

Verslag van dendrochronologische analyse van een houtstaal van een bekisting waterput, Lier-Ringenhofweg (Projectcode 2020 A 446)

Gemeente:	Lier
Instelling of verzameling:	Studiebureau Archeologie
Type van object:	Archeologisch hout
Titel van het object:	Bekisting waterput
Aanvrager:	Vanessa vander Ginst Studiebureau Archeologie Bietenweg 20, 3300 Tienen
Contactpersoon:	Vanessa vander Ginst, Zaakvoerder-Erkend archeoloog < info@studiebureau-archeologie.be >
Dossiernummer KIK:	2022.15029
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:	09/12/2022

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

Objectbeschrijving

Gemeente	Lier
Instelling	Studiebureau Archeologie
Type van object	Archeologisch hout
Titel van het object	Bekisting waterput
Datum	?
Materiaal	Hout
Opmerkingen	Dendrochronologische code P837

Historiek van de studie

Aanvraag	27/09/2022
Prijsopgaven	17/10/2022
Bestelbon	19/10/2022
Levering van de monsters	12/10/2022
Dendrochronologische opnames	07/11/2022 – Christophe Maggi
Dendrochronologische datering	07/11/2022 – Christophe Maggi
Eindverslag	09/12/2022 – Christophe Maggi

Dit document is het technisch verslag van de dendrochronologische studie die werd uitgevoerd op de houten elementen van waterput opgegraven te Lier. 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.

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	Bekisting waterput - Lier	16
2.1	Dendrochronologische studie	16
2.1.1	Voorwerp van de studie	16
2.1.2	Monsternamen	16
2.1.3	Dendrochronologische datering	16
2.1.4	Interpretatie van resultaten en conclusie	16
2.2	Foto van het gelichte monster	17
2.3	Dendrochronologische gegevens, tabellen en grafieken met de resultaten	17
2.3.1	Samenvatting van de datering	17
2.3.2	Grafische voorstellingen van de kwaliteit van de resultaten	18
2.3.3	Berekeningen van het dendrochronologische reeks	19
2.3.4	Natuurlijke waarden van de dendrochronologische reeks (1/100e mm)	20
	Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering	21
	Bibliografie	25

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 monsternamen

Bij een monsternamen 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 monsternamen 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 monsternamen 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.
 - o Balken (Fig. 3): het kantrechten van het rondhout leidt tot materiaalverlies (de *dosse*), maar het buitenste gedeelte van het hout kan behouden blijven ter hoogte van de

¹ TYERS I. & PARSONS I., 2010, p. 2.

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

³ FRAITURE P., 2009a.

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.

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

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).

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.

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, raaml ijsten). 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.

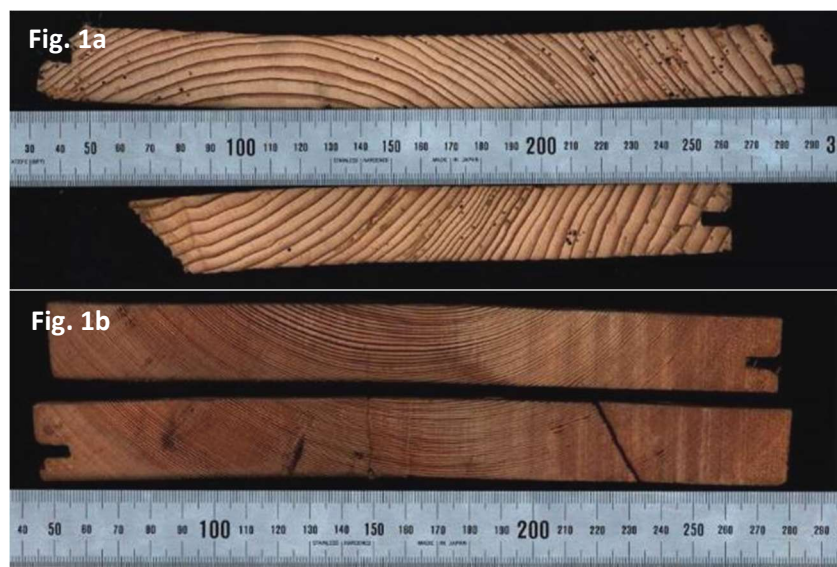


Fig. 1. Voorbeelden van de smalle zijden van planken in grove den met verschillende groeiritmen: snel ritme (brede ringen) in Fig. 1a en zeer traag ritme (zeer smalle ringen). Fig. 1b (schaal met verdeling in halve millimeters). © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

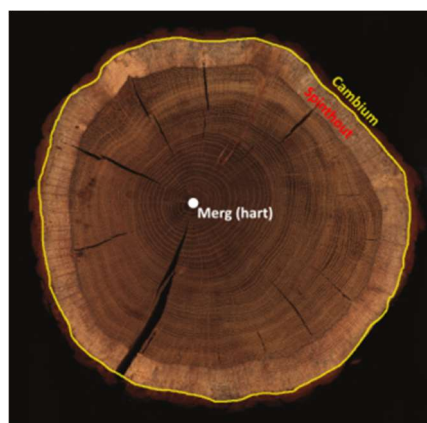


Fig. 2. Dwarsdoorsnede boomstam die is verwerkt tot niet-gekantrecht rondhout. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto

⁹ FRAITURE P., 2007.

