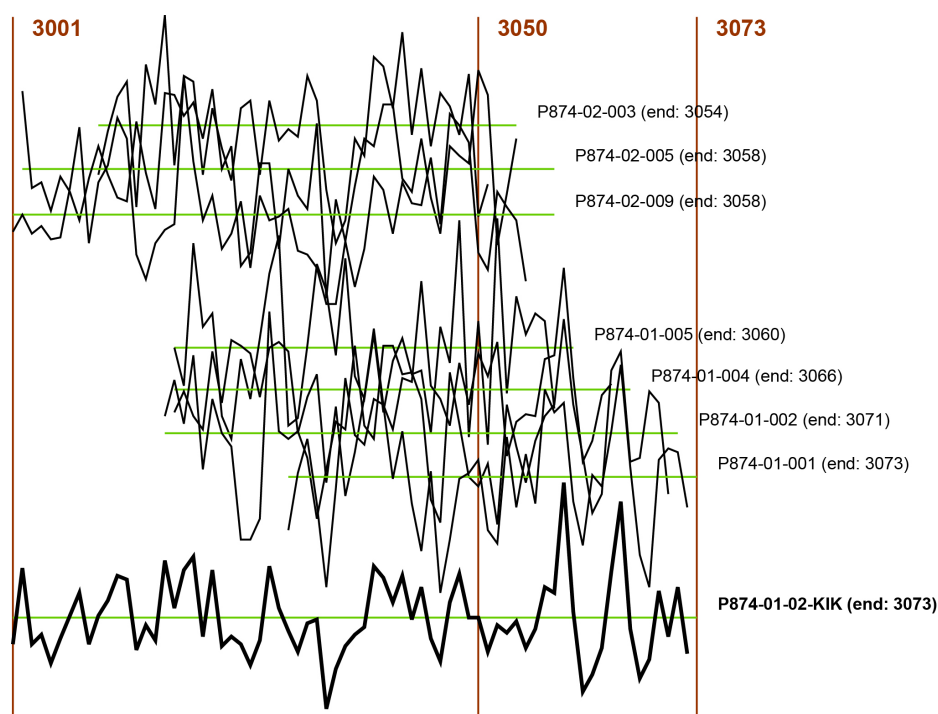


Fig. 2.1. Synchronisatie van zeven individuele reeksen en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P874-01-02-KIK in het vet (tekeningen in *corridor ajusté*; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

De gemiddelde chronologie **P874-01-02-KIK** werd ter datering en om de herkomst van het hout te bepalen, vergeleken met onze referentieverzamelingen. Ze is gedateerd met een laatste ring in 603 (zie punt 2.3). De datering wordt verzekerd door meerdere regionale chronologieën rond en uit België (zie tabellen en grafieken 5.3.1 en 5.3.2). Het ontbreken van spinhout op de houtstalen maakt het onmogelijk de kapperperiode te schatten, maar geeft een *terminus post quem* na **607 n. Chr.** (603 + 4 minimale spinhoutringen)³¹ (zie punt 1.4).

³⁰ Een trage groei wordt gekenmerkt door ringen die dunner zijn dan een millimeter; een snelle groei door ringen die dikker zijn dan 2 mm (FRAITURE P., 2007; BEUTING M., 2011).

³¹ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

Behalve de dendrochronologische analyse werd ook een C14-datering gevraagd om het resultaat te bevestigen. De 14C-analyse werd uitgevoerd door het labo radiokoolstofdatering van het KIK³². Ter datering werd er twee monsters gelicht in de laatste groeiringen van hout P874-01-005 (Fig. 2.2) en P874-02-009 (Fig. 2.3), met als respectieve resultaten **555AD-645AD** (95,4%) en **580AD-655AD** (95,4%).

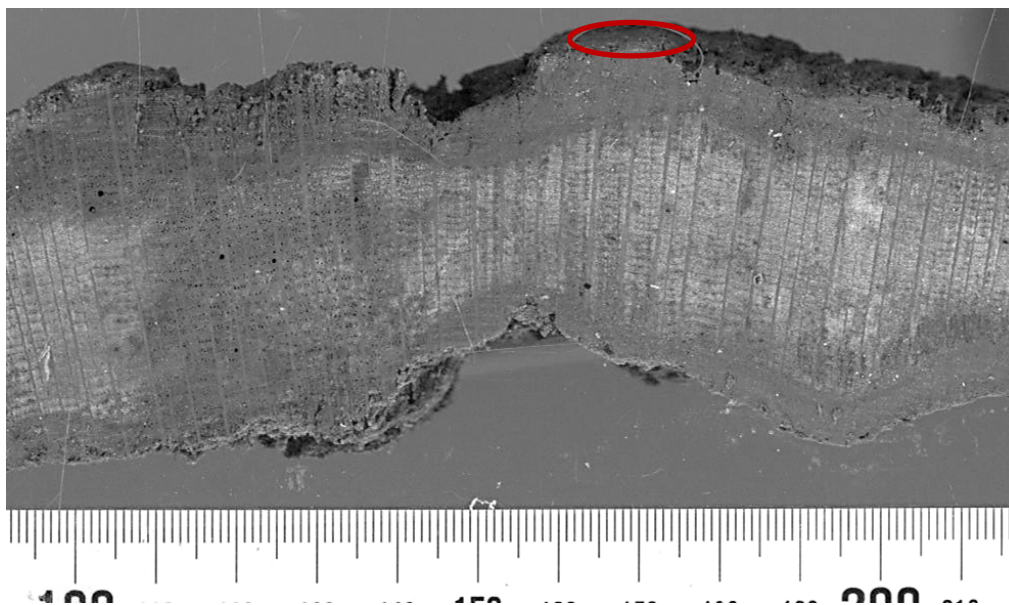


Fig. 2.2. Hoge resolutie scan van monster P874-01-005 gebruikt voor de radiokoolstofdatering, met lokalisering van de monsternamen in rood. Foto: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

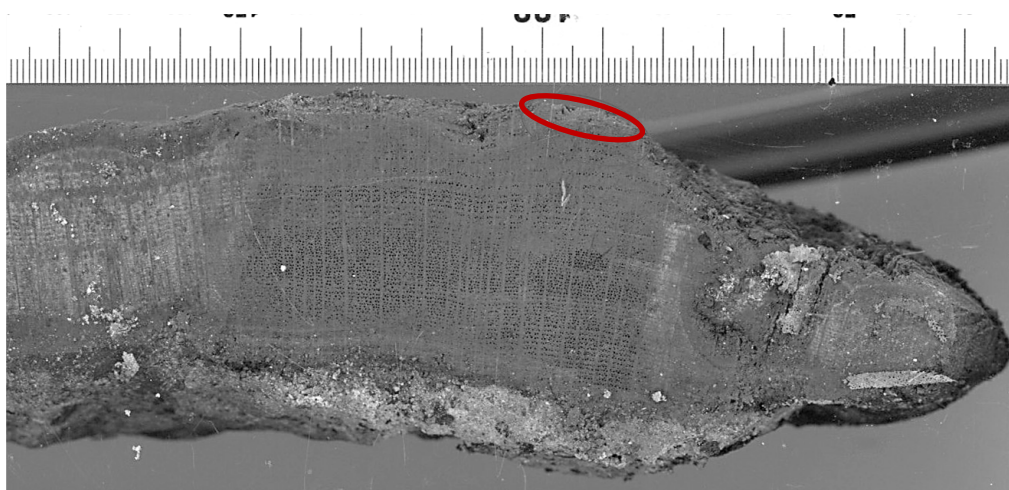


Fig. 2.3. Hoge resolutie scan van monster P874-02-009 gebruikt voor de radiokoolstofdatering, met lokalisering van de monsternamen in rood. Foto: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

2.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie (zie punt 1.4)

De dendrochronologische studie van de boomstamwaterputten ontdekt in Hechtel-Eksel (Marktplein) heeft resultaten opgeleverd.

Zeven individuele reeksen werden gedateerd. Ze werden samengevoegd in een gemiddelde chronologie die representatief is voor de site. De laatste gemeten ring van deze chronologie dateert

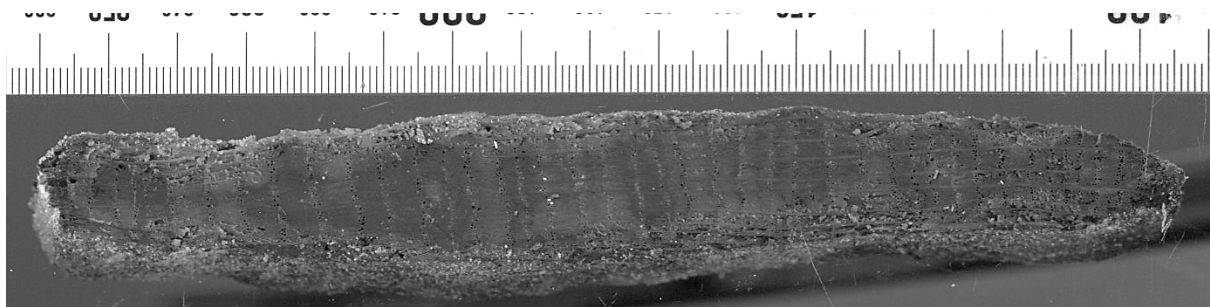
³² Zie punt 2.3.2: verslag van analyse door het labo radiokoolstofdatering van het KIK. Contact: mathieu.boudin@kikirpa.be.

van 603. Het ontbreken van spinthout geeft een *terminus post quem* na 607 n. Chr. (603 + 4 minimale spinthoutringen).

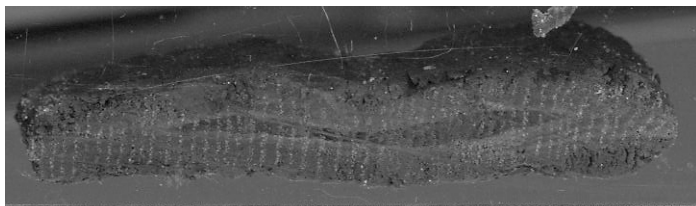
De twee waterputten S10 (P874-01) en S240 (P874-02) kunnen tegelijkertijd zijn gebouwd of een paar jaar na elkaar. De resultaten laten zien dat de bomen die voor deze waterputten werden gebruikt in dezelfde periode leefden, maar door de afwezigheid van spinthout kunnen we niet bepalen of ze op hetzelfde moment werden geveld of tijdens twee afzonderlijke fasen.

Het resultaat komt overeen met de schattingen van archeologen over de vroege Middeleeuwen.

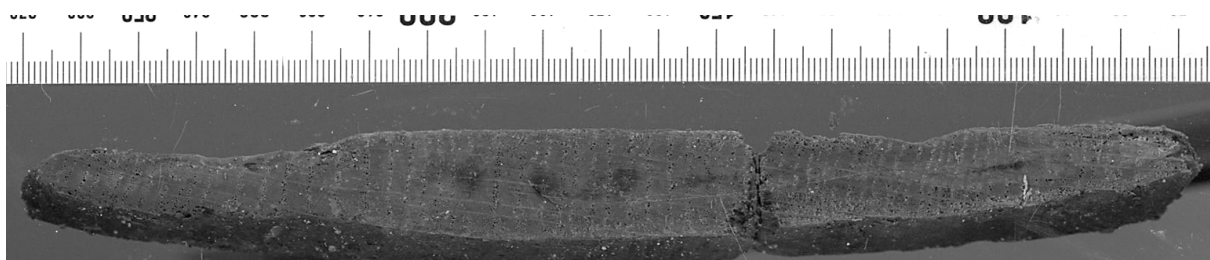
2.2 Foto van de gelichte monsters (Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel)



