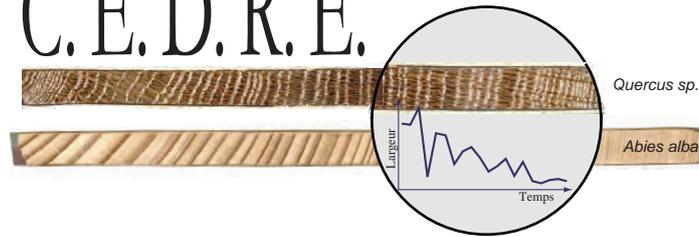


C. E. D. R. E.



Datation par dendrochronologie :
maison 6 rue Cayssac,
Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne)

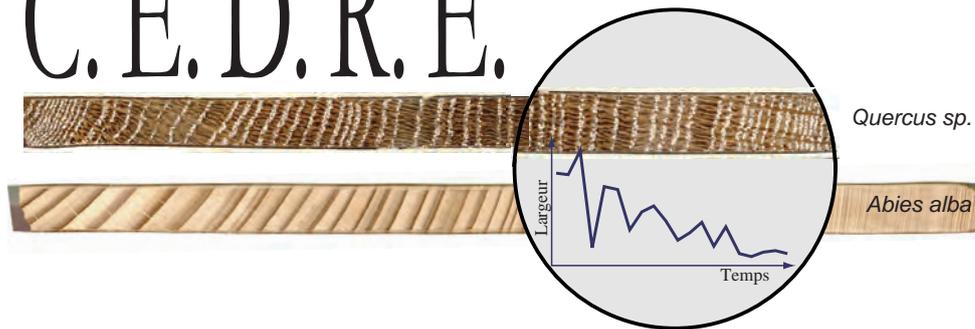


Programme de dendrochronologie en Midi-Pyrénées 2008-2010

Région Midi-Pyrénées, Service de la connaissance du patrimoine

Besançon - Juin 2011

C. E. D. R. E.



Datation par dendrochronologie : maison 6 rue Cayssac, Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne)

Christophe Perrault

12 av. de Chardonnet
25 000 Besançon
03 81 40 19 06
cedre.perrault@wanadoo.fr

Etude financée par la Région Midi-Pyrénées

- Datation dendrochronologique >

- Principes >



Photo 1 (Lavier) : Prélèvement à la tarière électrique



Photo 2 : Prélèvement d'un arbre vivant

La datation d'une structure en bois dans un bâtiment, photo 3, ou dans une fouille archéologique, ou de mobilier requiert la collecte d'un ensemble d'échantillons. Le lot constitué doit permettre aux résultats obtenus par des méthodes statistiques d'être représentatifs des structures étudiées. Si plusieurs

phases de travaux sont supposées dans un édifice, il est indispensable de prévoir des sous-ensembles de prélèvements représentant chaque phase.

L'analyse porte sur la croissance radiale des arbres utilisés (Photo 2). La datation se rapporte donc à leur abattage et non pas directement à leur mise en oeuvre. Les décalages observés entre abattage et emploi restent minimes et permettent parfois de nourrir des hypothèses quant au mode d'approvisionnement du chantier (Hoffsummer, 1989; Wrobel *et al.*, 1993).



Photo 3 : vue de la charpente de la Sainte Chapelle de Riom (63)

Dans des structures détruites, les prélèvements sont effectués par tronçonnage. Dans une charpente en place, des carottes sont extraites à l'aide d'une tarière électrique (Photo 1). Le dommage occasionné reste limité à un orifice de la taille d'un trou de cheville. Les contraintes mécaniques de la poutre ne sont pas modifiées. L'aspect esthétique peut toutefois nécessiter de reboucher le trou, mais cette opération doit respecter certaines contraintes. Les échantillons sont surfacés pour faciliter la mesure des largeurs de cernes (Photo 4). Pour le mobilier, des techniques spécifiques sont utilisées.