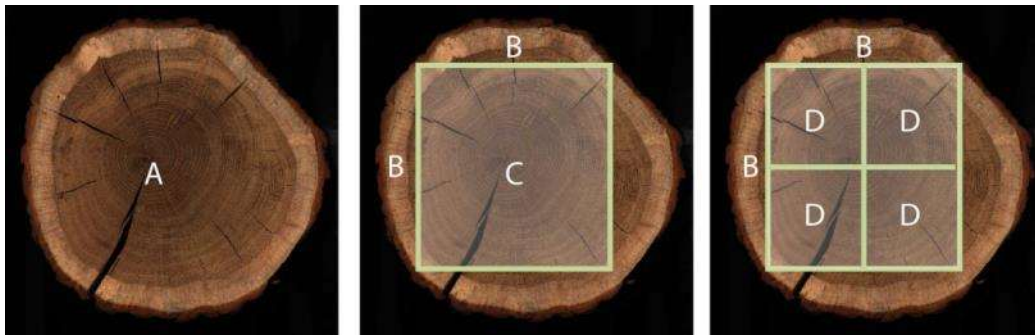


Fig. 3. Het kantrechten van rondhout (A) tot *bois-de-brin* (C) leidt tot het verlies van de dossen (B). Het *bois-de-brin* kan worden verzaagd tot *bois-de-sciage* (D). Naar PEROUSE DE MONTCLOS J.-M., 1972 (2011), *Principes d'analyse scientifique, Architecture : méthode et vocabulaire*, Ministère des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

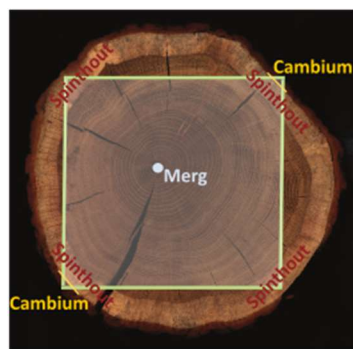


Fig 4a. Gekantrechte stam met vierkante sectie



Fig 4b. Gekantrechte stam met rechthoekige sectie

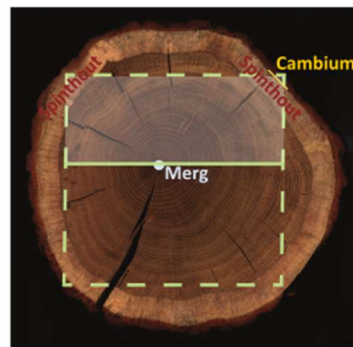


Fig 4c. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit halve stam

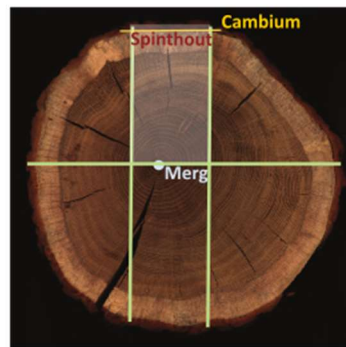


Fig 4d. Twee, drie tot vierzijdig gerechte balk uit derde uit halve stam

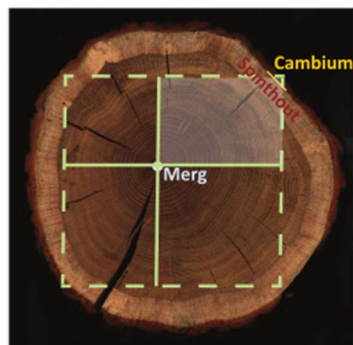


Fig 4e. Drie of vierzijdig gerechte balk uit kwart stam

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.

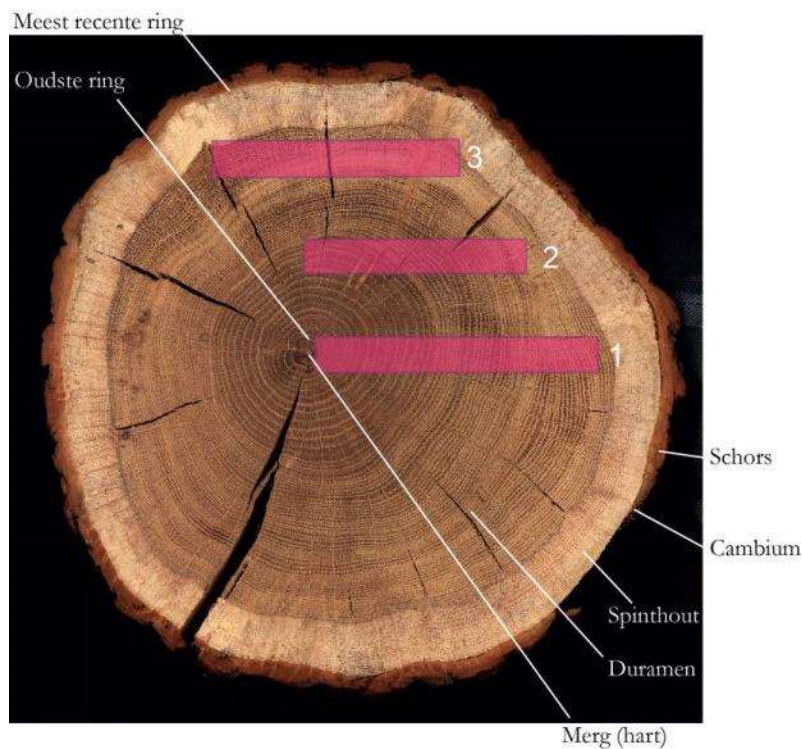


Fig. 5. Schema van de dwarsdoorsnede van een eiken stam:

- 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

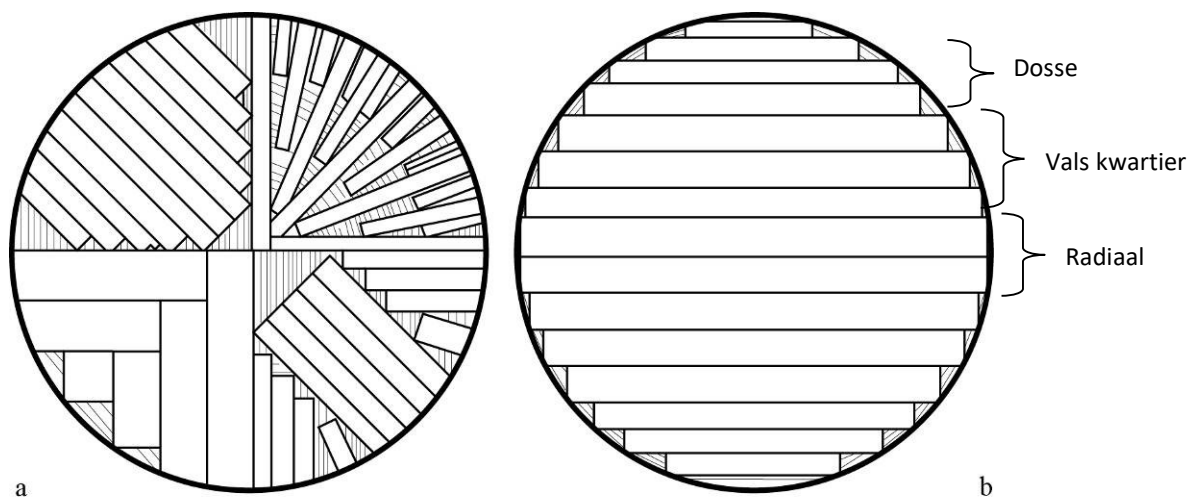


Fig. 6. Verschillende wijzen van verzaging tot planken: kwartiers (Fig. 6a)¹² en op bool (Fig. 6b). © KIK-IRPA, Brussel

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 bekomen. 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, houtsnij kunst,...).

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/zekeerheid)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 spinthout (Fig. 12).

- De aanwezigheid van het volledige spinthout biedt een kapdatum tot op het jaar nauwkeurig (A);
- Bij gedeeltelijke aanwezigheid van het spinthout kan een raming van het aantal ontbrekende ringen, op enkele jaren na nauwkeurig, worden voorgesteld op basis van gegevens rond het spinthout van bomen uit dezelfde streek en van dezelfde leeftijd als de bestudeerde bomen²⁶ (B);
- Ten slotte moet in het geval van monsters zonder enig spinthout de voorgestelde datum worden beschouwd als een *terminus post quem* voor het kappen, vermits het ontbrekende deel kernhout onmogelijk kan worden bepaald. Het bekomen resultaat betreft dus een datum vanaf dewelke de boom kan zijn gekapt, en niet het exacte kapjaar (C en D).

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

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

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

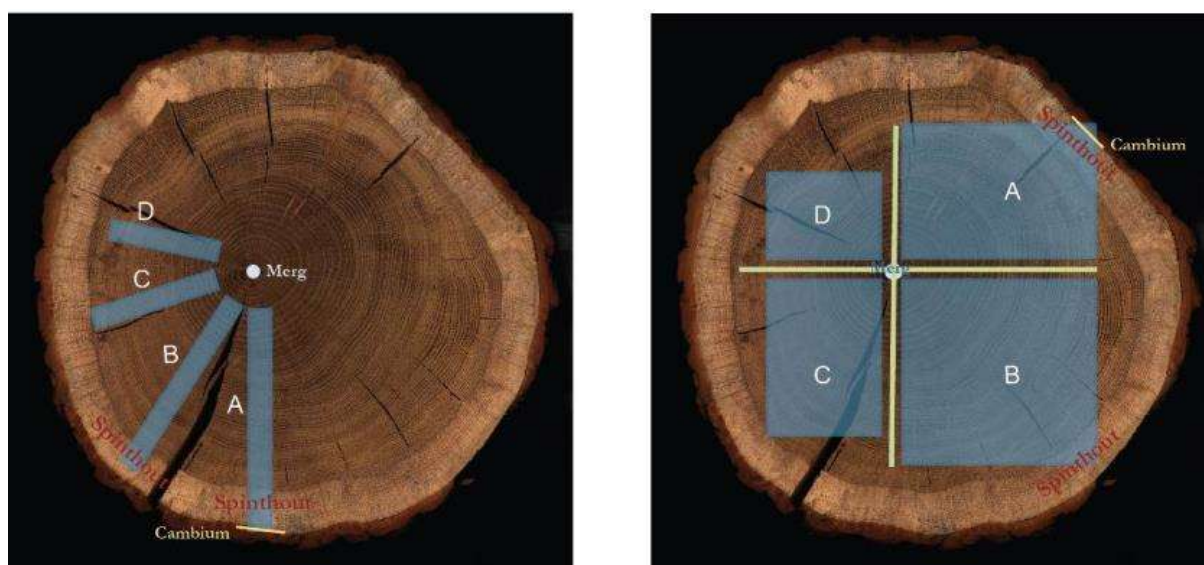


Fig. 12. De verschillende mogelijke variaties die de interpretatie van de kapdatum van de boom beïnvloeden, voor planken (links) en voor balken (rechts): stuk hout met volledig spinthout (A), met gedeeltelijk spinthout (B), zonder spinthout (in geval C ontbreekt alleen het spinthout; in geval D ontbreekt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

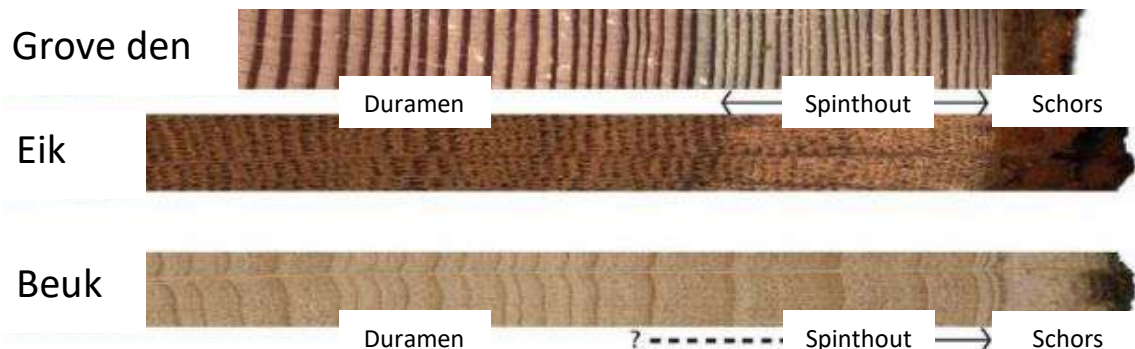


Fig. 13. Dwarsdoorsneden van eik, grove den en beuk die de verschillende anatomische structuren van de houtsoorten illustreren. © KIK-IRPA, Brussel, werkfoto



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 probabiliteit 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 probabiliteit 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 probabiliteiten 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.