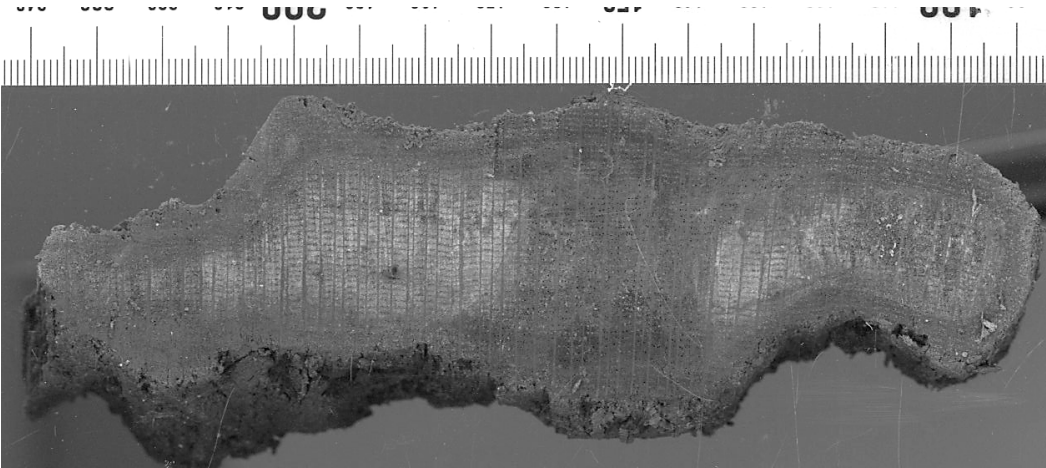
P874-01-001



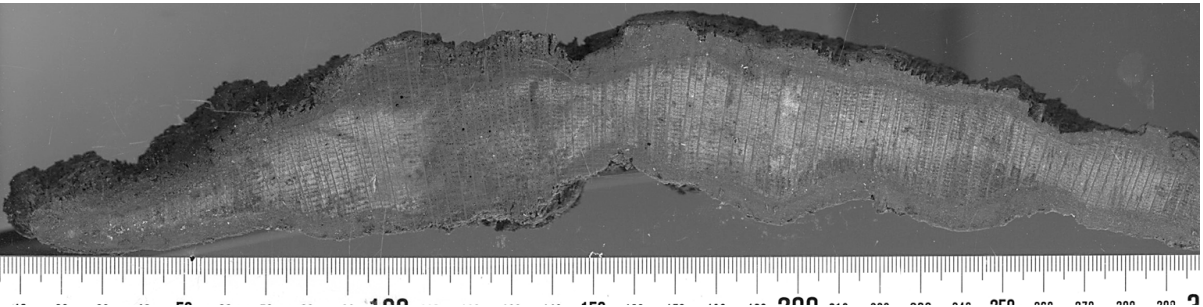
P874-01-002



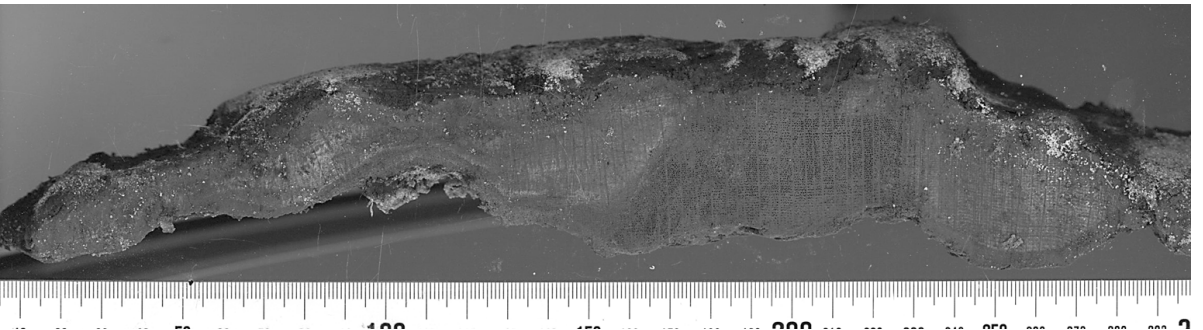
P874-01-003



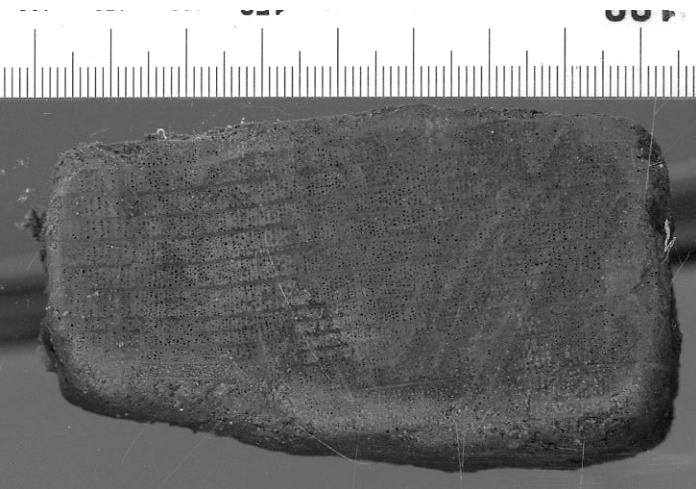
P874-01-004



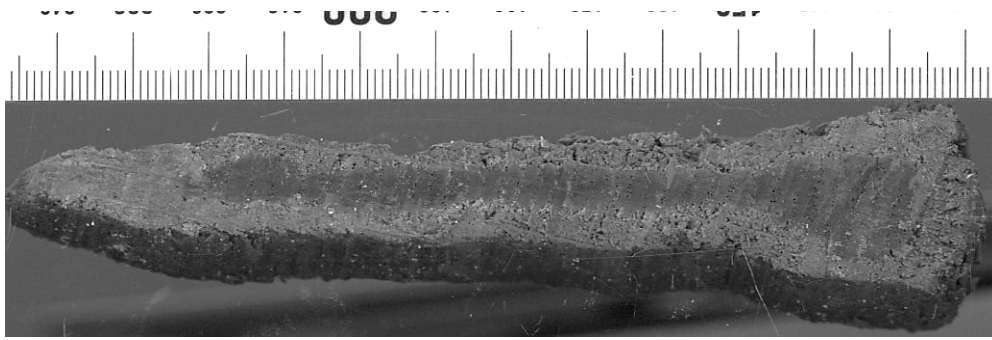
P874-01-005



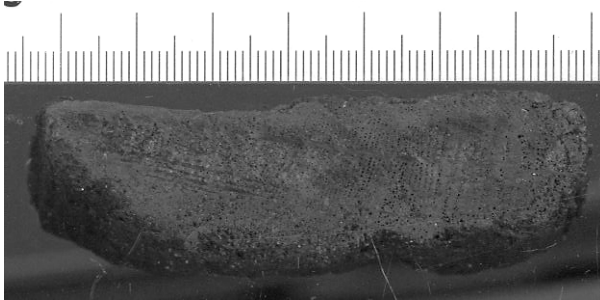
P874-02-001



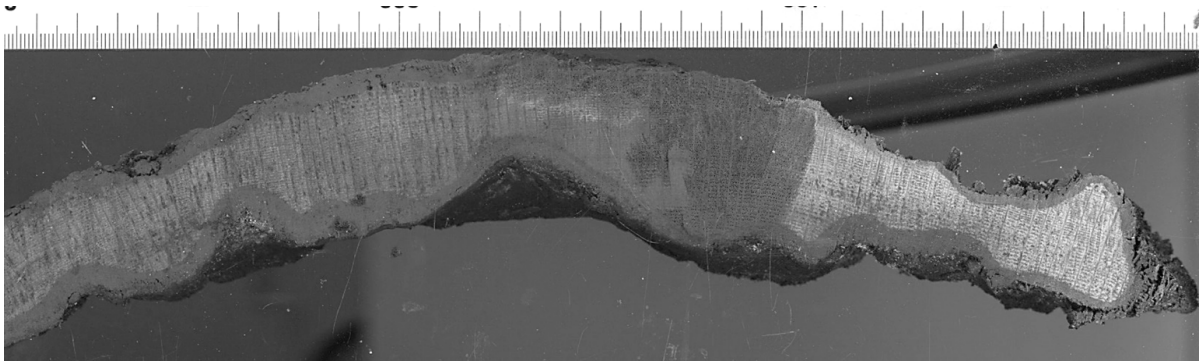
P874-02-002



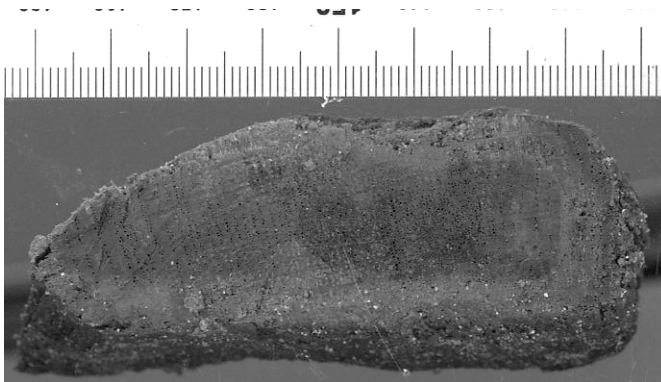
P874-02-003



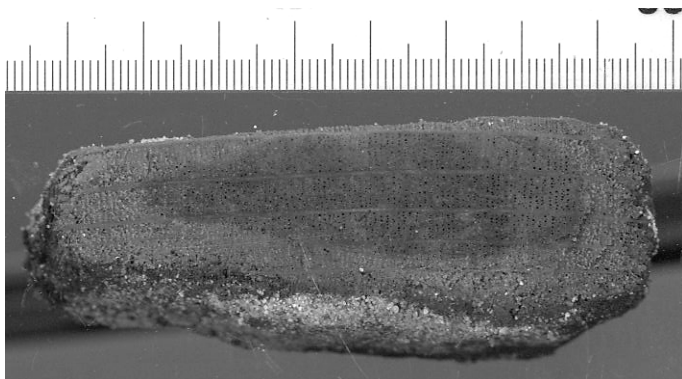
P874-02-004



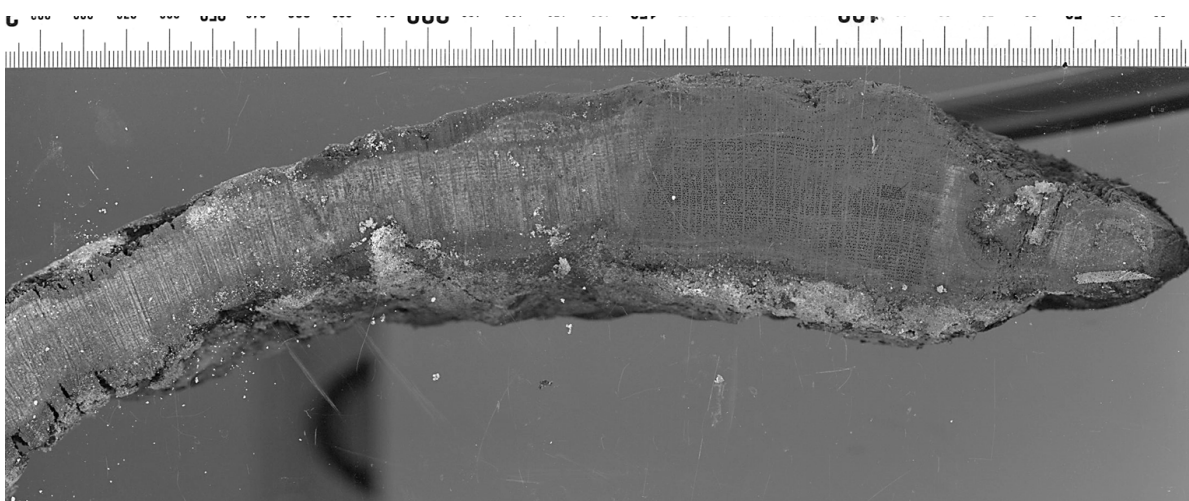
P874-02-005



P874-02-007



P874-02-008



P874-02-009

2.3 Dendrochronologische en ¹⁴C gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten

2.3.1 Samenvatting van de datering

Dendrochronologische code KIK	Datum eerste gemeten ring	Datum laatste gemeten ring	Aantal spinhout-ringen	Cambium	Resultaat
P874-01-001	560	603	/	/	Terminus post quem na 607 (603+4)³³
P874-01-002	547	601	/	/	
P874-01-004	548	596	/	/	
P874-01-005	548	590	/	/	
P874-02-003	540	584	/	/	
P874-02-005	532	588	/	/	
P874-02-009	531	588	/	/	

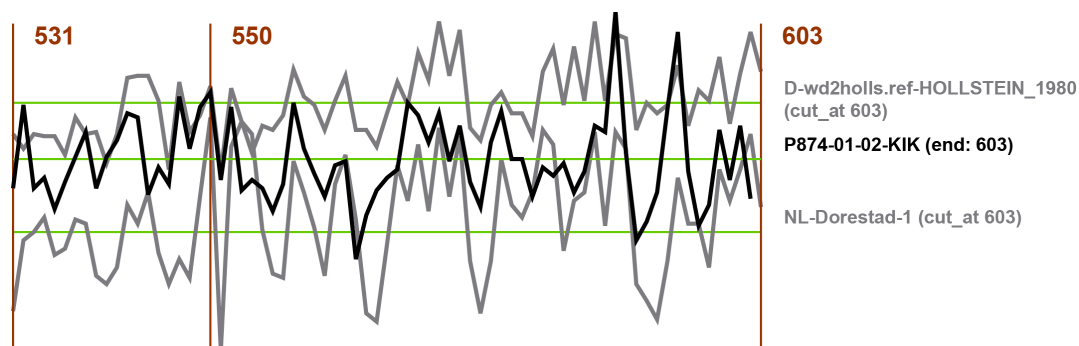
³³ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

2.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat

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

In de volgende grafiek verzekert de kwaliteit van de visuele synchronisaties met de regionale en sitechronologieën (in het grijs) de weerhouden chronologische positie (tekeningen in *corridor ajusté*).

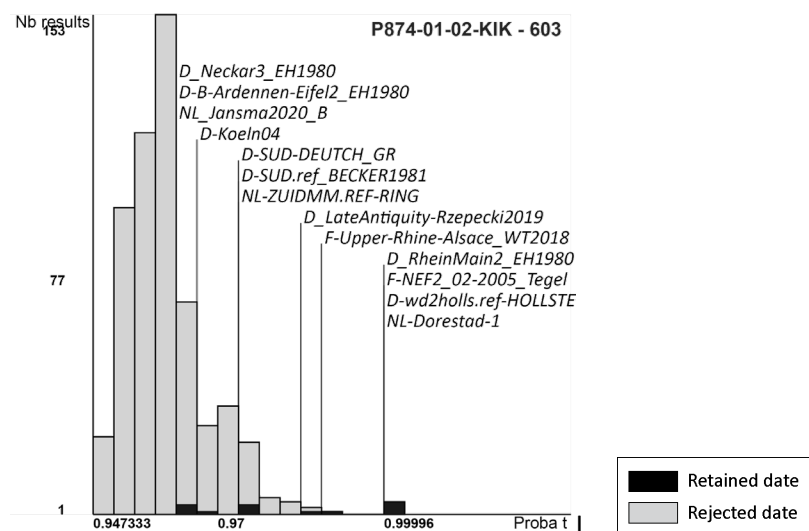
Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



D-wd2holls.ref-HOLLSTEIN_1980 (©HOLLSTEIN H., 1980) ; NL-Dorestad-1 (© STICHTING RING (JANSMA E.))

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 voor de interpretatie van dit type van grafieken. Voor het gemiddelde **P874-01-02-KIK** is de kwaliteit van de bekomen resultaten van klasse A: de voorgestelde datering wordt gegeven door veel chronologieën (de grafiek bevat veel donkergrijze cellen) met hoge probabiliteiten (donkergrijze cellen naar rechts in de grafiek) Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



2.3.3 Berekningen van het dendrochronologische gemiddelde (zie punt 1.3)

De synchronisatieberekningen werden uitgevoerd met behulp van de *Dendron IV* software na kalibratie van de dendrochronologische reeksen door een originele transformatie genaamd *corridor ajusté* (zie punten 1.3.1 en 1.3.3)³⁴.

Het resultaat van *t* van *Student* (berekend op basis van twee correlatiecoëfficiënten) kan als significant beschouwd worden vanaf 4, is goed vanaf 5 en zeer goed hoger dan 6 (foutmarge beperkt door de aanduiding van probabiliteit/zekerheid)³⁵. De weerhouden positie wordt als overtuigender beschouwd naarmate haar replicatie toeneemt op de chronologieën van de referentieverzameling.

De volgende tabel onthult dat het gedateerde gemiddelde goede resultaten geven op de chronologieën van de referentieverzameling. Voor elk ervan wordt de datering gegeven met soms hoge synchronisatiewaarden en op sommige chronologieën.

P874-01-02-KIK : 531 – 603

Regionale en sitechronologieën van de referentieverzameling

<i>t</i> van <i>Student</i> *	Probabiliteit / zekerheid	Coeff. corr. 1	Coeff. corr. 2	Aantal ringen	Chronologie van de referentieverzameling	Locatie	© Referentie ³⁶
5.29	0.99996	0.45	0.52	71	NL-Dorestad-1	Site de Dorestad, embouchure du Rhin (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
5.23	0.999958	0.45	0.51	71	D-wd2holls.ref-HOLLSTEIN_1980	Vallée du Rhin (D)	Hollstein H., 1980
5.2	0.999958	0.48	0.48	71	F-NEF2_02-2005_Tegel	Nord-est de la France (F)	DendroNet
5.2	0.999957	0.45	0.51	71	D_RheinMain2_EH1980	Bassin du Rhin : région Main/Rhin (entre Hesse, Rhénanie Palatinat et Bavière)	Hollstein H., 1980
4.84	0.999944	0.46	0.45	71	F-Upper-Rhine-Alsace_WT2018	Rhin supérieur, Alsace (F)	DendroNet
4.61	0.99993	0.43	0.46	71	D_LateAntiquity-Rzepecki2019	Europe centrale	Rzepecki A., 2019
3.79	0.999705	0.36	0.42	71	NL-ZUIDMM.REF-RING	Sud des Pays-Bas (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
3.69	0.999644	0.38	0.38	71	D-SUD.ref_BECKER1981	Sud de l'Allemagne	Becker B., 1981
3.66	0.99963	0.38	0.37	71	D-SUD-DEUTCH_GR	Sud de l'Allemagne	Delorme A.
3.21	0.998983	0.28	0.4	71	D-Koeln04	Ville de Cologne et alentours	Köln Universität (Schmidt B.)
2.97	0.997269	0.32	0.32	71	NL_Jansma2020_B	Pays-Bas (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
2.93	0.997024	0.26	0.38	71	D-B-Ardennen-Eifel2_EH1980	Bassin du Rhin : Ardennes – Eifel (Rhénanie-du-Nord et Westphalie) (D-B)	Hollstein E., 1980
2.89	0.996739	0.26	0.36	71	D_Neckar3_EH1980	Bassin du Rhin : vallée du Neckar (Bade-Wurtemberg)	Hollstein H., 1980

³⁴ LAMBERT G.-N., 2006.