Photo 4 : préparation des échantillons

Etapes de la datation dendrochronologique : Acquisition des données et principe de l'étalonnage

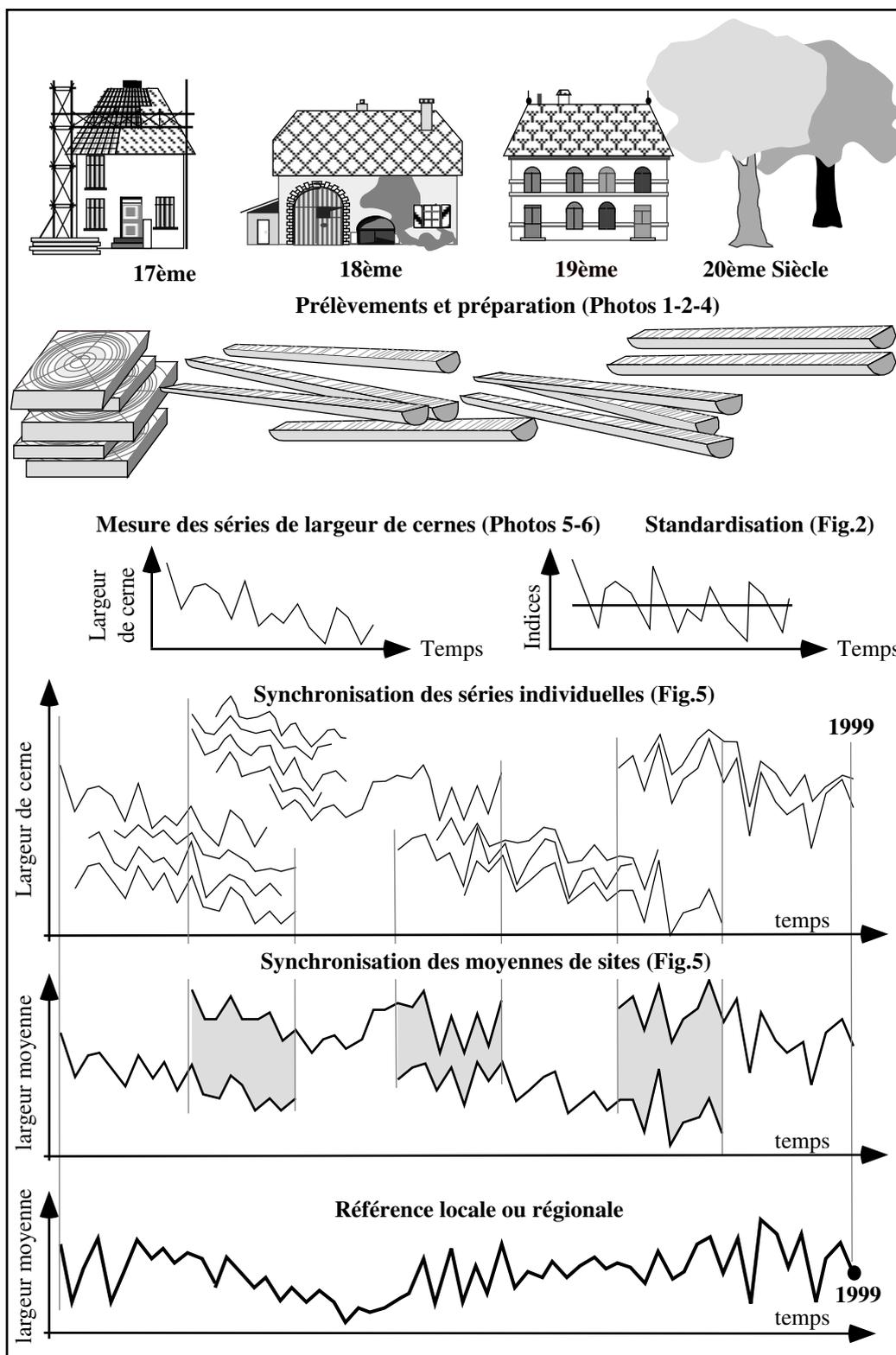


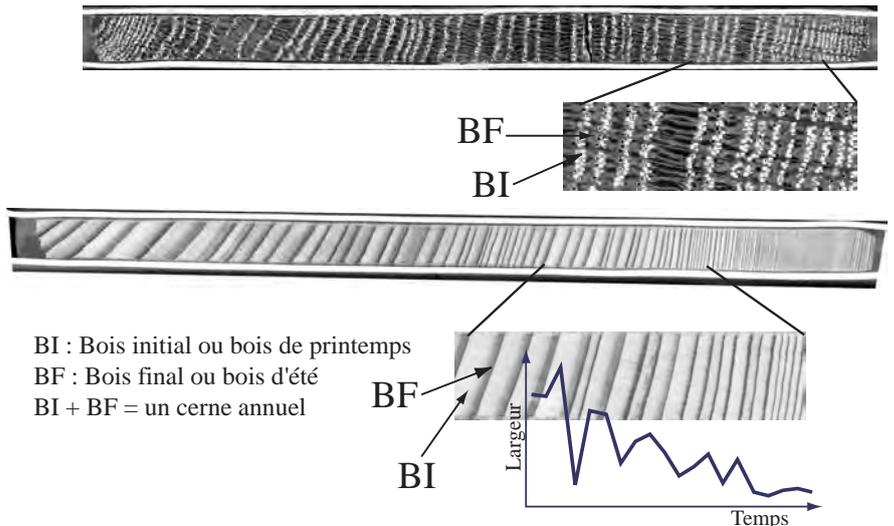
Figure 1 : Principe de l'étalonnage du temps par la dendrochronologie (d'après Lambert, 1998)