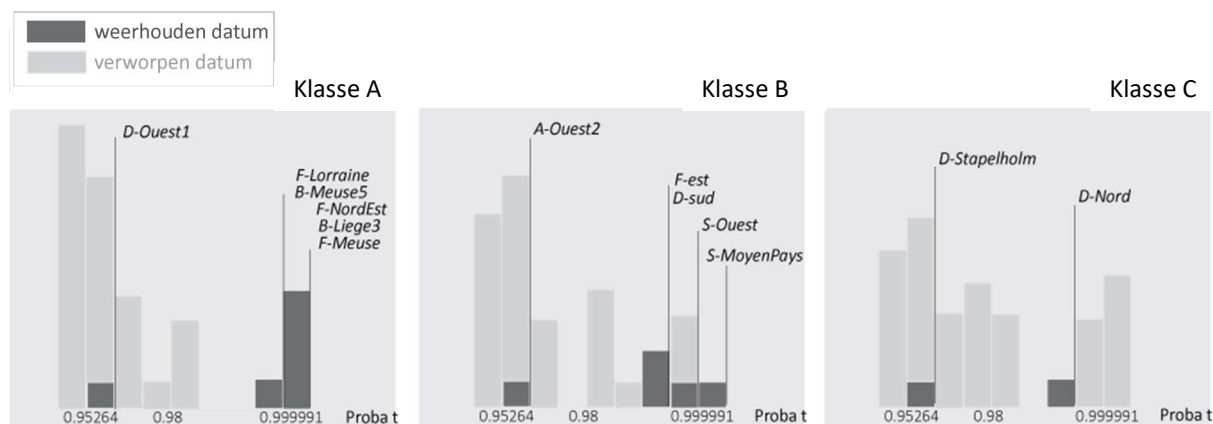


Fig. 15.1. Deze grafiek is van uitstekende kwaliteit: het weerhouden resultaat (in donkergrijs) wordt gegeven met hoge probabiliteiten (concentratie van de donkergrijze cellen rechts in de grafiek) door meerdere chronologieën; deze zijn bovendien ver verwijderd van de verworpen datums (duidelijke spreiding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

2.1 Dendrochronologische studie

2.1.1 Voorwerp van de studie

Dit hoofdstuk beschrijft het analyseproces en de resultaten van de dendrochronologische studie uitgevoerd op een houtstaal van een bekisting waterput die in 2020 werd ontdekt in Lier (projectcode 2020A446) bij archeologische opgravingen door *Studiebureau Archeologie*. Archeoloog Vanessa vander Ginst contacteerde ons voor een dendrochronologische datering van dit monster.

2.1.2 Monstername (zie punten 1.1 en 1.2)

Het element werd geleverd op 12/10/2022. Het is in eik (*Quercus* sp). De voorbereidingsfase vond plaats op 07/11/2022. De 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 2.2).

De monstername is gecodificeerd volgens het systeem van dendrochronologische datering van het laboratorium dat een nummer toekent aan de site (P837), aan gedeelten ervan (-01) en aan het object (-001).

Dendrochronologische code KIK	Code STUDIEBUREAU – Inventarisnummer	Aantal gemeten ringen	Gemiddelde ring	Aantal ringen spinhout	Cambium
P837-01-001	2020A446-S97-St10	148	1.44 mm	/	/

De groeisnelheid van de boom die de balk leverde is vrij traag³⁰. De monster bevat geen spinhout en dus geen cambium. De voorgestelde datum is dus een *terminus post quem* voor de kap van de boom (en niet het exacte jaar) (zie punt 1.4).

2.1.3 Dendrochronologische datering (zie punten 1.3 en 1.4)

De individuele reeks **P837-01-001** werd ter datering en om de herkomst van het hout te bepalen, vergeleken met onze referentieverzamelingen. Ze is gedateerd met een laatste ring in 35 (zie punt 2.3). De datering wordt verzekerd door meerdere regionale chronologieën in en rond België (zie tabellen en grafieken 2.3.1 en 2.3.2). Het ontbreken van spinhout op de houtstaal maakt het onmogelijk de kapperperiode te schatten, maar geeft een *terminus post quem* na **39 n. Chr.** (35 + 4 minimale spinhoutringen)³¹ (zie punt 1.4).