³⁵ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

³⁶ Zie punt 1.3.2.

2.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)

*format Besancon 1992 - from Dendron IV - exported at Thu 11 Jan 2024 13:44:33 +0100 extented_version 2013
WEST-EUROPE (BELGIUM) Vlaams Gewest (Limburg) HECHTEL-EKSEL (Marktpllein)
LGT 5.386669 LAT 51.148633 ALT 62*

2.3.4.1 Dendrochronologische gegevens van de ringenreeks van het monster

Ongedateerde monster

. P874-01-003

LON 70
ORI 3001
TER 3070
ESP Quercus sp.
_MI 132
_MX 500
_AV 274.638
VAL Largeurs
161 270 210 207 154 208 290 313 244 161
249 500 433 347 427 480 465 419 339 282
258 226 258 475 417 446 297 194 314 288
364 314 357 339 317 248 230 229 142 339
254 228 150 132 172 270 254 177 245 283
241 146 167 182 227 214 173 257 300 216
237 237 252 195 259 178 315 334 444 , ;

. P874-02-002

LON 132
ORI 3001
TER 3132
ESP Quercus sp.
_MI 27
_MX 150
_AV 62.169
VAL Largeurs
81 83 99 96 78 98 88 150 83 109
64 51 68 68 69 65 51 47 60 45
44 56 45 55 48 27 33 35 38 33
41 41 51 47 54 50 64 60 74 99
73 66 62 59 46 54 60 77 60 50
59 56 37 49 53 40 57 47 47 62
70 41 46 51 42 58 48 48 47 39
55 71 46 46 60 65 79 53 77 71
51 67 71 56 52 45 41 56 73 63
54 57 52 56 76 69 59 70 61 83
84 95 61 78 76 69 65 60 68 72
87 71 77 86 64 76 56 47 67 49
59 62 88 73 54 91 76 54 59 71
,, ;

. P874-02-001

LON 58
POS 3001
ORI 3001
TER 3058
ESP Quercus sp.
_MI 39
_MX 89
_AV 61.696
VAL Largeurs
61 67 61 68 61 68 48 58 62 65
65 70 75 61 64 74 64 60 46 52
42 45 39 40 47 53 51 65 60 47
50 60 44 47 55 64 67 68 68 68
56 61 54 47 66 67 81 81 89 70
65 79 71 87 67 84 , , ;

. P874-02-004

LON 79
ORI 3001
TER 3079
ESP Quercus sp.
_MI 31
_MX 220
_AV 83.32
VAL Largeurs
132 79 73 103 163 121 95 79 144 121
130 108 111 124 121 160 114 83 61 99
73 77 36 37 37 60 74 85 64 72
50 46 48 50 55 52 52 54 44 47
31 62 53 35 55 49 47 51 57 46
77 59 56 64 53 60 66 84 79 58
45 41 54 57 65 78 71 109 198 128
220 124 162 213 208 , , , , ;

. P874-02-007

LON 85
ORI 3001
TER 3085
ESP Quercus sp.
_MI 31
_MX 262
_AV 92.036
VAL Largeurs
223 224 173 262 233 118 89 69 156 187
151 124 85 150 118 131 129 123 115 123
124 100 84 68 87 89 70 85 55 50
46 72 79 85 78 78 70 62 70 67
56 51 48 47 47 31 35 52 54 34
61 48 40 44 45 46 53 51 47 47
51 47 35 39 35 36 31 35 38 34
41 70 78 143 135 147 228 161 207 189
184 103 133 , , ;

. P874-02-008

LON 100
ORI 3001
TER 3100
ESP Quercus sp.
_MI 40
_MX 106
_AV 68.023
VAL Largeurs
81 70 59 65 79 55 56 60 48 61
55 65 66 69 64 51 64 41 64 64
49 40 48 67 61 47 52 58 72 75
68 79 87 58 75 76 74 58 71 54
66 79 68 68 66 60 72 90 79 81
64 64 85 91 102 63 85 84 69 68
55 69 68 91 61 96 86 61 74 53
58 52 60 53 76 86 79 69 106 86
76 75 77 76 50 56 71 56 , ,
,,,,,,,,, ;

Gedateerde monsters

. P874-01-001

LON 44
ORI 560
TER 603
ESP Quercus sp.
_MI 161
_MX 565
_AV 372.791
VAL Largeurs
168 281 363 290 179 355 553 475 472 564
565 443 528 412 333 467 266 351 446 450
466 349 322 477 361 433 350 505 461 461
317 250 334 311 372 444 311 201 161 306
316 311 250 , , ;

. P874-01-002

LON 55
ORI 547
TER 601
ESP Quercus sp.
_MI 95
_MX 239
_AV 154.593
VAL Largeurs
129 144 138 162 133 158 151 149 119 120
128 209 164 162 166 155 127 149 171 167
221 168 161 220 239 193 194 178 119 105
190 159 127 120 132 95 164 140 117 142
155 161 208 160 133 104 116 179 188 138
142 172 169 138 , , ;

. P874-01-004

LON 49
ORI 548
TER 596
ESP Quercus sp.
_MI 69
_MX 121
_AV 94.191
VAL Largeurs
94 101 93 89 113 97 116 113 110 97
110 111 108 86 95 100 73 91 69 79
92 107 89 83 94 93 121 91 88 82
95 86 97 92 99 75 82 84 84 96
97 116 93 77 82 92 95 , , ;

. P874-01-005

LON 43
ORI 548
TER 590
ESP Quercus sp.
_MI 83
_MX 173
_AV 111.537
VAL Largeurs
130 121 173 128 130 100 90 112 97 116
136 163 83 85 107 132 122 102 129 96
90 106 88 100 105 98 99 88 108 102
128 90 112 89 136 100 124 116 124 124
94 , , ;

. P874-02-003

LON 45
ORI 540
TER 584
ESP Quercus sp.
_MI 143
_MX 381
_AV 253.976
VAL Largeurs
270 318 381 368 209 334 288 364 227 283
273 210 247 219 198 239 242 197 242 216
225 220 264 248 183 143 160 226 214 300
294 260 328 241 299 235 279 268 247 289
198 221 , , , ;

. P874-02-005

LON 57
ORI 532
TER 588
ESP Quercus sp.
_MI 26
_MX 176
_AV 79.5
VAL Largeurs
110 80 84 76 89 85 76 90 100 91
83 81 104 87 75 106 103 95 96 84
94 72 75 45 46 64 62 42 57 50
46 62 26 45 36 47 57 56 66 68
53 52 68 56 49 78 80 83 121 121
72 99 176 148 144 141 , ;

. P874-02-009

LON 58
ORI 531
TER 588
ESP Quercus sp.
_MI 41
_MX 223
_AV 81.255
VAL Largeurs
79 85 76 77 71 71 84 99 65 79
81 89 82 57 51 57 58 58 81 66
56 59 50 52 57 46 58 54 55 57
50 50 48 41 42 58 48 60 82 82
72 92 89 93 115 95 144 223 192 104
102 146 153 156 122 , , , ;

2.3.4.2 Dendrochronologische gegevens van het gedateerde gemiddelde

. P874-01-02-KIK

LON 73
ORI 531
TER 603
ESP Quercus sp.
_MI 73.5
_MX 316
_AV 158.446
VAL Largeurs
79 97.5 78 80.5 73.5 80 84.5 87.5 77.5 149.67
163.33 184.33 177 123.33 157.33 140 164.25 126 136.5 143.83
116.67 133.5 114.83 113.33 114.17 110.17 110 135.5 125.17 122.86
134 154.29 143.86 110.43 135.57 167.43 170.29 164.71 196.57 200.57
180.71 199 168.43 170.14 167.29 141.43 173.57 196.86 188.14 174
158 145 178 173.17 170 168.8 204.2 203.25 261.67 190
153.33 173.33 173 215.33 316 224.5 171.5 166.5 237.5 227
311 250 , ;

2.3.5 Resultaat van de ¹⁴C-analyse

17/11/2023

Laboratoire de dendrochronologie
KIK-IRPA

RADIOCARBON DATING REPORT

P874-01-005

RICH-34454 (P874-01-005) : 1473±25BP

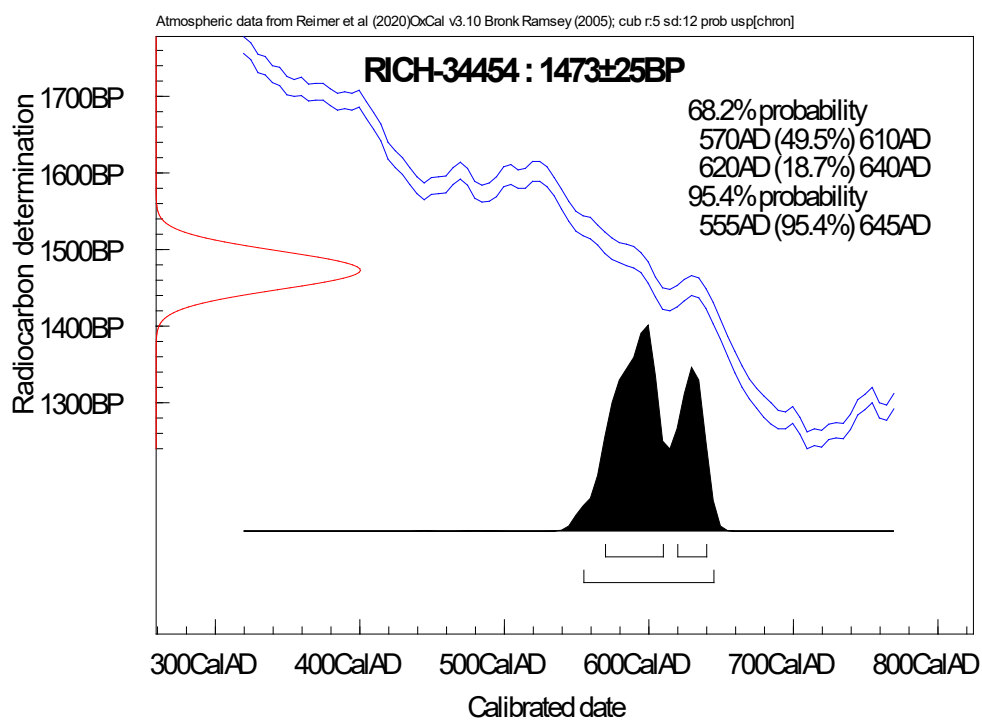
68.2% probability

570AD (49.5%) 610AD

620AD (18.7%) 640AD

95.4% probability

555AD (95.4%) 645AD



P874-02-009

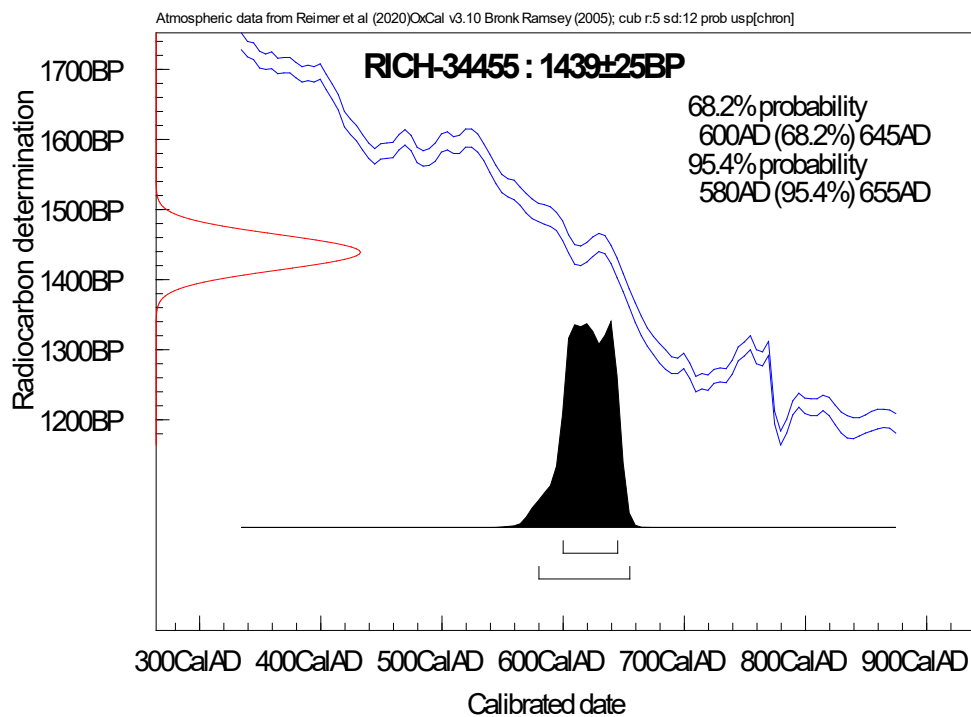
RICH-34455 (P874-02-009) : 1439±25BP

68.2% probability

600AD (68.2%) 645AD

95.4% probability

580AD (95.4%) 655AD



Mathieu Boudin

Mathieu.boudin@kikirpa.be

3 P875 – Doornstraat, Evergem

3.1 Dendrochronologische studie

3.1.1 Voorwerp van de studie

Het analyseproces en de resultaten van het dendrochronologisch studie hebben betrekking op planken van een ton die in Evergem (Doornstraat) ontdekt werden bij archeologische opgravingen door *Studiebureau Archeologie*. De archeologen contacteerden ons voor een dendrochronologische datering van deze monsters.

3.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

De elementen werden geleverd op 04/09/2023. Ze zijn in eik (*Quercus* sp). De voorbereidingsfase vond plaats op 13-14/09/2023. De monsters werden in de breedte doorgesneden om met behulp van een scheermes een meettraject op de dwarsdoorsnede van het hout voor te bereiden (zie punt 3.2). De ringbreedten werden opgenomen op het scherm met behulp van hoge-resolutie scans (zie punt 1.1) en de afmetingen werden gemeten met de software *CooRecorder81* (©Cybis).