Photo 6 : chaîne d'acquisition des données

Les largeurs de cernes sont mesurées en centième de millimètre à l'aide d'un système optique et informatique, puis les séries sont transformées sous forme de graphiques en fonction du temps (Photo 5 et 6).

La datation ne peut pas être effectuée directement avec des largeurs de cernes. Les tests statistiques sont réalisés soit à partir du sens de la variation interannuelle (cf. test de Eckstein Figure 4), soit à partir des données standardisées.



BI : Bois initial ou bois de printemps
 BF : Bois final ou bois d'été
 BI + BF = un cerne annuel

Photo 5 : mesure des largeurs de cerne d'un Chêne et d'un Sapin

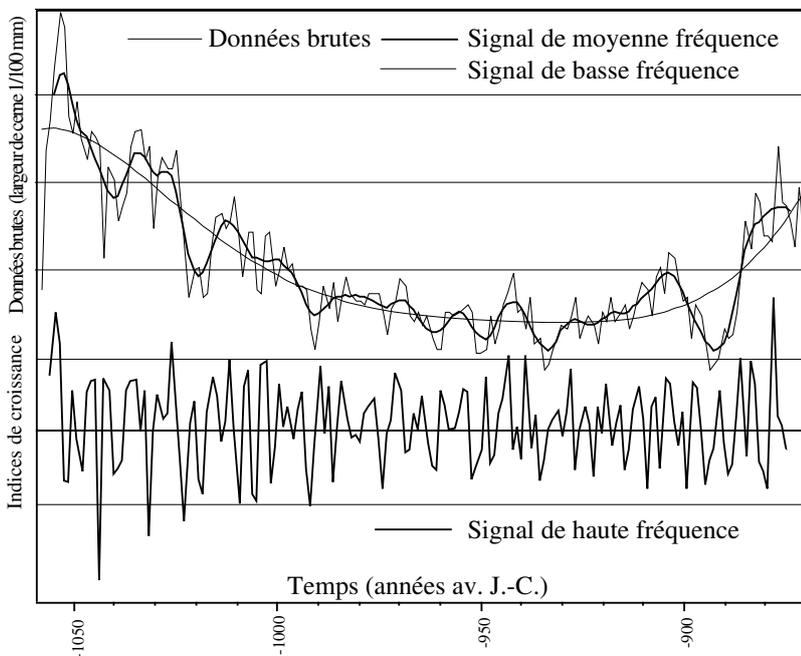


Figure 2 : standardisation des données brutes

L'anatomie du bois est différente selon les espèces. Le cerne annuel du Chêne est composé d'une assise de gros vaisseaux élaborés au printemps (bois initial) et d'une zone essentiellement fibreuse produite en été (bois final). Celui de Sapin est constitué d'un seul type de cellules, les trachéides, dont l'épaisseur et la densité augmentent au cours de l'année (Photo 5).

Les séries de largeurs de cernes présentent des variations de basse, moyenne et haute fréquence (Figure 2). Les premières sont principalement liées au vieillissement de l'arbre. Les variations de l'ordre de 10 à 30 ans ont un déterminisme plus complexe, elles peuvent être liées à des pratiques sylvicoles, aux ravages d'insectes ou au climat... Le signal de haute fréquence est le seul permettant de dater à l'année près. La standardisation a donc comme objectif d'amortir les autres influences, elle transforme les données brutes en séries d'indices stationnaires. En routine, l'indice *Except* (Lambert et Lavier 1992, Guibal *et al.* 1991) est utilisé pour les datations.