2.1.4 Interpretatie van resultaten en conclusie (zie punt 1.4)

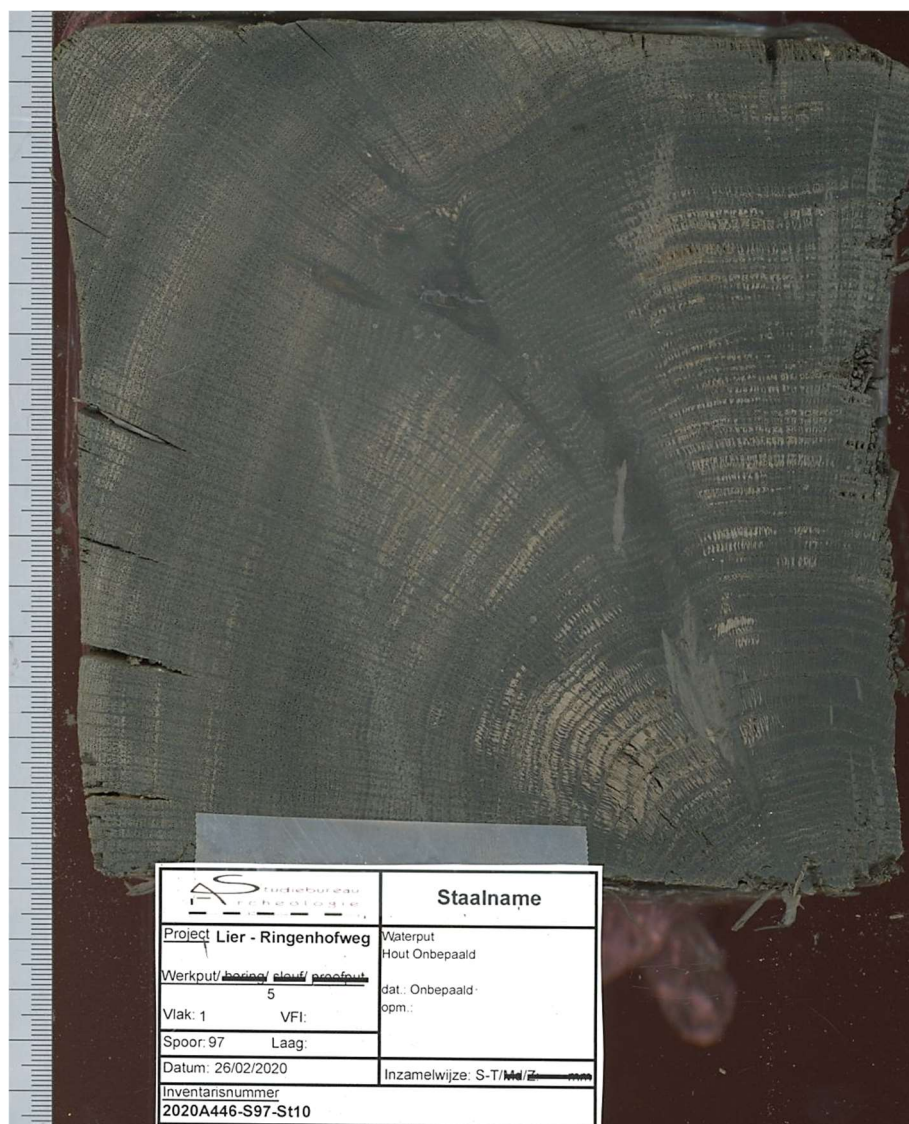
De dendrochronologische studie van de bekisting waterput ontdekt in Lier heeft resultaten opgeleverd.

Het enige houtstaal **P837-01-001** werd gedateerd. De laatste gemeten ring van deze individuele reeks dateert van 35. Het ontbreken van spinhout geeft een *terminus post quem* na **39 n. Chr.** (35 + 4 minimale spinhoutringen).

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.

2.2 Foto van het gelichte monster (Labo. Dendro 2022 © IRPA-KIK, Brussel)



P837-01-001

2.3 Dendrochronologische 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 spinthout-ringen	Cambium	Resultaat
P837-01-001	-112	35	/	/	<i>Terminus post quem na 39 n.Chr. (35+4)³²</i>

³² Deze schatting is gebaseerd op het interval van 4 tot 34 spinthoutringen 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.

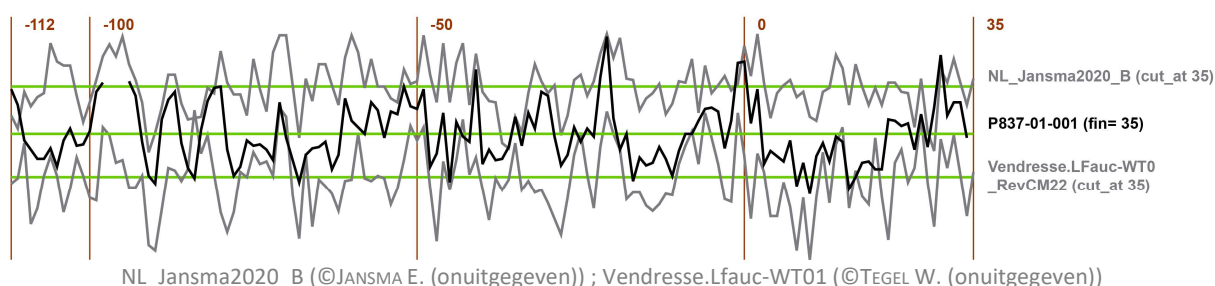
2.3.2 Grafische voorstellingen van de kwaliteit van de resultaten

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*).

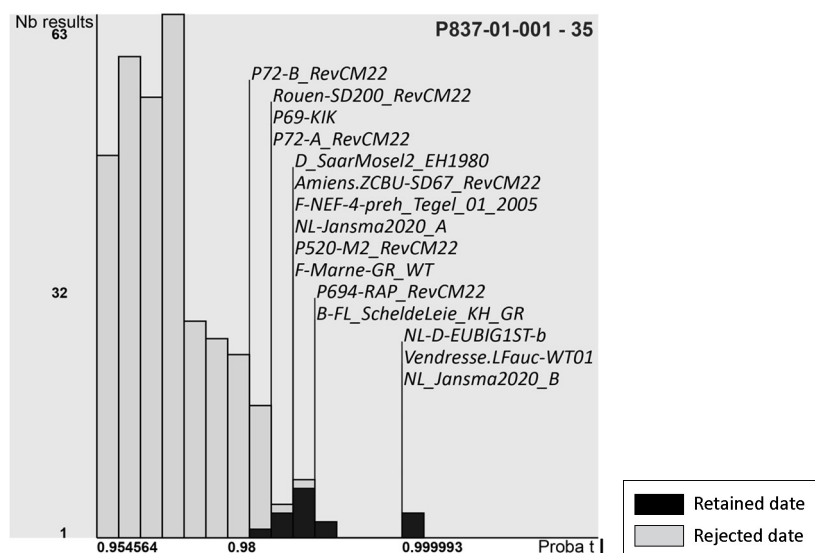
Tekening: Labo. Dendro 2022 © IRPA-KIK, Brussel

P837-01-001 (-112-35)



2.3.2.2 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 en Fig. 15.1 voor de interpretatie van dit type van grafieken. Voor het gemiddelde **P827-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 2022 © IRPA-KIK, Brussel



2.3.3 Berekeningen van het dendrochronologische reeks (zie punt 1.3)

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

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)³⁴. De weerhouden positie wordt als overtuigender beschouwd naarmate haar replicatie toeneemt op de chronologieën van de referentieverzameling.