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (P875), aan gedeelten ervan (-01) en aan het object (-001 tot -011).

Dendrochronologische code KIK	Beschrijving	Aantal gemeten ringen	Gemiddelde ring	Aantal ringen spinhout	Cambium
P875-01-001	Plank, Sp.472 Laag 5	143	0.88 mm	/	/
P875-01-002	Plank, Sp.472 Laag 5	92	1.34 mm	/	/
P875-01-003	Plank, Sp.472 Laag 5	95	1.49 mm	/	/
P875-01-004	Plank, Sp.472 Laag 5	91	1.32 mm	/	/
P875-01-005	Plank, Sp.472 Laag 5	94	1.2 mm	/	/
P875-01-006	Plank, Sp.472 Laag 5	104	1.01 mm	/	/
P875-01-007	Plank, Sp.472 Laag 5	94	1.26 mm	/	/
P875-01-008	Plank, Sp.472 Laag 5	88	1.45 mm	/	/
P875-01-009	Plank, Sp.472 Laag 5	96	1.09 mm	/	/
P875-01-010	Plank, Sp.472 Laag 5	86	1.31 mm	/	/
P875-01-011	Plank, Sp.472 Laag 5	130	1 mm	/	/

De ringen van de planken zijn meestal smal en talrijk³⁷. De monsters bevatten geen spinhout en dus geen cambium. De voorgestelde datum is dus een *terminus post quem* voor de kap van de bomen (en niet het exacte jaar) (zie punt 1.4).

³⁷ Een trage groei wordt gekenmerkt door ringen die dunner zijn dan een millimeter; een snelle groei door ringen die dikker zijn dan 2 mm (FRAITURE P., 2007; BEUTING M., 2011).

3.1.3 Dendrochronologische datering (zie punten 1.3 en 1.4)

Eerst werden de ringenreeksen die van elk monster werden opgenomen onderling vergeleken, zowel visueel als met behulp van synchronisatieberekeningen. Het doel is om de sequenties in relatieve posities te plaatsen en mogelijk een dendrochronologisch gemiddelde vast te stellen.

Eenzijds wijst de kwaliteit van de correlatie tussen de dendrochronologische reeksen van zes monsters (P875-01-002, P875-01-003, P875-01-004, P875-01-005, P875-01-008 en P875-01-009) erop dat de planken waaruit ze zijn vervaardigd, afkomstig zijn van eenzelfde boom. Deze zes reeksen werden dus samengevoegd tot een individuele ‘gemiddelde’ reeks die representatief is voor deze boom P875-01-2-3-4-5-8-9.ech (Fig. 3.1).

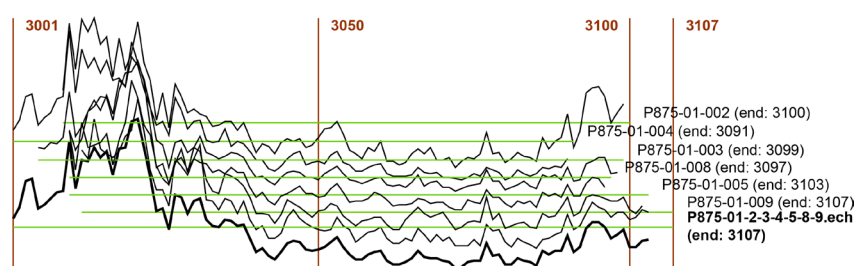


Fig. 3.1. Synchronisatie tussen de zes ringenreeksen P875-01-002, P875-01-003, P875-01-004, P875-01-005, P875-01-008 en P875-01-009 uit dezelfde boom en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P875-01-2-3-4-5-8-9.ech in het vet (tekeningen in natuurlijke waarden; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

Vervolgens werden vijf individuele reeksen gesynchroniseerd. Ze werden samengevoegd tot een gemiddelde chronologie die representatief is voor de ton, **P875-KIK**, en 160 ringen bevat (Fig. 3.2). Het laatste monsters P875-01-010 kon niet worden gesynchroniseerd en gedateerd.

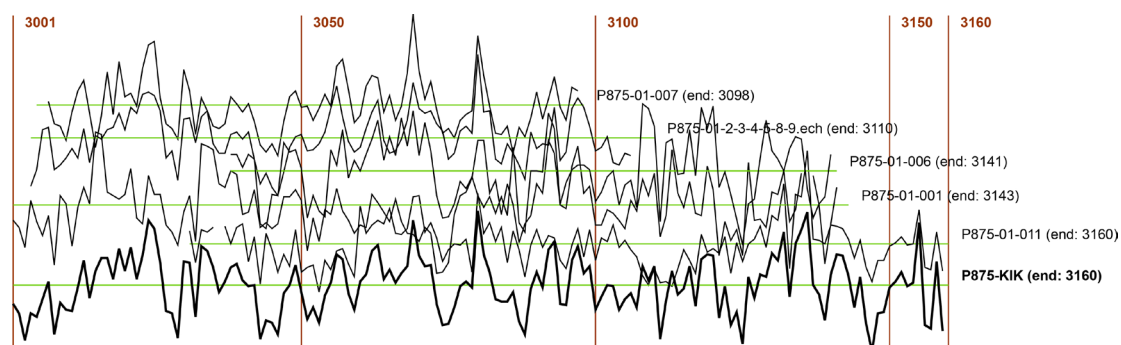


Fig. 3.2. Synchronisatie van de vijf individuele reeksen P875-01-001, P875-01-2-3-4-5-8-9.ech, P875-01-006, P875-01-007 en P875-01-011 en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P875-KIK in het vet (tekeningen in *corridor ajusté*; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

De gemiddelde chronologie **P875-KIK** werd ter datering en om de herkomst van het hout te bepalen, vergeleken met onze referentieverzamelingen. Ze is gedateerd met een laatste ring in 1027 (zie punt 3.3). De datering wordt verzekerd door meerdere regionale chronologieën rond en uit België (zie tabellen en grafieken 3.3.1 en 3.3.2). Het ontbreken van spinhout op de houtstalen maakt het onmogelijk de kapperperiode te schatten, maar geeft een *terminus post quem* na 1031 (1027 + 4 minimale spinhoutringen)³⁸ (zie punt 1.4).

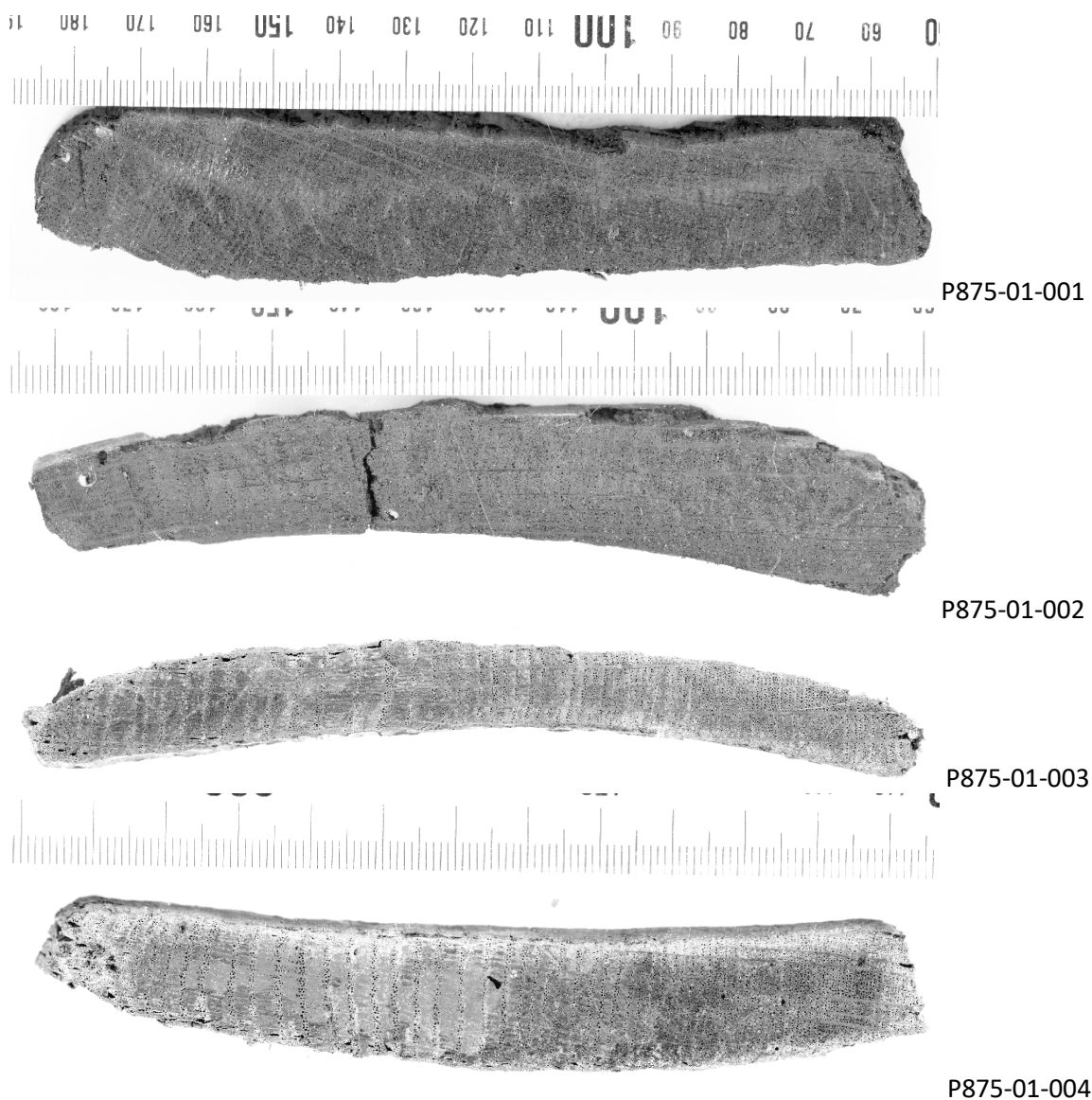
³⁸ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

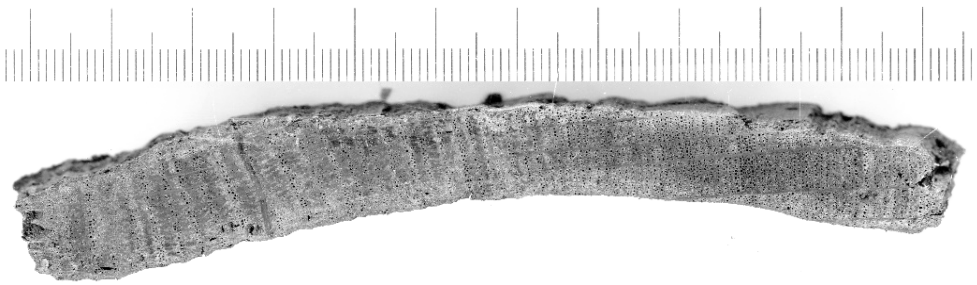
3.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie (zie punt 1.4)

De dendrochronologische studie van de planken van de ton ontdekt in Evergem (Doornstraat) heeft resultaten opgeleverd.

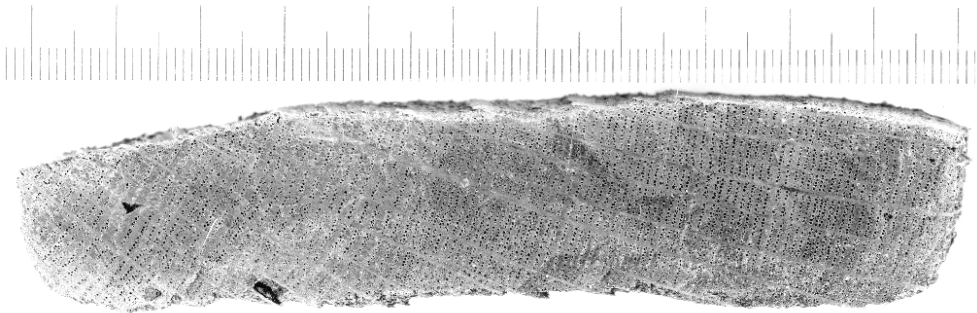
De gemiddelde chronologie **P875-KIK** representatief voor de ton werd gedateerd. De laatste gemeten ring van deze chronologie dateert van 1027. Het ontbreken van spinthout geeft een *terminus post quem* na **1031 n. Chr.** (1027 + 4 minimale spinthoutringen).