Etapes de la datation dendrochronologique : Traitement des données et présentation des résultats

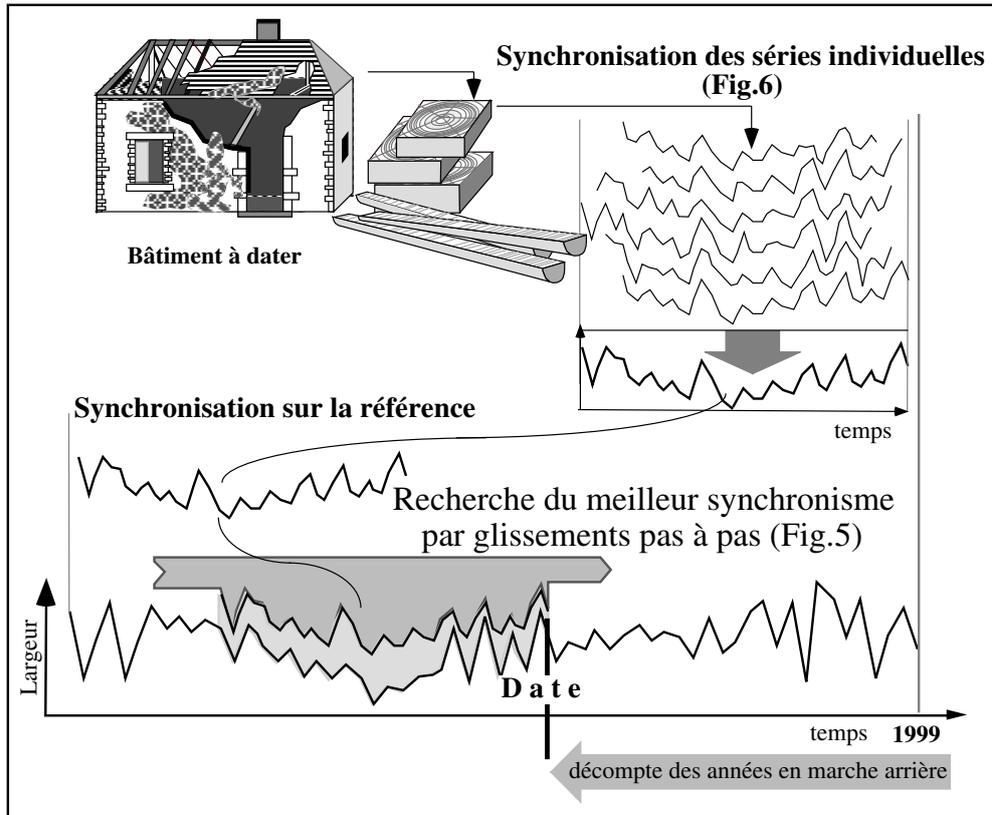
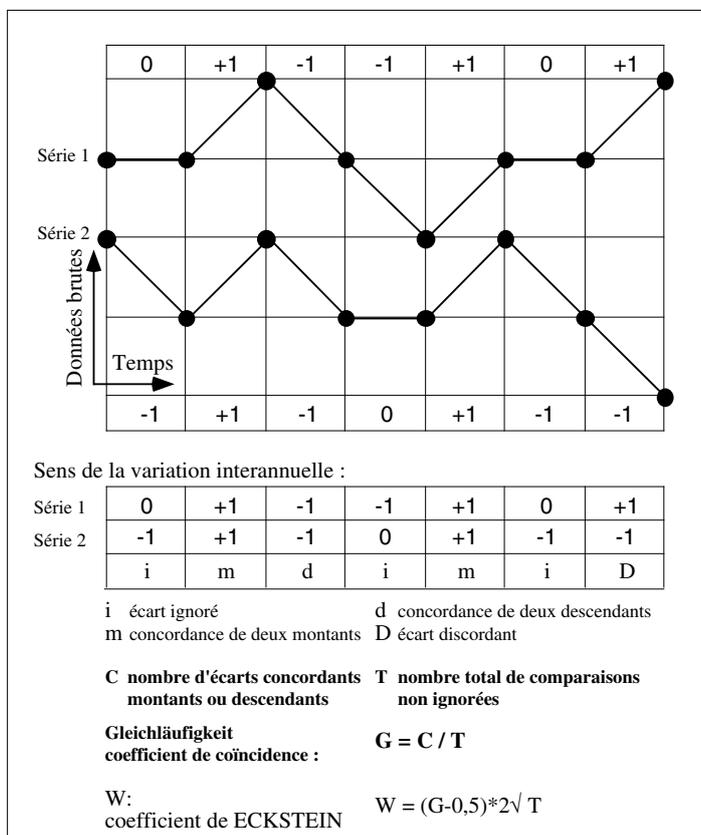
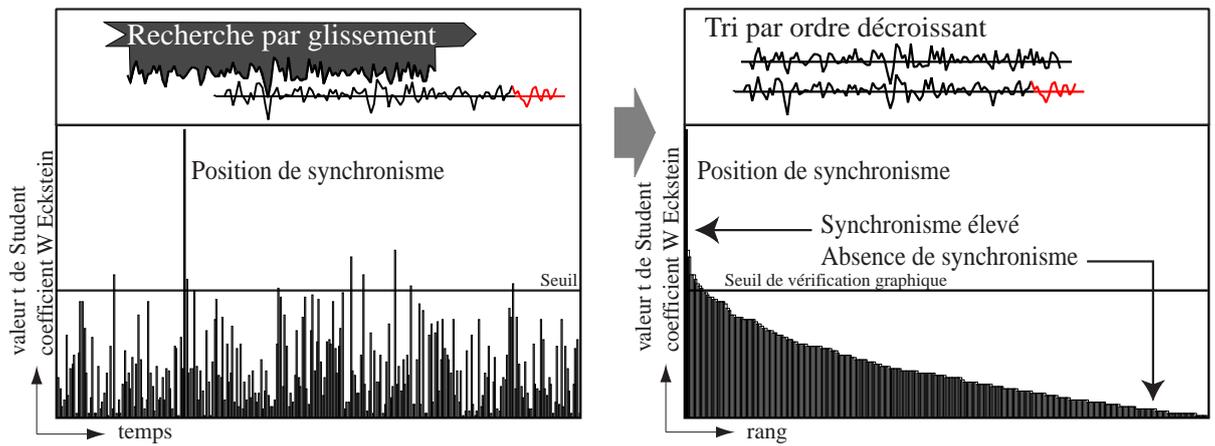