De volgende tabellen onthullen 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.

P837-01-001 : -112 – 35 AD						
Regionale en sitechronologieën van de referentieverzameling						
<i>t</i> van <i>Student</i> *	Coeff. corr. 1	Coeff. corr. 2	Probabiliteit / zekerheid	Aantal ringen	Chronologie van de referentieverzameling	© Referentie ³⁵
7.36	0.43	0.52	0.999993	142	NL_Jansma2020_B	© JANSMA E.
6.43	0.45	0.43	0.999991	142	Vendresse.LFauc-WT01_RevCM22	© <i>DendroNet</i>
5.28	0.3	0.47	0.999963	142	B-FL_ScheldeLeie_KH_GR	© Haneca K.
5.17	0.38	0.38	0.99996	137	P694-RAP_RevCM22	© KIK-IRPA
4.68	0.33	0.37	0.99994	142	F-Marne-GR_WT	© <i>DendroNet</i>
4.62	0.32	0.37	0.999936	142	P520-M2_RevCM22	© KIK-IRPA
4.61	0.29	0.39	0.999936	142	NL-Jansma2020_A	© JANSMA E.
4.43	0.36	0.38	0.999923	108	F-NEF-4-preh_Tegel_01_2005	© <i>DendroNet</i>
4.19	0.29	0.38	0.999908	128	Amiens.ZCBU-SD67_RevCM22	© <i>ClassicOaks</i>
4.13	0.29	0.34	0.999905	142	D_SaarMosel2_EH1980	© HOLLSTEIN H., 1980
4.09	0.21	0.42	0.999902	142	P72-A_RevCM22	© KIK-IRPA
4.01	0.29	0.44	0.999858	95	P69-KIK	© KIK-IRPA

*Ter verduidelijking: de tabel bevat enkel de resultaten voor een *t* van *Student* hoger dan 4.

³³ LAMBERT G.-N., 2006.

³⁴ LAMBERT G.-N., 2006; LAMBERT G.-N., 2011; LAMBERT G.-N. *et al.*, 2010.

³⁵ 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 Wed 7 Dec 2022 13:44:33 +0100 extented_version 2013
WEST-EUROPE (BELGIUM) Vlaams Gewest (Antwerpen) Lier (Ringenhofweg)
LGT 4.553914 LAT 51.123631 ALT 7

2.3.4.1 Dendrochronologische gegevens van de ringenreeks van het monster

Gedateerde monsters

. P837-01-001

LON 148

ORI -112

TER 35

_MI 57

_MX 533.5

_AV 144.789

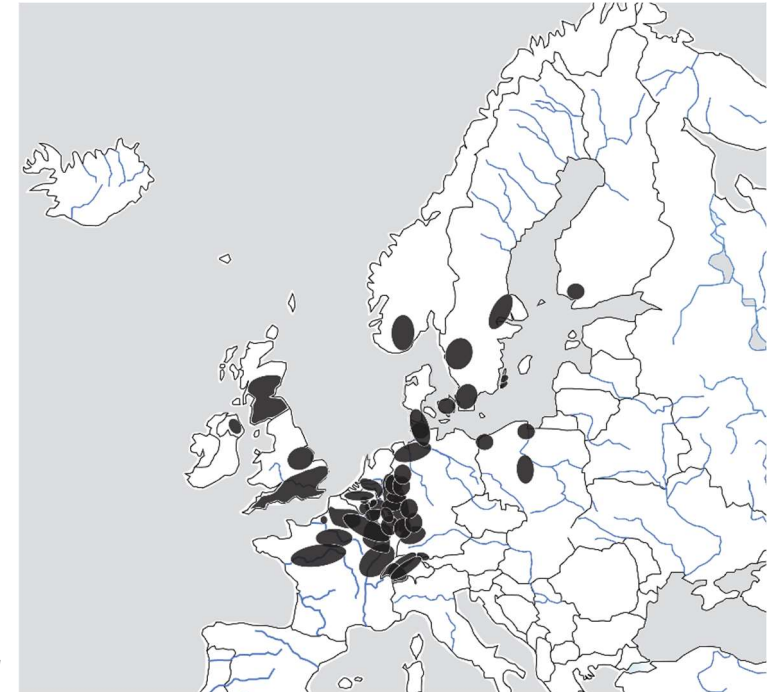
VAL Largeurs

328 285 179 157 136 140 176 131 210 252.5
200 206 228 369 455.5 533.5 431 400.5 360 275.5
194 139.5 136 241 258 259.5 185 151.5 134.5 206
249 266 264.5 171 132.5 141 180.5 173 172.5 161
145 214 166.5 138.5 105 139.5 153 151.5 151.5 121.5
132.5 207 173.5 161 153.5 187.5 172.5 137 170 164
188.5 163.5 155 168.5 90 105 138 71.5 123 112
103.5 167 83 92.5 81.5 82 94 117.5 92.5 123
105.5 138.5 131 98 72.5 81 105.5 91 102.5 96
143 178 111 88 98 67 83 78 80 90
82 71 88 99 99 108 116 117 115 90
109 148 149 107 130 79 88 85 81 95
63 79 57 83 93 79 97 93 58 66
76 76 70 69 107 105 101 102 81 108
81 112 154 104 114 114 83 , ;