3.2 Foto van de gelichte monsters (Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel)

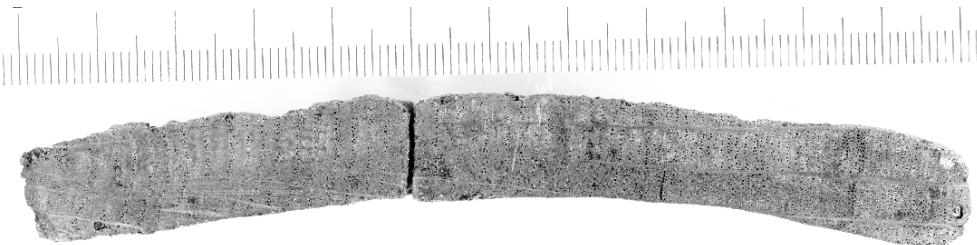




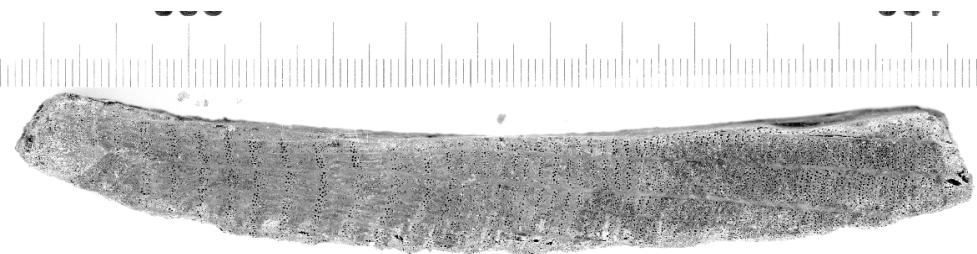
P875-01-005



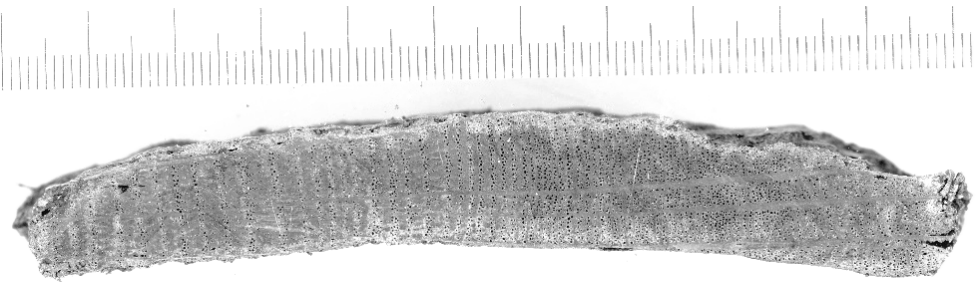
P875-01-006



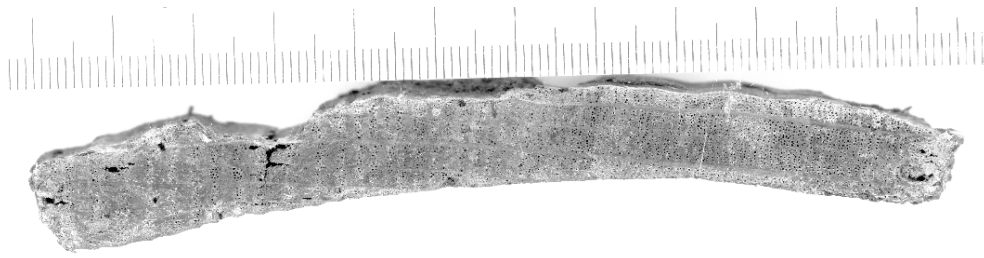
P875-01-007



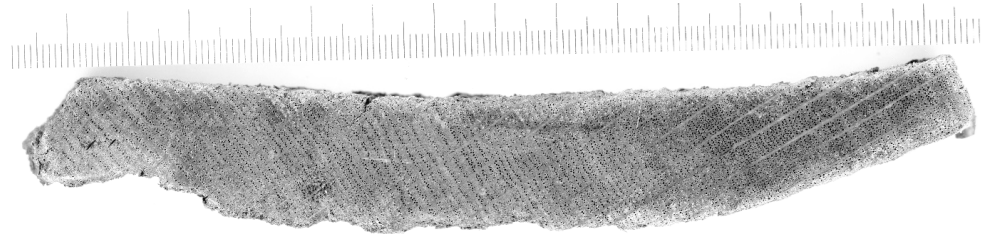
P875-01-008



P875-01-009



P875-01-010



P875-01-011

3.3 Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten

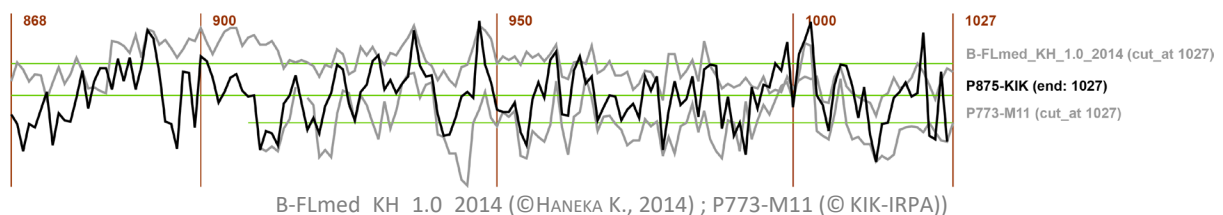
3.3.1 Samenvatting van de datering

Dendrochronologische code KIK	Datum eerste gemeten ring	Datum laatste gemeten ring	Aantal spinhout-ringen	Cambium	Resultaat
P875-01-001	868	1010	/	/	Terminus post quem na 1031 (1027+4)³⁹
P875-01-2-3-4-5-8-9.ech	905	1008	/	/	
P875-01-001	872	965	/	/	
P875-01-001	898	1027	/	/	
P875-01-001	871	977	/	/	

3.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat

3.3.2.1 Verificatie van de datering door visuele vergelijking met de chronologieën van de referentieverzameling

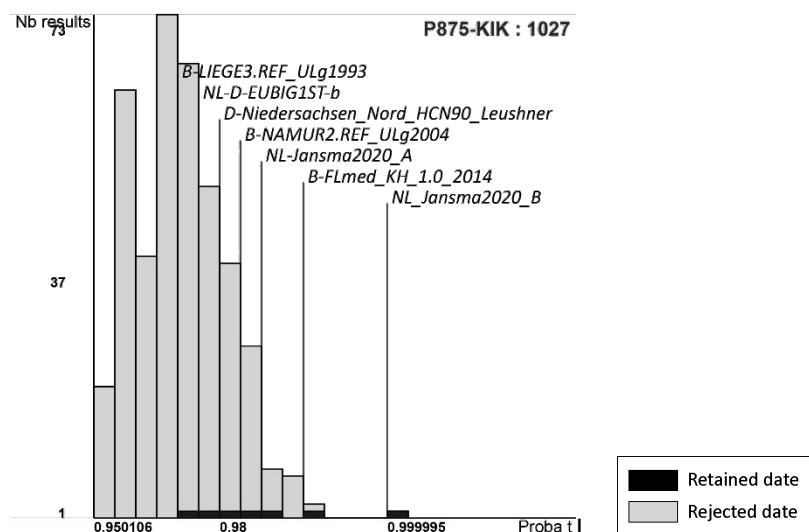
In de volgende grafiek verzekert de kwaliteit van de visuele synchronisaties met de regionale en sitechronologieën (in het grijs) de weerhouden chronologische positie (tekeningen in *corridor ajusté*).
Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



³⁹ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

3.3.2.2 Gecumuleerd histogram van door *Dendron IV* voorgestelde datums bij het berekenen van het gemiddelde op de sitechronologieën van de referentieverzameling

Zie punt 1.5.1 voor de interpretatie van dit type van grafieken. Voor het gemiddelde **P875-KIK** is de kwaliteit van de bekomen resultaten van klasse A: de voorgestelde datering wordt gegeven door veel chronologieën (de grafiek bevat veel donkergrijze cellen) met hoge probabiliteiten (donkergrijze cellen naar rechts in de grafiek) Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



3.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische gemiddelde (zie punt 1.3)

De synchronisatieberekeningen werden uitgevoerd met behulp van de *Dendron IV* software na kalibratie van de dendrochronologische reeksen door een originele transformatie genaamd *corridor ajusté* (zie punten 1.3.1 en 1.3.3)⁴⁰.

Het resultaat van *t* van *Student* (berekend op basis van twee correlatiecoëfficiënten) kan als significant beschouwd worden vanaf 4, is goed vanaf 5 en zeer goed hoger dan 6 (foutmarge beperkt door de aanduiding van probabilliteit/zekerheid)⁴¹. De weerhouden positie wordt als overtuigender beschouwd naarmate haar replicatie toeneemt op de chronologieën van de referentieverzameling.

De volgende tabel onthult dat het gedateerde gemiddelde goede resultaten geven op de chronologieën van de referentieverzameling. Voor elk ervan wordt de datering gegeven met soms hoge synchronisatiewaarden en op sommige chronologieën.

P875-KIK : 868 – 1027

Regionale en sitechronologieën van de referentieverzameling

<i>t</i> van <i>Student</i> *	Probabiliteit / zekerheid	Coëff. corr. 1	Coëff. corr. 2	Aantal ringen	Chronologie van de referentieverzameling	Locatie	© Referentie ⁴²
8.81	0.999995	0.6	0.45	153	NL_Jansma2020_B	Pays-Bas (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
7.13	0.999992	0.59	0.42	114	P773-M11	Anvers, Anvers (B)	KIK-IRPA
5.68	0.999974	0.44	0.46	102	P157A	Huy, Liège (B)	KIK-IRPA

⁴⁰ LAMBERT G.-N., 2006.

⁴¹ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

⁴² Zie punt 1.3.2.

5.29	0.999964	0.36	0.37	158	B-FLmed_KH_1.0_2014	Région Flandre (B)	FHA
4.81	0.999947	0.35	0.43	113	P624-RAPqc	Gand, Flandre-Orientale (B)	KIK-IRPA
4.76	0.999944	0.44	0.37	98	P856-KIK	Werchter, Vlaams Brabant (B)	KIK-IRPA
3.9	0.999811	0.27	0.3	156	NL-Jansma2020_A	Pays-Bas (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
3.69	0.999669	0.28	0.37	105	B-NAMUR2.REF_ULg2004	Province de Namur, Région Wallonie (B)	ULg/CEA
3.55	0.99959	0.37	0.24	115	Laives.SMartin-LCE03	Laives, Saône-et-Loire (F)	HistoricOaks
3.43	0.999525	0.27	0.26	151	StMartinBo-REN10	Saint-Martin-Boulogne (F)	HistoricOaks
3.3	0.999259	0.26	0.34	103	DNiedersachsen_Nord_HCN9 0_Leushner	Basse-Saxe (D)	Leushner
3.06	0.998199	0.23	0.24	158	P763-01-RAP	Liège, Liège (B)	KIK-IRPA
3.04	0.997984	0.24	0.24	144	B-LIEGE3.REF_ULg1993	Province de Liège, Région Wallonie (B)	ULg/CEA

*Ter verduidelijking: de tabel bevat enkel de resultaten voor een *t* van *Student* hoger dan 3.

3.3.4 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)

*format Besancon 1992 - from Dendron IV - exported at Mon 2 Oct 2023 13:44:33 +0100 extented_version 2013
WEST-EUROPE (BELGIUM) Vlaams Gewest (Oost-Vlaanderen) EVERGEM (Doornstraat)
LGT 4.705278 LAT 50.974722 ALT 10*

3.3.4.1 Dendrochronologische gegevens van de ringenreeks van het monster

Ongedateerde monsters

. P875-01-010

LON 86
ORI 3001
TER 3086
ESP Quercus sp.
_MI 42
_MX 399
_AV 131.595
VAL Largeurs
204 302 325 367 265 291 226 283 306 334
399 255 246 188 194 147 214 220 154 215
193 165 121 144 182 160 145 139 123 87
105 81 70 106 101 125 120 88 76 108
90 134 130 105 75 71 57 67 78 87
45 47 44 43 56 78 70 57 61 75
51 58 65 55 64 105 79 62 53 42
61 51 45 49 98 81 94 99 135 75
89 149 168 182 , , ;

Gedateerde monsters

. P875-01-001

LON 143
ORI 868
TER 1010
ESP Quercus sp.
_MI 44
_MX 152
_AV 88.418
VAL Largeurs
71 68 58 81 71 64 74 48 85 81

. P875-01-2-3-4-5-8-9.ech

LON 107
ORI 871
TER 977
ESP Quercus sp.
_MI 37.83
_MX 399.17
_AV 136.178
VAL Largeurs
160 185 249 256 184 190.5 208 223.5 226.33 345

58 80 91 82 130 139 90 88 86 89
105 75 71 102 90 90 71 66 58 79
90 60 133 123 121 98 96 107 105 78
80 95 70 73 69 72 90 90 95 88
55 76 61 82 79 96 81 75 67 72
71 92 87 81 75 89 75 68 67 63
72 68 44 45 51 80 91 94 102 125
135 93 101 81 99 87 65 76 81 99
94 126 117 88 86 110 121 95 99 78
78 87 85 81 77 93 87 105 96 109
74 86 124 99 92 107 89 88 117 104
66 86 75 82 67 126 89 90 85 108
107 123 91 99 127 152 145 105 64 93
120 , , ;

. P875-01-006

LON 104
ORI 905
TER 1008
ESP Quercus sp.
LGT 3.665292
LAT 51.097519
_MI 52
_MX 185
_AV 101.184
VAL Largeurs
185 146 138 144 141 100 95 115 113 152
139 140 126 91 105 93 88 134 122 152
111 123 114 125 135 153 118 133 119 144
124 167 115 137 116 85 69 70 78 92
86 93 81 73 79 69 78 67 106 62
57 91 90 89 120 111 71 82 88 90
90 87 72 76 83 86 70 79 81 69
115 113 105 63 98 100 84 85 105 84
116 107 118 80 88 77 65 52 73 76
99 121 105 101 95 110 119 119 86 66
76 82 116 , ;

. P875-01-011

LON 130
ORI 898
TER 1027
ESP Quercus sp.
_MI 40
_MX 206
_AV 100.876
VAL Largeurs
206 127 176 160 200 169 190 143 161 164
122 148 95 151 131 106 124 110 150 102
106 109 78 112 101 120 121 104 90 169
134 142 146 141 156 129 127 132 172 171
125 134 117 92 103 108 106 111 77 155
114 123 103 116 81 111 92 65 95 108
91 101 98 76 67 89 103 76 101 72
92 88 102 81 86 77 70 52 43 58
44 45 40 56 72 63 51 85 69 71
67 82 49 76 59 74 79 90 71 99
95 128 51 119 117 159 79 77 74 92
92 90 80 63 80 55 41 62 63 77
81 87 80 82 117 60 59 98 59 , ;

230.4 300.33 298.33 332.17 305.67 323.17 264.33 326.5
330.67 394.83 399.17 331.83 259.5 176 181.5 131.5
214.67 211.33 172 200.83 206.83 156.67 141.17 136.33
155.67 151.67 140.67 142.33 108.83 78.5 85.83 68.83
57.67 77.17 98 103.33 101.5 83 81.33 82.83 88.5 102.67
114.17 88.33 69.83 59 60.33 70 76.67 81.33 55.67 47.33
46.83 52.67 61.5 79.83 65 62.17 62.5 55.67 52.5 37.83
41.83 53.5 56.67 55.33 98.33 68.33 70.83 45.67 45.83 60.5
56.83 51.83 45.17 81.17 72.17 79.67 80.67 116.5 76.4 88.2
135.6 149.6 149 137.8 109 119 132.33 88
88 104 108 , , , , ;

. P875-01-007

LON 94
ORI 872
TER 965
ESP Quercus sp.
_MI 35
_MX 409
_AV 126.269
VAL Largeurs
307 409 339 234 227 204 234 256 314 220
171 207 260 200 278 215 215 194 239 292
282 189 151 141 124 209 177 119 162 142
120 114 116 145 133 120 126 103 75 65
71 57 90 113 115 96 95 79 88 98
86 118 121 93 64 68 89 95 91 64
75 56 65 85 122 84 65 75 57 43
45 40 50 53 55 97 75 58 44 44
49 35 50 46 57 73 59 72 87 70
64 87 87 , ;

3.3.4.2 Dendrochronologische gegevens van het gedateerde gemiddelde

. P875-KIK

LON 160

ORI 868

TER 1027

ESP Quercus sp.