Figure 3 : datation sur un référentiel (d'après Lambert, 1998)



La synchronisation est réalisée par glissement de pas annuel d'une série sur l'autre. Deux tests statistiques permettent de quantifier la qualité du synchronisme pour chaque position. Le test de Eckstein est basé sur la concordance des écarts interannuels (Figure 4). Après standardisation des données, les séries d'indices peuvent être comparées par le coefficient de corrélation dont la fiabilité est estimée par un test de Student. Les meilleures valeurs proposées par ces tests statistiques sont vérifiées graphiquement. La décision de sélectionner une des propositions relève de la responsabilité de l'opérateur. La justification de ce choix est donc indispensable (Figure 5).

Figure 4 : test de Eckstein (1969)



Présentation des résultats

La recherche par glissement produit une série de valeurs parmi lesquelles une seule doit être jugée exceptionnelle pour que la datation soit validée. Le risque associé à cette datation est directement fonction de la dispersion de la valeur choisie par rapport aux autres propositions. Sur la figure de présentation des résultats cette valeur se trouve d'autant rejetée d'un côté de l'axe que le risque d'erreur est faible.

La datation de la moyenne de site est réalisée sur plusieurs références régionales et locales. La comparaison de l'ensemble des résultats permet de définir globalement la qualité de la datation.