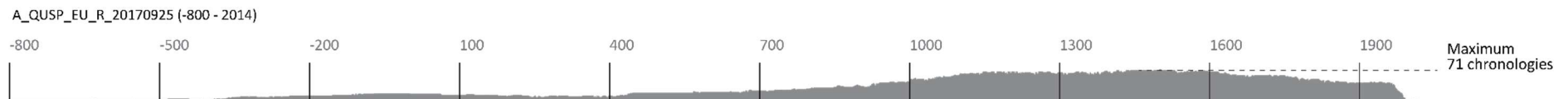
Bijlage 1: samenstelling van de referentieverzamelingen voor datering

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

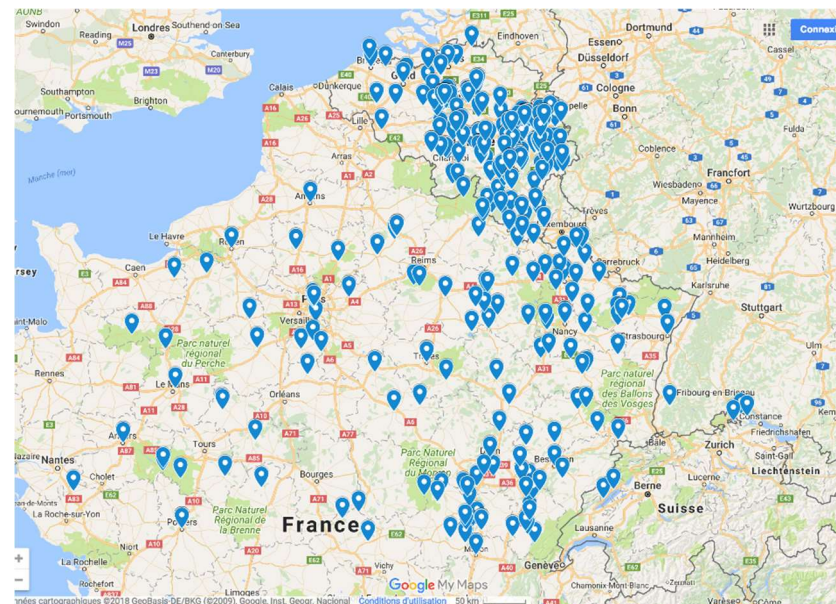


Volume (per jaar) van de referentieverzameling van chronologieën van regionale eik voor West-Europa (voor de periode 800 v.Chr. – 2014 n.Chr.). Labo dendro, 2017 © KIK-IRPA, Brussel

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

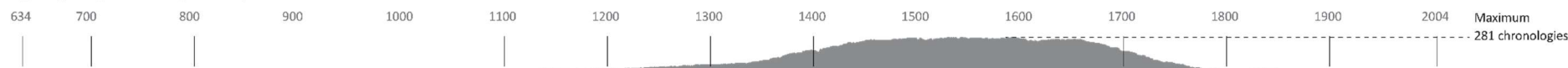
Deze referentieverzameling telt ongeveer 1000 chronologieën (interval 634-2004 n.Chr.) die afkomstig zijn van hoofdzakelijk Belgische sites en het uiterste Oosten van Frankrijk en enkele aangrenzende regio's. Het is samengesteld uit chronologieën afkomstig van archeologisch en artistiek materiaal, opgebouwd 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

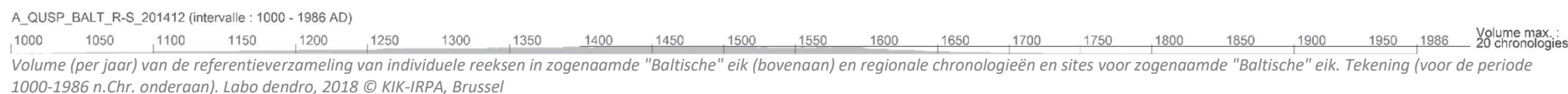
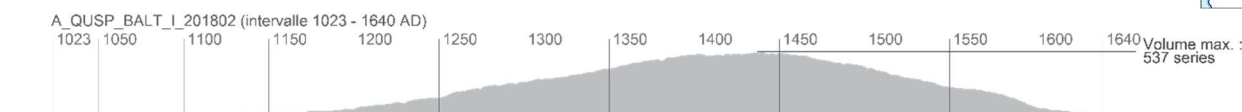
1.3. Eik: regionale chronologieën, sites en individuele reeksen, regio's van het zuiden van de Oostzee (code réf. : A_QUSP_BALT_R-S_201412 et A_QUSP_BALT_I_201809)

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 Rusland³⁶. Vele historische bronnen getuigen van de aanzienlijke export van Noordoostelijke eiken naar de vroegere Nederlanden in de 14^e eeuw, via de Baltische havens.³⁷ 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.³⁸ Het was in grote hoeveelheden verkrijgbaar en had mechanische eigenschappen die bijzonder geschikt zijn voor het verkrijgen van hoogwaardige planken.³⁹

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; infographie: VAN DER SLOOT E. voor FRAITURE P., 2007)