_MI 41

_MX 264.39

_AV 108.781

VAL Largeurs

71	68	58	120.5	187.67	240.67	223	155.33	167.5	164.33
171.83	187.44	250	177.47	200.44	214.78	227.39	197.89	229.06	189.44
215.5	199.89	234.94	264.39	234.61	179.5	132.67	129.5	104.5	167.56
171.08	119.5	167.96	157.96	149.42	130.54	134.58	147.13	139.33	128.13
122.87	119.17	83.7	93.97	90.97	81.13	106.63	110	120.67	102.7
86	90.07	80.57	93.7	100.53	114.03	112.67	90.57	80.6	96.67
97.8	108.13	111.67	91.93	97.27	87.97	92.73	94.1	121.57	99.6
92.23	91.1	71.73	60.3	61.37	69.57	78.5	80.13	76.47	111.27
93.07	84.77	72.53	72.97	71.3	79.17	64.17	57.83	81.03	88.43
82.53	99.93	105.9	76.28	77.44	101.92	110.12	102.5	106.2	82.75
91.25	97.58	90.25	80	86.5	89.75	75.33	90.67	84	90.67
60.33	76.33	88	79.67	83	91.67	74.67	96.33	97.67	97.67
71	85.33	67	74.33	59.33	91	81.33	93	92.33	104
101	115.33	84	112.33	121	132.33	96.67	86	73.33	100.33
106	90	80	63	80	55	41	62	63	77
81	87	80	82	117	60	59	98	59	,

;

4 P876 – Dorpskring, Lubbeek

4.1 Dendrochronologische studie

4.1.1 Voorwerp van de studie

Het analyseproces en de resultaten van het dendrochronologisch studie hebben betrekking op een paal van een waterput die in Lubbeek (Dorpskring) ontdekt werd bij archeologische opgravingen door *Studiebureau Archeologie*. De archeologen contacteerden ons voor een dendrochronologische datering van dit monster.

4.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

Het element werd geleverd op 04/09/2023. Het is beuk (*Fagus* sp). De voorbereidingsfase vond plaats op 08/09/2023. Het monster werd in de breedte doorgesneden om met behulp van een scheermes een meettraject op de dwarsdoorsnede van het hout voor te bereiden (zie punt 4.2). De ringbreedten werden opgenomen op het scherm met behulp van hoge-resolutie scans (zie punt 1.1) en de afmetingen werden gemeten met de software *CooRecorder81* (©Cybis).

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (P876), aan gedeelten ervan (-01) en aan het object (-001).

Dendrochronologische code KIK	Beschrijving	Aantal gemeten ringen	Gemiddelde ring	Aantal ringen spinhout	Cambium
P876-01-001	Paal, Wp.7 Sp.42 Laag 2	117	1.24 mm	/	/

De ringen van de paal zijn meestal smal en talrijk⁴³. De monsters bevatten geen spinhout en dus geen cambium. De voorgestelde datum is dus een *terminus post quem* voor de kap van de bomen (en niet het exacte jaar) (zie punt 1.4).

4.1.3 Dendrochronologische datering (zie punten 1.3 en 1.4)

De individuele reeks **P876-01-001** werd ter datering en om de herkomst van het hout te bepalen, vergeleken met onze referentieverzamelingen. Ondanks een vrij groot aantal ringen voor het gemiddelde, kon geen zeker resultaat worden weerhouden. Dit is te wijten aan het feit dat onze referentiecollectie geen beuken chronologie bevat voor de periode in kwestie (zie bijlage 1.4).

Aangezien dendrochronologie geen duidelijk antwoord kon bieden op de problematiek, werden de opdrachtgevers geadviseerd om een radiokoolstofdatering (¹⁴C) te laten uitvoeren. De ¹⁴C-analyse werd uitgevoerd door het labo radiokoolstofdatering van het KIK⁴⁴. Ter datering werd er een monster gelicht in de laatste groeiringen van het hout P876-01-001 (Fig. 4.1), met als resultaat **650AD-780AD** (95,4%).

⁴³ Een trage groei wordt gekenmerkt door ringen die dunner zijn dan een millimeter; een snelle groei door ringen die dikker zijn dan 2 mm (FRAITURE P., 2007; BEUTING M., 2011).

⁴⁴ Zie punt 4.3.2: verslag van analyse door het labo radiokoolstofdatering van het KIK. Contact: mathieu.boudin@kikirpa.be.

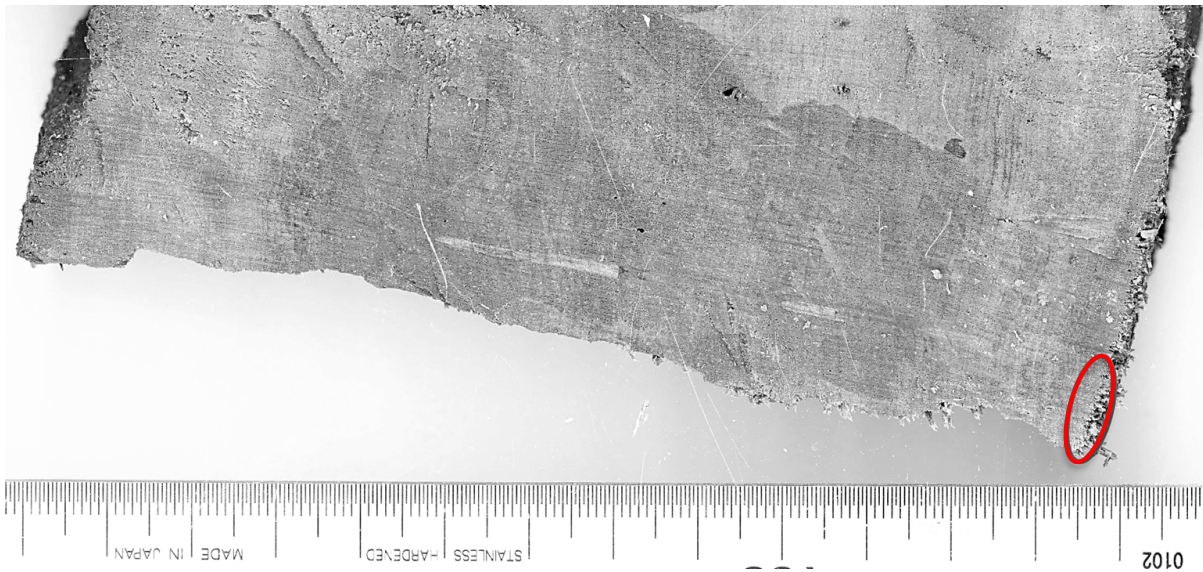


Fig. 4.1. Hoge resolutie scan van monster P876-01-001 gebruikt voor de radiokoolstofdatering, met lokalisering van de monsternamen in rood. Foto: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel

4.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie (zie punt 1.4)

De dendrochronologische studie van de paal ontdekt in Lubbeek (Dorpskring) heeft geen resultaten opgeleverd. We hebben een ^{14}C -analyse uitgevoerd met als resultaat **650AD (95,4%) 780AD**

4.2 Foto van de gelichte monsters (Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel)



4.3 Dendrochronologische en ¹⁴C gegevens

4.3.1 Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)

format Besancon 1992 - from Dendron IV - exported at Tue 09 Jan 2023 13:44:33 +0100 extended_version 2013
WEST-EUROPE (BELGIUM) Vlaams Gewest (Vlaams Brabant) LUBBEEK (Dorpskring)
LGT 4.841678 LAT 50.880858 ALT 78

. P876-01-001

LON 117

ORI 3001

TER 3117

ESP Fagus sp.

_MI 34

_MX 373

_AV 124.481

VAL Largeurs

96 153 125 59 57 57 97 78 73 102

101 106 135 145 96 184 373 364 213 230

187 246 231 151 123 97 121 169 114 130

132 156 126 90 137 148 94 92 79 96

53 125 86 131 121 162 107 135 116 137

143 166 162 120 163 164 136 158 105 131

104 104 114 115 91 68 91 95 129 69

72 85 60 53 68 49 34 ,,,,,,,,,,,,,,

,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,;

4.3.2 Resultaat van de ¹⁴C-analyse

17/11/2023

Laboratoire de dendrochronologie
KIK-IRPA

RADIOCARBON DATING REPORT

P876-01-001

RICH-34453 (P876/01/001) : 1307±26BP

68.2% probability

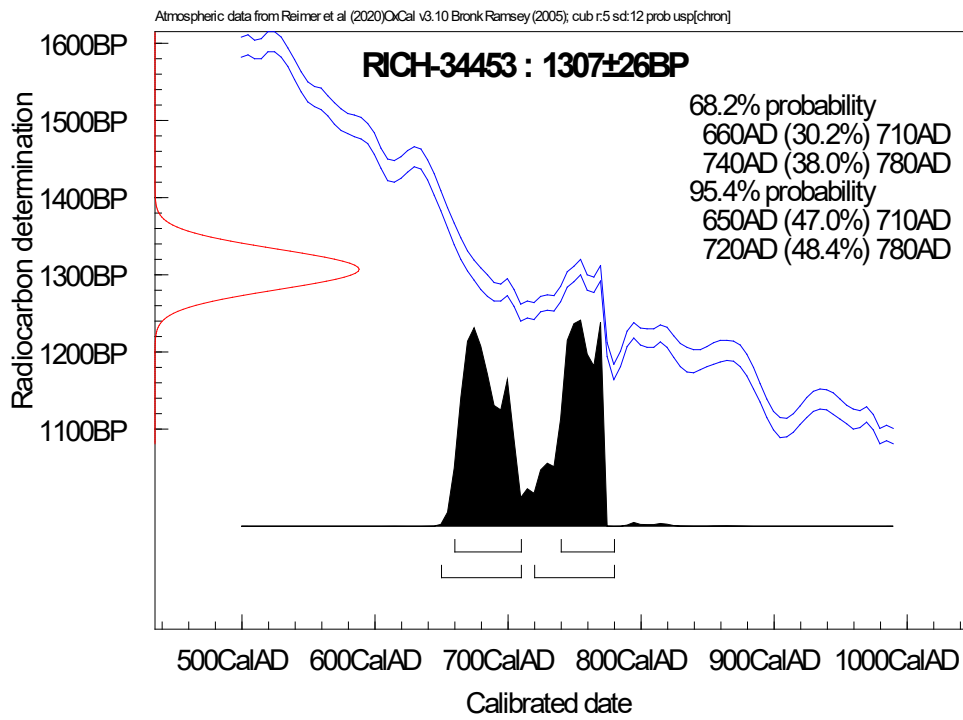
660AD (30.2%) 710AD

740AD (38.0%) 780AD

95.4% probability

650AD (47.0%) 710AD

720AD (48.4%) 780AD



Mathieu Boudin

Mathieu.boudin@kikirpa.be

5 P877 – Nieuwe Baan, Rotselaar

5.1 Dendrochronologische studie

5.1.1 Voorwerp van de studie

Het analyseproces en de resultaten van het dendrochronologisch studie hebben betrekking op planken en palen die in Rotselaar (Nieuwe Baan) ontdekt werden bij archeologische opgravingen door *Studiebureau Archeologie*. De archeologen contacteerden ons voor een dendrochronologische datering van deze monsters.

5.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

De elementen werden geleverd op 04/09/2023. Ze zijn in eik (*Quercus* sp). De voorbereidingsfase vond plaats op 08/09/2023. De monsters werden in de breedte doorgesneden om met behulp van een scheermes een meettraject op de dwarsdoorsnede van het hout voor te bereiden (zie punt 5.2). De ringbreedten werden opgenomen op het scherm met behulp van hoge-resolutie scans (zie punt 1.1) en de afmetingen werden gemeten met de software *CooRecorder81* (©Cybis).

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (P877), aan gedeelten ervan (-01) en aan het object (-001 tot -005).

Dendrochronologische code KIK	Beschrijving	Aantal gemeten ringen	Gemiddelde ring	Aantal ringen spinhout	Cambium
P877-01-001	Plank, Wp.10 Sp.119 Laag 5	104	1.99 mm	/	/
P877-01-002	Plank, Wp.10 Sp.119 Laag 6	124	1.8 mm	/	/
P877-01-003	Plank, Wp.10 Sp.119 Laag 6	120	2.28 mm	/	/
P877-01-004	Plank, Wp.10 Sp.119 Laag 6	116	1.71 mm	/	/
P877-01-005	Paal, Wp.10 Sp.119 Laag 6	57	2.23 mm	/	/

De ringen van de planken zijn meestal smal en talrijk. De ringen op de paal zijn breder en minder talrijk⁴⁵. De monsters bevatten geen spinhout en dus geen cambium. De voorgestelde datum is dus een *terminus post quem* voor de kap van de bomen (en niet het exacte jaar) (zie punt 1.4).

5.1.3 Dendrochronologische datering (zie punten 1.3 en 1.4)

Eerst werden de ringenreeksen die van elk monster werden opgenomen onderling vergeleken, zowel visueel als met behulp van synchronisatieberekeningen. Het doel is om de sequenties in relatieve posities te plaatsen en mogelijk een dendrochronologisch gemiddelde vast te stellen.

Eenzijds wijst de kwaliteit van de correlatie tussen de dendrochronologische reeksen van twee monsters (P877-01-001 en P877-01-003) erop dat de planken waaruit ze zijn vervaardigd, afkomstig zijn van eenzelfde boom. Deze twee reeksen werden dus samengevoegd tot een individuele 'gemiddelde' reeks die representatief is voor deze boom P877-01-001-003.ech (Fig. 5.1). Twee andere reeksen (P877-01-002 en P877-01-004) werden samengevoegd tot een individuele 'gemiddelde' reeks die representatief is voor een tweede boom, P877-01-002-004.ech (Fig. 5.2).

⁴⁵ Een trage groei wordt gekenmerkt door ringen die dunner zijn dan een millimeter; een snelle groei door ringen die dikker zijn dan 2 mm (FRAITURE P., 2007; BEUTING M., 2011).

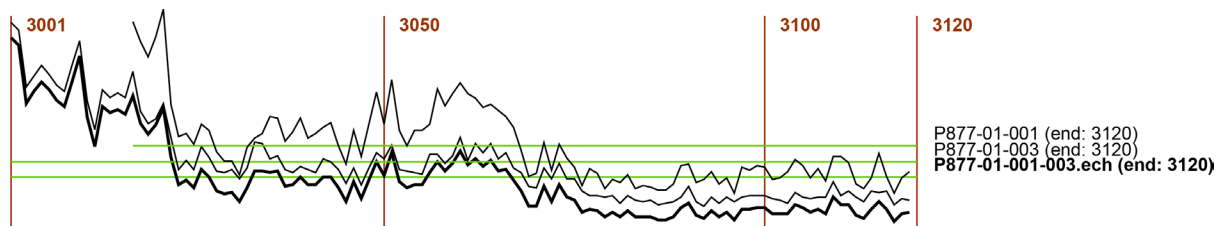


Fig. 5.1. Synchronisatie tussen de twee ringenreeksen P877-01-001 en P877-01-003 uit dezelfde boom en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P877-01-001-003.ech in het vet (tekeningen in natuurlijke waarden; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

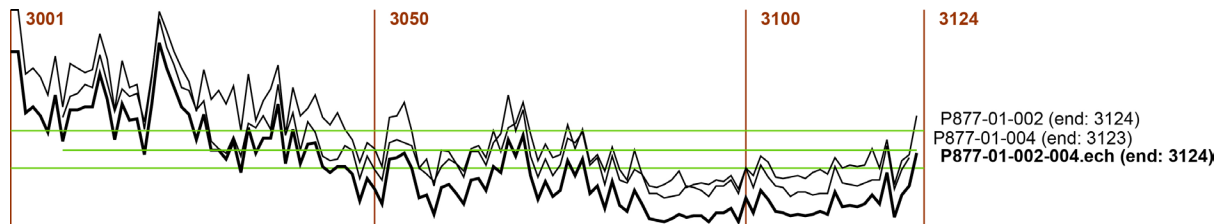


Fig. 5.2. Synchronisatie tussen de twee ringenreeksen P877-01-002 en P877-01-004 uit dezelfde boom en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P877-01-002-004.ech in het vet (tekeningen in natuurlijke waarden; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

Vervolgens werden de individuele reeksen P877-01-001-003.ech en P877-01-002-004.ech gesynchroniseerd. Ze werden samengevoegd tot een gemiddelde chronologie die representatief is voor de site, **P877-KIK**, en 124 ringen bevat (Fig. 5.3). Het laatste monsters P8776-01-005 kon niet worden gesynchroniseerd en gedateerd vanwege de korte ringreeksen.