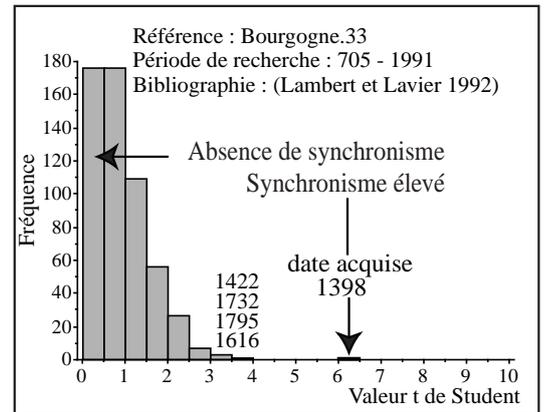


Figure 5

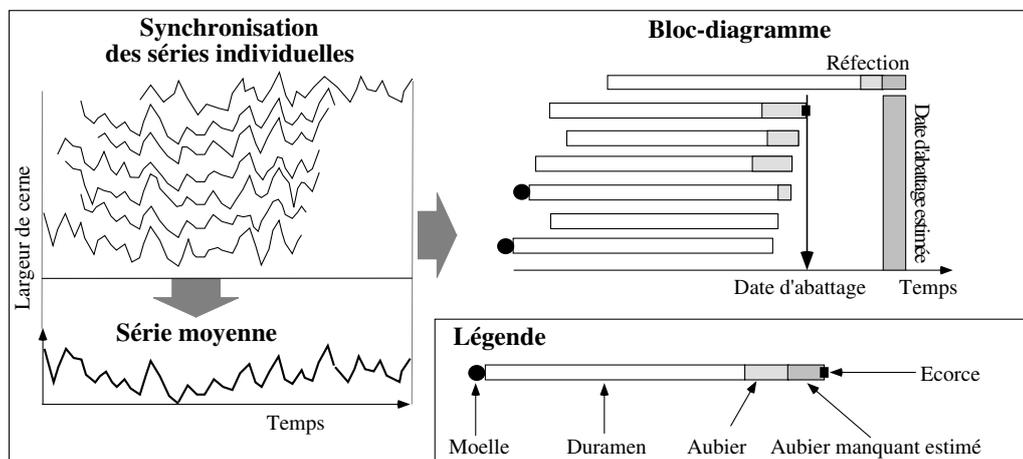


Figure 6 : constitution du bloc - diagramme

Le bloc-diagramme est élaboré à partir des séries individuelles synchronisées. Il permet de visualiser les phases d'abattage des arbres représentés par le lot d'échantillons. La date est précise à l'année près lorsque l'écorce est observable. Si la pièce de bois a été équarrie, une partie des cernes périphériques est détruite. La date d'abattage doit être estimée. Ceci est possible si quelques cernes d'aubier (partie externe du bois assurant le transport de la sève brute) sont conservés. En effet, il est généralement admis que l'aubier des chênes comporte entre 2 et 40 cernes (Lambert 1996). Si la taille a totalement détruit ce tissu, seule une date *post-quem* peut être déterminée.

Matériel analysé

CONTEXTE

L'édifice étudié comprend deux corps de bâtiments (figure 1) très en retrait de la rue Cayssac (au n° 6), à Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne) :

- Un corps principal sur deux étages (A), à fonction d'habitation. L'accès se fait depuis la rue par une porte en arc brisé débouchant sur un passage abrité contenant un escalier extérieur. La vocation du rez-de-chaussée reste indéterminée.

- Un second corps en équerre (B), plus au nord, qui s'élève sur deux niveaux au-dessus d'un porche.

Cet édifice a fait l'objet d'un inventaire archéologique en 1989, suite à des travaux réalisés l'année précédente. Son intérêt réside dans les éléments architecturaux et les décors peints bien conservés :

- Corps A, 1er étage : deux fenêtres à baies géminées et à écoinçon ouvertes dans le mur nord de la pièce. Ces baies sont couvertes par un arc brisé et séparées par une colonnette à chapiteau sculpté de feuillages (photo 1 à 4).

- Corps A, 2e étage : une cloison à pan-de-bois partiellement recouverte d'un enduit médiéval à faux-appareil rouge (infra, photo 17), qui divise le second étage en deux pièces.

- Corps B, 1er étage : des peintures murales sur les deux murs nord et est, à décor d'arabesques tracées en noir sur fonds géométriques jaunes, rouges ou noirs (photo 5). D'autres décors lacunaires sont repérés (photo 6).

Ces éléments stylistiques rattachés dans un premier temps au XIVe siècle sont maintenant attribués au XIIIe siècle. La présente étude a donc pour objectif de dater par dendrochronologie les structures en bois (des plafonds) qui leur sont associées, afin de mieux cibler la date construction de l'édifice.