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

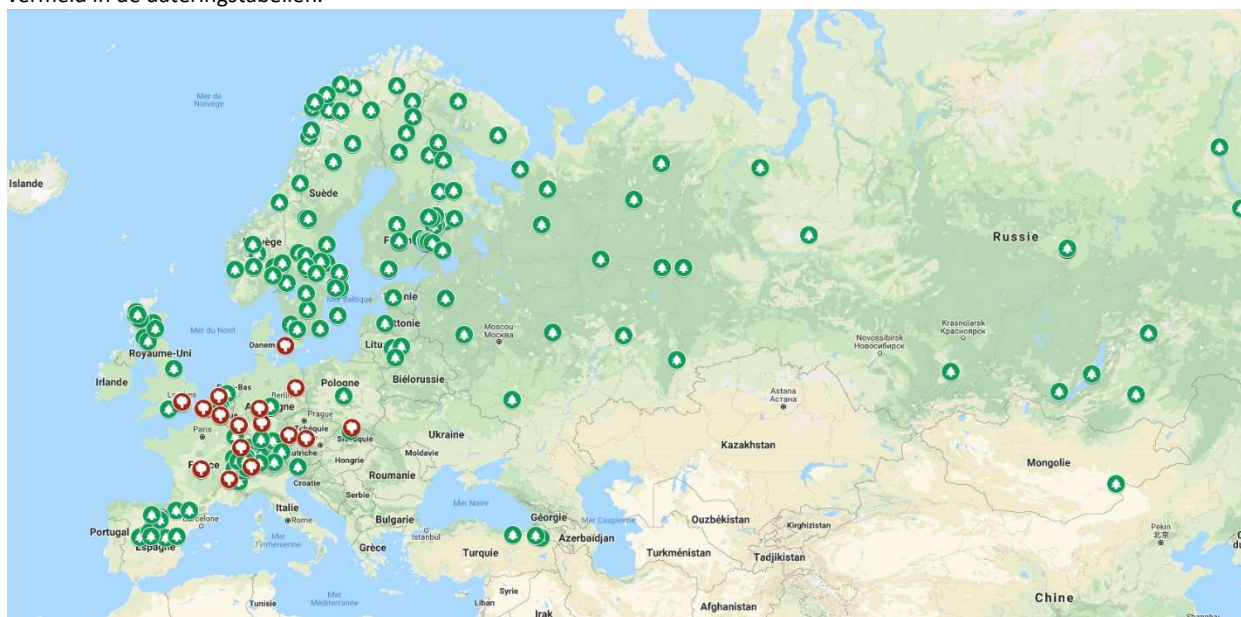
³⁷ Zie, bijvoorbeeld, BAILLIE M. G. L., 1984; TOSSAVAINEN J., 1994; ZUNDE M., 1998-1999.

³⁸ 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.

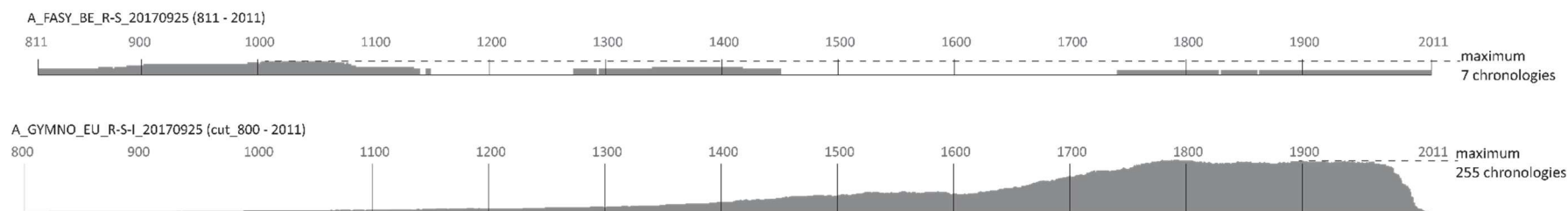
³⁹ Het barre klimaat in deze regio's zorgt voor langzaam groeiende bomen, die zacht hout produceren dat weinig gevoelig is voor vervorming. Bovendien zorgt de competitiviteit tussen de individuen in deze dichte bossen voor een rechte groei van eiken, een waardevolle eigenschap voor de productie van lange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



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

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, Dantzic, 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 DENEFFE D., PETERS F. & FREMOUT W., *Pre-Eyckian Panel Painting in the Low Countries*, 1. *Catalogue* (Contributions to Fifteenth-Century Painting in the Southern Netherlands and the Principality of Liège), Brussel (Stroo Cyriel & Vanwijnsberghe Dominique eds), p. 47–69.
- FRAITURE P., 2009b. Contribution of dendrochronology to understanding of wood procurement sources for panel paintings in the former Southern Netherlands from 1450 to 1650, *Dendrochronologia* 27, p. 95–111.
- FRAITURE P., CREMER S., WEITZ A., 2014. *Planches de sépultures, Grand Place, Nivelles (Brabant wallon). Rapport d'analyse dendrochronologique*, P515 (N° dossier IRPA 2012.11766).
- GIRARD-CLOS O., 1999. *Dendrochronologie du Chêne (Quercus petraeae, Quercus robur), influences des facteurs stationnels et climatiques sur la croissance radiale, cas de sols hydromorphes et des climats atlantiques. Applications paléo-écologiques aux bois subfossiles du marais de Brière (Loire-Atlantique)*, Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, 377 p. et annexes.
- GROVES C., 1992. *Dendrochronological analysis of timbers from New Baxtergate, Grimsby, Humberside*, 1986, Anc Mon Lab Rep, 8/92.
- GROVES C., 2004. Dendrochronological Analysis of Timbers from Bowhill. The Archaeological Study of a Building under Repair in Exeter, in: BLAYLOCK S. R., *Devon 1977-95* (Exeter Archaeology Report Series 5), p. 243-267.
- HILLAM J. & TYERS I., 1995. Reliability and Repeatability in Dendrochronological Analysis: Tests using the Fletcher Archive of Panel-Painting Data, *Archaeometry* 37-2, p. 395-405.
- HOFFSUMMER P., 1995. *Les charpentes de toitures en Wallonie, typologie et dendrochronologie*, coll. Études et documents (Monuments et sites) 1, Ministère de la Région wallonne, Liège et Namur, 173 p.
- HOFFSUMMER P. (dir), 2002. *Les charpentes du XI^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.

- HOUBRECHTS D., 2005. *Le logis en pan-de-bois à Liège et dans les villes du bassin de la Meuse moyenne (1450-1650) : approches archéologique et dendrochronologique*, Thèse de doctorat, Université de Liège, 284 p.
- HOUBRECHTS D., 2008a. *Le logis en pan-de-bois dans les villes du bassin de la Meuse moyenne (1450-1650)* (Dossiers de la Commission Royale des Monuments, Sites et Fouilles 12), Liège, 314 p.
- HOUBRECHTS D., 2008b. Villes et pans-de-bois, *Carnets du Patrimoine* 44, 32 p.
- HUNOT J.-Y., 2001. *L'évolution de la charpente de comble en Anjou, du XII^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.