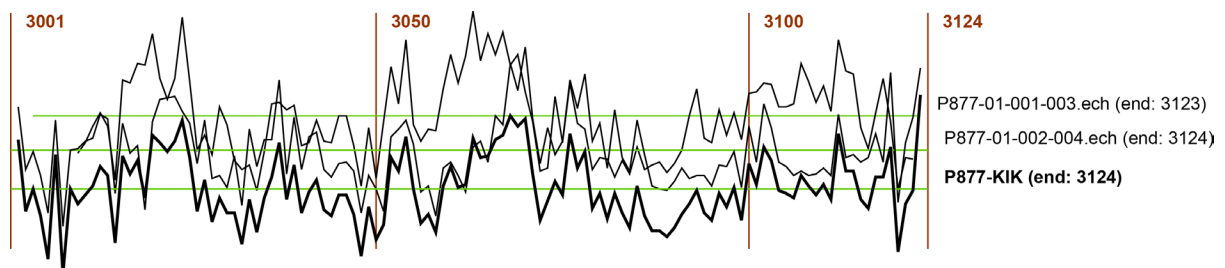


Fig. 5.3. Synchronisatie van twee individuele reeksen en tekening van hun dendrochronologische gemiddelde P877-KIK in het vet (tekeningen in *corridor ajusté*; de posities in 3001 wijzen erop dat het gaat om relatieve, niet-gedateerde posities). Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel.

De gemiddelde chronologie **P877-KIK** werd ter datering en om de herkomst van het hout te bepalen, vergeleken met onze referentieverzamelingen. Ze is gedateerd met een laatste ring in 102 (zie punt 5.3). De datering wordt verzekerd door meerdere regionale chronologieën rond en uit België (zie tabellen en grafieken 5.3.1 en 5.3.2). Het ontbreken van spinhout op de houtstalen maakt het onmogelijk de kapperperiode te schatten, maar geeft een *terminus post quem* na 106 n. Chr. (102 + 4 minimale spinhoutringen)⁴⁶ (zie punt 1.4).

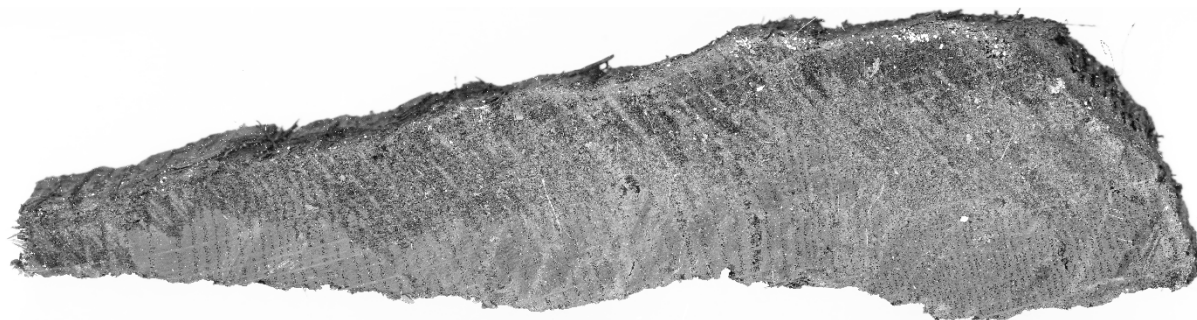
5.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie (zie punt 1.4)

De dendrochronologische studie van de planken en palen ontdekt in Rotselaar (Nieuwe Baan) heeft resultaten opgeleverd.

⁴⁶ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

De gemiddelde chronologie **P877-KIK** representatief voor de site werd gedateerd. De laatste gemeten ring van deze chronologie dateert van 102 AD. Het ontbreken van spinthout geeft een *terminus post quem* na **106 n. Chr.** (102 + 4 minimale spinthoutringen).

5.2 Foto van de gelichte monsters (Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel)



P877-01-001



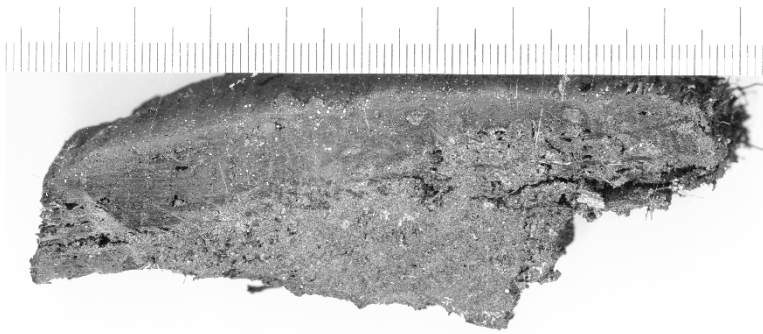
P877-01-002



P877-01-003



P877-01-004



P877-01-005

5.3 Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten

5.3.1 Samenvatting van de datering

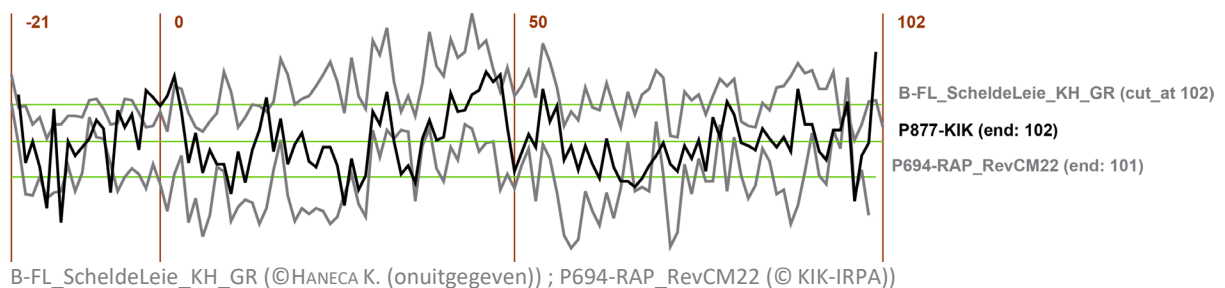
Dendrochronologische code KIK	Datum eerste gemeten ring	Datum laatste gemeten ring	Aantal spinhout-ringen	Cambium	Resultaat
P877-01-001-003.ech	-18	101	/	/	Terminus post quem na 106 (102+4)⁴⁷
P877-01-002-004.ech	-21	102	/	/	

5.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van het resultaat

5.3.2.1 Verificatie van de datering door visuele vergelijking met de chronologieën van de referentieverzameling

In de volgende grafiek verzekert de kwaliteit van de visuele synchronisaties met de regionale en sitechronologieën (in het grijs) de weerhouden chronologische positie (tekeningen in *corridor ajusté*).

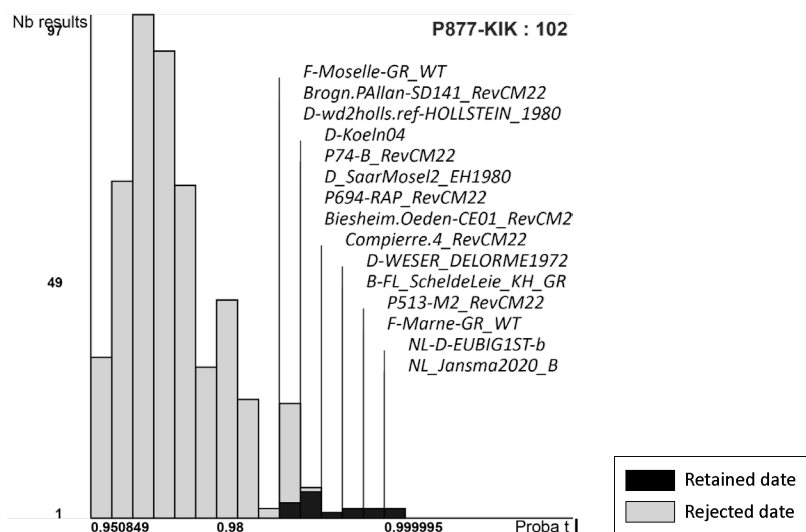
Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



⁴⁷ Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinhoutringen dat geldt voor 95% van de gevallen van de statistische studie uitgevoerd door G.-N. Lambert in 2006 op 575 eiken gedateerd tussen 500 v.Chr. en 2000 n.Chr. afkomstig van het noorden van Frankrijk en het zuiden van Zwitserland. LAMBERT G.-N., 2006; DUROST S. & LAMBERT G.-N., 2007.

5.3.2.2 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 voor de interpretatie van dit type van grafieken. Voor het gemiddelde **P877-KIK** is de kwaliteit van de bekomen resultaten van klasse A: de voorgestelde datering wordt gegeven door veel chronologieën (de grafiek bevat veel donkergrijze cellen) met hoge probabiliteiten (donkergrijze cellen naar rechts in de grafiek) Tekening: Labo. Dendro 2023 © IRPA-KIK, Brussel



5.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische gemiddelde (zie punt 1.3)

De synchronisatieberekeningen werden uitgevoerd met behulp van de *Dendron IV* software na kalibratie van de dendrochronologische reeksen door een originele transformatie genaamd *corridor ajusté* (zie punten 1.3.1 en 1.3.3)⁴⁸.

Het resultaat van *t* van *Student* (berekend op basis van twee correlatiecoëfficiënten) kan als significant beschouwd worden vanaf 4, is goed vanaf 5 en zeer goed hoger dan 6 (foutmarge beperkt door de aanduiding van probabilliteit/zekerheid)⁴⁹. De weerhouden positie wordt als overtuigender beschouwd naarmate haar replicatie toeneemt op de chronologieën van de referentieverzameling.

De volgende tabel onthult dat het gedateerde gemiddelde goede resultaten geven op de chronologieën van de referentieverzameling. Voor elk ervan wordt de datering gegeven met soms hoge synchronisatiewaarden en op sommige chronologieën.

P877-KIK : -21 – 102							
Regionale en sitechronologieën van de referentieverzameling							
<i>t</i> van <i>Student</i> *	Probabiliteit / zekerheid	Coëff. corr. 1	Coëff. corr. 2	Aantal ringen	Chronologie van de referentieverzameling	Locatie	© Referentie ⁵⁰
11.68	0.999995	0.64	0.63	121	NL_Jansma2020_B	Pays-Bas (NL)	Stichting RING (Jansma E.)
6.74	0.999991	0.49	0.47	121	F-Marne-GR_WT	Département Marne (Grand Est) (F)	DendroNet
6.47	0.99999	0.56	0.46	92	P513-M2_RevCM22	Villers-le-Bouillet, Liège (B)	KIK-IRPA

⁴⁸ LAMBERT G.-N., 2006.

⁴⁹ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

⁵⁰ Zie punt 1.3.2.

Gedateerde monsters

. P877-01-001-003.ech

LON 120
ORI -18
TER 101
ESP Quercus sp.
_MI 87.5
_MX 705
_AV 235.231
VAL Largeurs
705 678 486 525 557 529 494 473 559 643
438 338 475 451 466 449 509.5 417.5 380 410.5
467 301.5 211.5 229 202.5 263 239 192 180.5 184.5
152 201.5 257 259.5 252 256 206 210.5 237.5 210.5
209 239 239 202 155 223 163.5 228 291 244
317.5 219.5 199 213 210 250.5 290.5 257.5 284 326.5
276.5 298.5 274 293 258.5 264.5 225.5 190.5 138.5 138.5
207.5 157 213.5 172 161.5 121 130.5 126 105.5 118.5
103 124.5 100.5 102.5 102.5 90.5 94.5 104.5 132.5 151.5
106.5 100 126 102.5 118.5 93.5 131 130.5 135 133
114 114 115 146 132.5 116.5 130 113 168 144.5
145.5 110 97.5 128 154.5 130.5 87.5 115 118.5 ,
;

. P877-01-002-004.ech

LON 124
ORI -21
TER 102
ESP Quercus sp.
_MI 62.5
_MX 454
_AV 180.752
VAL Largeurs
437 437 302 315 294 258 339 239.5 309 308.5
313.5 314 387.5 330 243.5 320.5 283.5 289.5 209.5 321
454 400.5 358 314.5 297 241.5 297.5 219 220.5 200.5
239 169.5 268 212 246.5 244.5 320.5 189.5 264 191
232.5 235 183 170 184 182 167 109 156 135
102.5 198.5 204.5 213 179.5 115.5 120 79.5 137.5 143
124.5 101.5 154.5 158 130.5 184.5 171.5 242.5 205.5
251.5 165.5 112.5 150.5 118 132.5 196 165 198.5 124.5
141 92.5 150.5 100 85.5 132.5 101 67.5 64.5 62.5 69.5
80 73.5 74.5 74 64 82.5 80.5 93.5 63 115
83.5 132 112 85 81.5 74 79.5 77 78.5 84
80 129 96.5 100 96 100.5 121.5 101 171.5 73
121.5 142 212 , ;