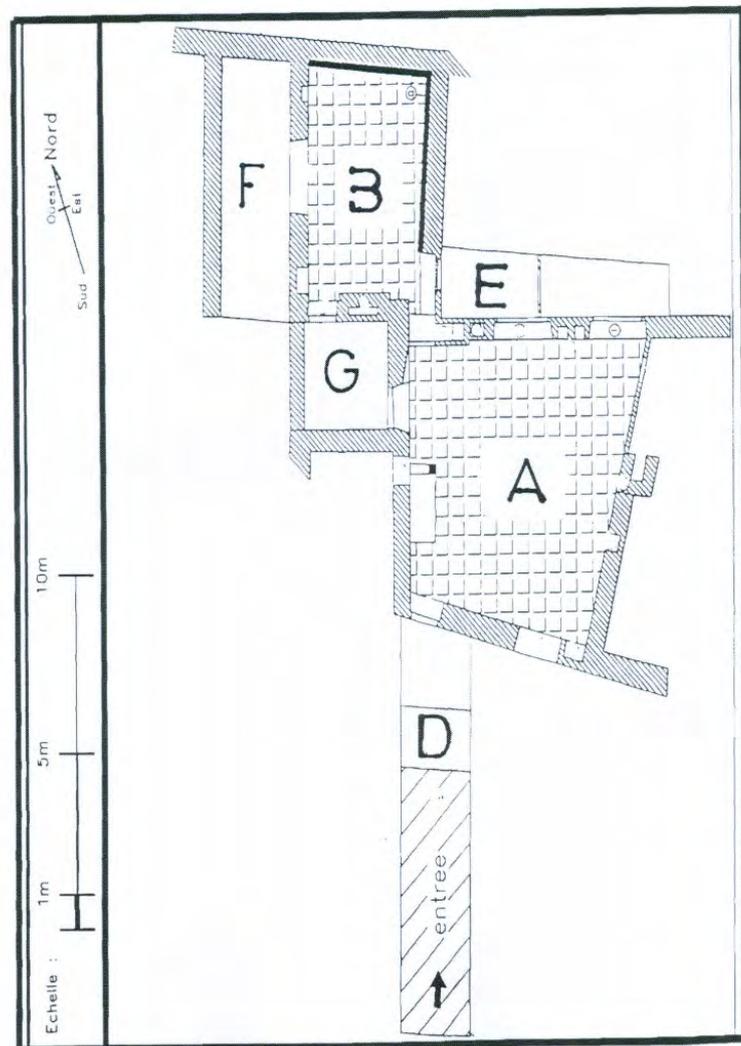


Photo 1 (en haut) : Baies géminées du corps de bâtiment A.
Photo 2 (au centre, à gauche) : chapiteau sculpté de la colonnette de la baie géminée est.
Photo 3 (au centre, à droite) : chapiteau sculpté de la colonnette de séparation de la baie ouest.
Photo 4 (en bas, à gauche) : Détail de la base d'une colonnette.

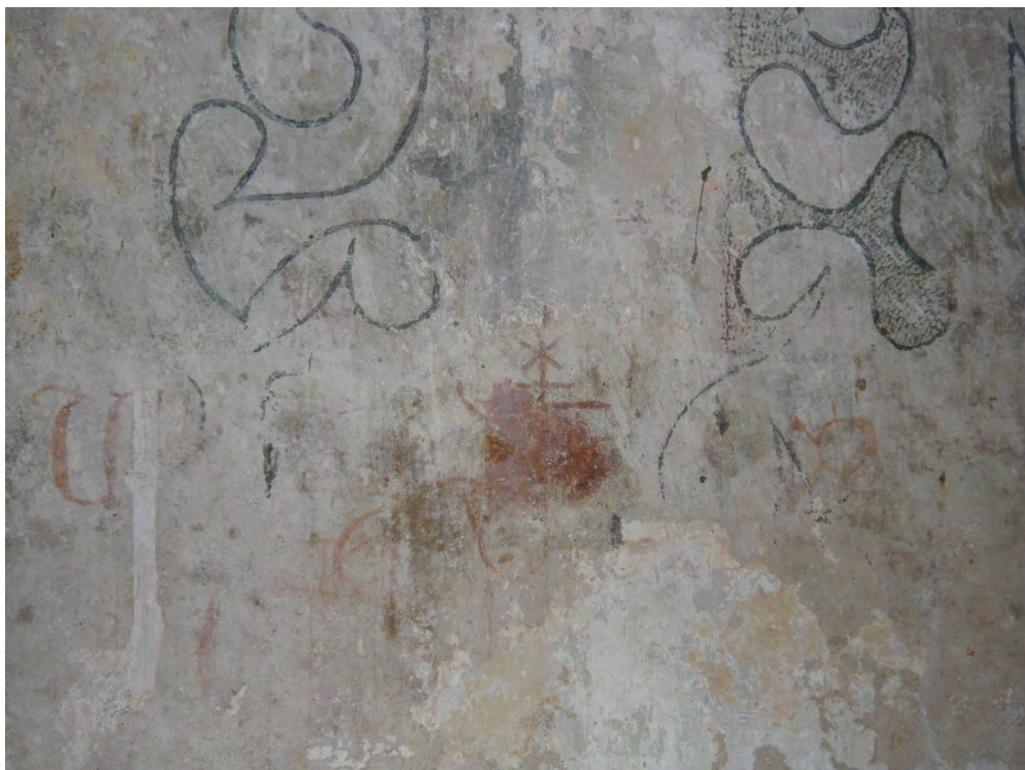
82. SAINT-ANTONIN-NOBLE-VAL, Rue Cayssac
MAISON (N° 1)