5.3.4.2 Dendrochronologische gegevens van het gedateerde gemiddelde

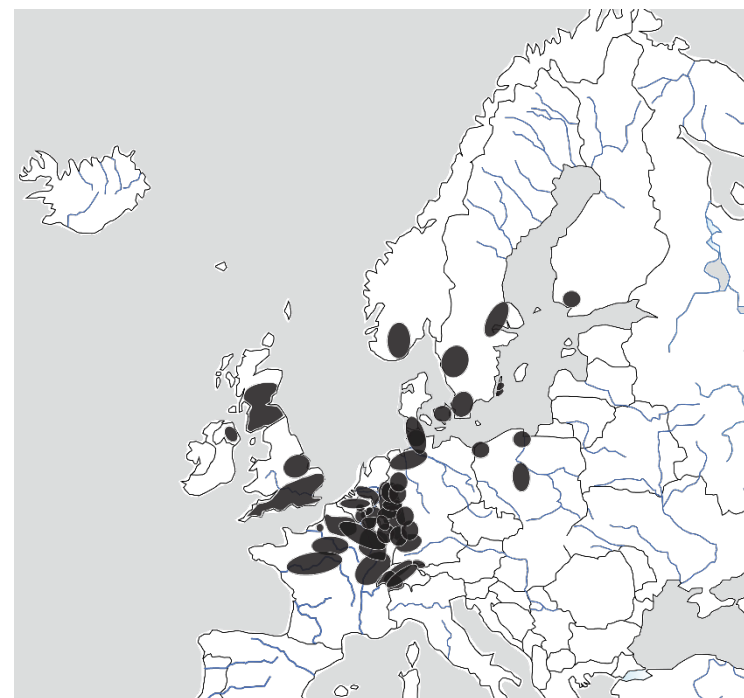
. P877-KIK

LON 124
ORI -21
TER 102
ESP Quercus sp.
_MI 76.5
_MX 515.25
_AV 209.809
VAL Largeurs
437 437 302 510 486 372 432 398.25 419 401.25
393.25 436.5 515.25 384 290.75 397.75 367.25 377.75 329.25 415.25
435.75 390.25 384.25 390.75 299.25 226.5 263.25 210.75 241.75 219.75
215.5 175 226.25 182 224 250.75 290 220.75 260 198.5
221.5 236.25 196.75 189.5 211.5 210.5 184.5 132 189.5 149.25
165.25 244.75 224.25 265.25 199.5 157.25 166.5 144.75 194 216.75
191 192.75 240.5 217.25 214.5 229.25 232.25 250.5 235 238.5
178 125.5 144.5 162.75 144.75 204.75 168.5 180 122.75 135.75
109.25 128 109.25 94.25 128.5 100.75 85 83.5 76.5 82
92.25 103 113 90.25 82 104.25 91.5 106 78.25 123
107 133.5 122.5 99.5 97.75 94.5 112.75 104.75 97.5 107
96.5 148.5 120.5 122.75 103 99 124.75 127.75 151 80.25
118.25 130.25 212 , ;

Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering

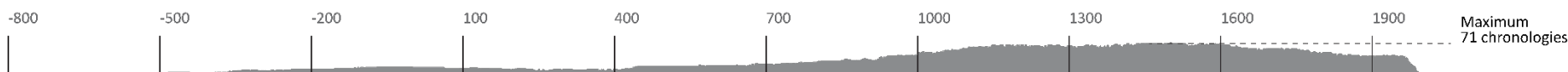
1.1. Eik: regionale chronologieën van West-Europa (ref. code: A_QUSP_EU_R_20170925)

De referentieverzameling van de regionale chronologieën van het KIK dekt een groot deel van België en de aangrenzende regio's. De referentieverzameling is samengesteld uit een honderdtal 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 merendeel ervan 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

A_QUSP_EU_R_20170925 (-800 - 2014)

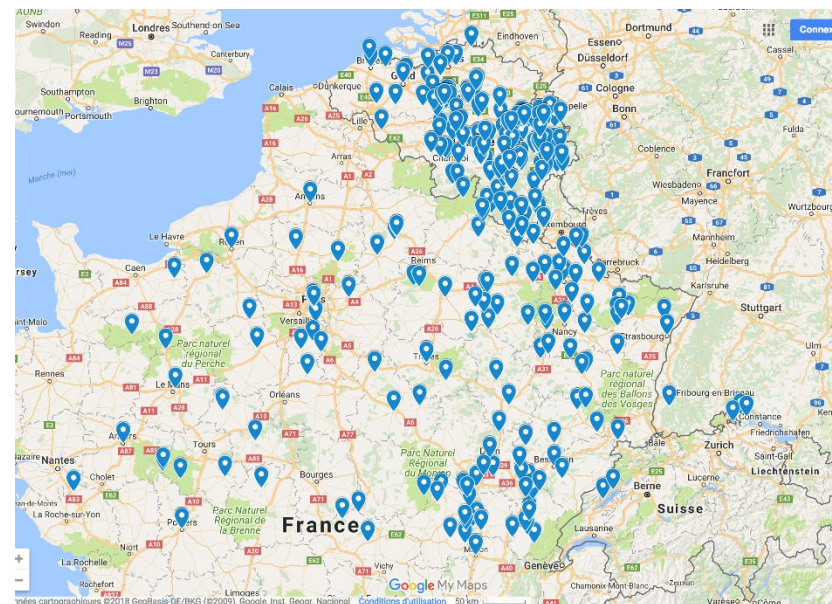


Volume (per jaar) van de referentieverzameling van chronologieën van regionale eik voor West-Europa (voor de periode 800 v.Chr. – 2014 n.Chr.). Labo dendro, 2017 © KIK-IRPA, Brussel

1.2. Eik: site- en individuele chronologieën, West-Europa (ref. code: A_QUSP_BE_FR-S-I_20180924)

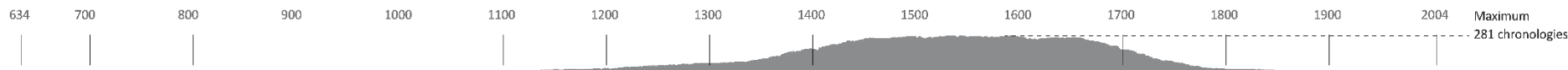
Deze referentieverzameling telt ongeveer 1000 chronologieën (interval 634-2004 n.Chr.) die afkomstig zijn van hoofdzakelijk Belgische sites en het uiterste Oosten van Frankrijk en enkele aangrenzende regio's. Het is samengesteld uit chronologieën afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal, opgebouwd 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/CEA (HOFFSUMMER P. *et al.*, Luik) in het kader van een tijdelijke samenwerking: © KIK-IRPA_ULiège/CEA of © ULiège/CEA_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/CEA (HOFFSUMMER P. *et al.*, Luik) : © ULiège/CEA :
 - o inclusief de chronologieën die werden gereviseerd in het kader van de doctoraatsthesis van D. HOUBRECHTS, 2005; 2008 : © ULiège/CEA(DH)
 - o inclusief de chronologieën die werden gereviseerd in het kader van de Masterthesis van A. WEITZ, 2012 : © ULiège/CEA(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/CEA ; 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/CEA, in het kader van de doctoraatsthesis van P. FRAITURE, 2007 (onuitgegeven): © ULiège/CEA(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

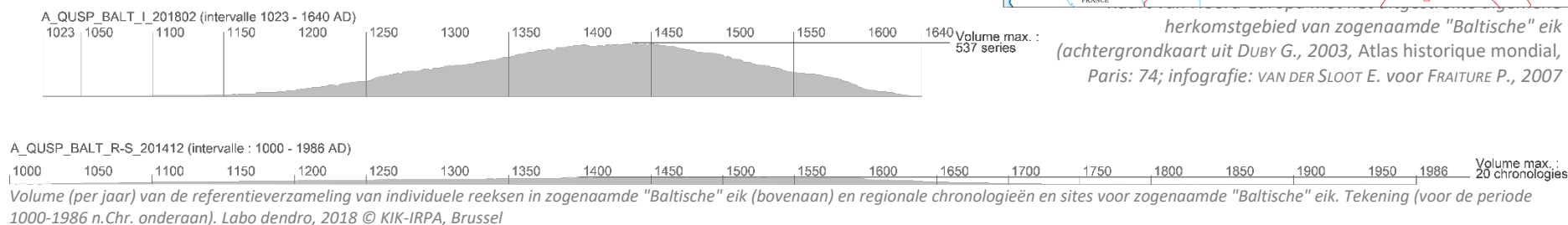
1.3. Eik: regionale chronologieën, sites en individuele reeksen, regio's van het zuiden van de Oostzee (code réf. : A_QUSP_BALT_R-S_201412 et A_QUSP_BALT_I_201809)

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) (Sossion 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^e eeuw, maar vooral in de 14^e 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 Rusland⁵¹. Vele historische bronnen getuigen van de aanzienlijke export van Noordoostelijke eiken naar de vroegere Nederlanden in de 14^e eeuw, via de Baltische havens.⁵² Dendrochronologie helpt dit vast te stellen aangezien de meeste dragers die onder meer door Vlaamse schilders van de 14^{de} eeuw tot het midden van de 17^{de} eeuw werden gebruikt, van dit type hout zijn gemaakt.⁵³ Het was in grote hoeveelheden verkrijgbaar en had mechanische eigenschappen die bijzonder geschikt zijn voor het verkrijgen van hoogwaardige planken.⁵⁴

De Baltische referentiebasis van het KIK bevat een dertigtal "regionale" chronologieën en sitechronologieën (457-1985) 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/CEA, in het kader van de doctoraatsthesis van P. FRAITURE, 2007 (niet gepubliceerd) © ULiège/CEA (PaF) en het laboratorium *Dendrochronological Consultancy Ltd* (I. TYERS, Retford, niet gepubliceerd) © I. TYERS.



herkomstgebied van zogenaamde "Baltische" eik
(achtergrondkaart uit DUBY G., 2003, Atlas historique mondial, Paris: 74; infografie: VAN DER SLOOT E. VOOR FRAITURE P., 2007)



⁵¹ Voor een stand van zaken, zie bijvoorbeeld ECKSTEIN D. & WROBEL S., 2007 en FRAITURE P., 2009^b.

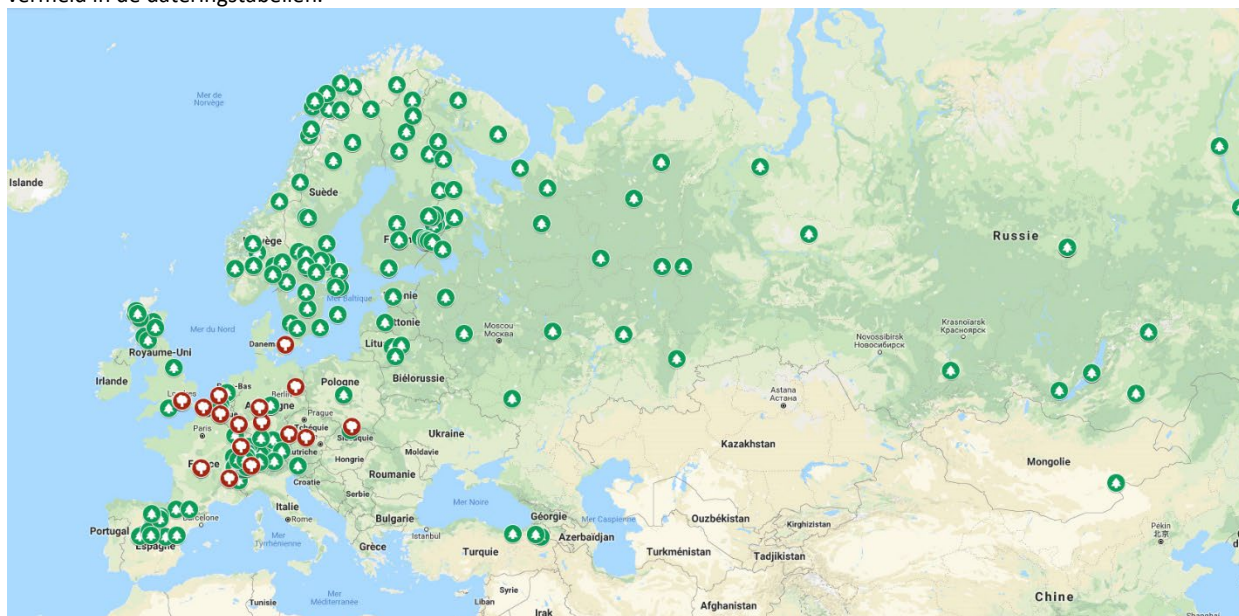
⁵² Zie, bijvoorbeeld, BAILLIE M. G. L., 1984; TOSSAVAINEN J., 1994; ZUNDE M., 1998-1999.

⁵³ 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.

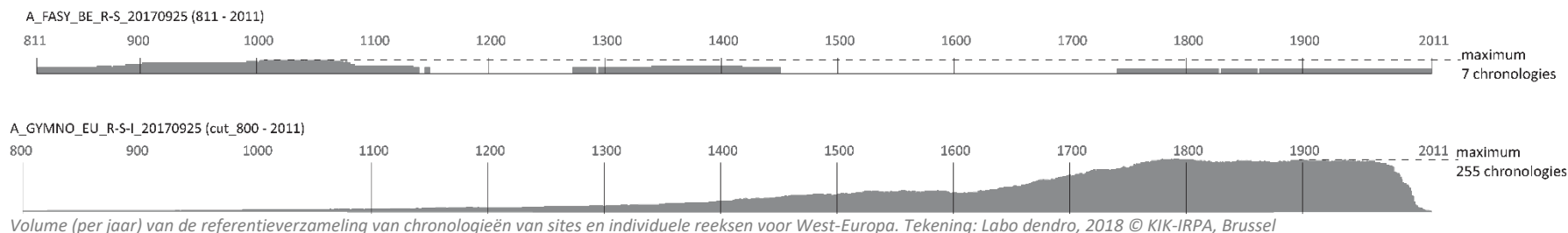
⁵⁴ Het barre klimaat in deze regio's zorgt voor langzaam groeiende bomen, die zacht hout produceren dat weinig gevoelig is voor vervorming. Bovendien zorgt de competitiviteit tussen de individuen in deze dichte bossen voor een rechte groei van eiken, een waardevolle eigenschap voor de productie van lange planken.

1.4. Beuk en naaldbomen: regionale chronologieën, sitechronologieën en individuele reeksen (referentiecodes: A_FASY_EU_R-S-I_20170925; A_GYMNO_EU_R-S-I_20180924)

De referentieverzameling van chronologieën voor **beuk** telt momenteel een dertigtal chronologieën uit West-Europa (interval 416-2011 n.Chr.). De referentieverzameling van **naaldbomen** (grove den, gewone spar, gewone zilverspar) telt er ongeveer 450 (interval 430-2011 n.Chr.) 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 naaldbomen (in het blauw). Tekening: Labo dendro, 2018 © KIK-IRPA, Bruxelles (achtergrondkaart Google My Maps, 20180924)



Bibliografie

- BAILLIE M. G. L., 1977^a. The Belfast Oak Chronology to A.D. 1001, *Tree-Ring Bulletin* 37, p. 13-20.
- BAILLIE M. G. L., 1977^b. Dublin medieval dendrochronology, *Tree-Ring Bulletin* 37, p. 13-20.
- BAILLIE M. G. L., 1977^c. 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^e 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^e–XIII^e 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).
- GIRARDCLOS 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^e au XIX^e 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.

- HOU BRECHTS 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.
- HOU BRECHTS 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.
- HOU BRECHTS 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^e au XVIII^e 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., GIRARDCLOS O., LEBOURGEOIS F., LE DIGOL Y., PERRAULT C. & TEGEL W., 2010. Dendrochronologie et dendroclimatologie du chêne en France. Questions posées par le transfert de données de bois historiques vers la dendroclimatologie, *EDYTEM* 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. & GIRARDCLOS 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.
- WEITZ A. et GERRIENNE Ph., *Verslag van identificatie van houtsoort: ID047*, KIK-IRPA – Ulg, 03 août 2017 (inédit).
- YAMAGUCHI D.K., 1986. *Interpretation of cross correlation between tree-ring series*, Tree-Ring Bulletin 46, p. 47-54.