Figure 1 : Plan schématique au 1er étage, avant travaux, par Mr le Maréchal (propriétaire)

- A - Corps principal.
- B - Corps en équerre (contenant les peintures murales au 1^{er} étage).
- D - Passage contenant l'escalier extérieur en pierre commandant l'habitation au 1^{er} étage.
- E - Ancienne impasse, aujourd'hui petite cour fermée par la maison côté place.
- F - Petite cour latérale où se trouve aussi des accès vers les maisons voisines au nord et à l'ouest.
- G - Petite cour.



Rue Cayssac



*Photo 5 (en haut) : Peintures murales du mur est du 1er étage du corps B.
Photo 6 (en bas) : Détails du décor.*

APPROCHE DESCRIPTIVE DES STRUCTURES ÉTUDIÉES

1 - Corps A

Niveau 1

Le plafond de cette grande salle (figure 2) comprend :

- Une poutre maîtresse (photo 7) orientée approximativement est-ouest qui repose, par l'intermédiaire d'une semelle, sur un pilier excentré vers l'ouest (photo 10 et 11), à proximité de l'escalier.

La poutre est de très forte section (37 par 26 cm) avec une retombée importante pour s'opposer au fléchissement des solives, également de forte section (environ 35 par 20 cm). Plusieurs indices montrent qu'elle n'a jamais été ancrée dans le mur ouest : absence de saignée dans ce mur, absence d'aisselier ou de mortaise dans la face ouest du pilier de soutènement suggérant que la poutre n'est pas retaillée dans un second temps... La présence de l'escalier pourrait alors expliquer cette disposition singulière.

Au contraire de la poutre, le pilier est orné de chanfreins arrêtés par un congé, alors que les extrémités de la semelle sont taillées.

Le pilier est également agrémenté d'orifices carrés, deux par face, sous de profondes entailles faisant penser à un passage pour un cordage (photo 11), dont la fonction reste inconnue à ce jour.

- Un jeu de huit solives de plus de huit mètres de portée, qui prend appui au centre sur la poutre maîtresse (photo 7) et qui repose à chaque extrémité sur une poutre de rive (photo 8) à l'aspect de madrier (section rectangulaire très prononcée disposée à plat).

Les deux solives à l'ouest et au nord sont de section plus faible. La seconde depuis l'ouest présente une mortaise orpheline en sous-face (peut-être pour le tenon d'un aisselier assemblé en pied à la face nord du pilier) et une série d'encoches à mi-bois sur la face ouest (photo 9), probablement destinées à recevoir des montants d'une cloison qui délimiteraient une cage d'escalier.

- Deux poutres de rive partiellement conservées et portées par des corbeaux scellés dans les murs nord (photo 8) et sud.

Des planches sont clouées sur deux solives consécutives (photo 12). Elles sont assemblées entre elles par un système de languettes qui se recouvrent (figure 2). Les couvre-joints à la jointure des planches ne sont alors plus indispensables.

Ces planches sont piquées sur toute la surface (photo 14) et sont particulièrement usées sur la face supérieure (photo 12). Elles présentent la particularité d'être débitées sur le diamètre (photo 13), peut-être par clivage d'une bille à l'aide d'une hache comme c'est le cas dans plusieurs édifices médiévaux, notamment pour la cave de la maison sise au 71 rue du Cheval Blanc, à Cahors (Lot). Toutefois, les traces d'outils ne sont plus visibles, notamment sur le dos très érodé des planches, pour restituer l'intégralité du procédé de mise en oeuvre.



Photo 7 (en haut, à gauche) : Vue du plafond du 1er étage du corps A depuis le nord.

Photo 8 (au centre, à gauche) : Solives posées sur la poutre de rive nord.

Photo 9 (au centre, à droite) : Encoches sur la face ouest de la 2e solive ouest.

Photo 10 (en bas, à gauche) : Extrémité ouest de la poutre maîtresse posée sur une semelle et un pilier.

Photo 11 (en bas, à droite) : Détail du pilier, vue depuis le sud-est.

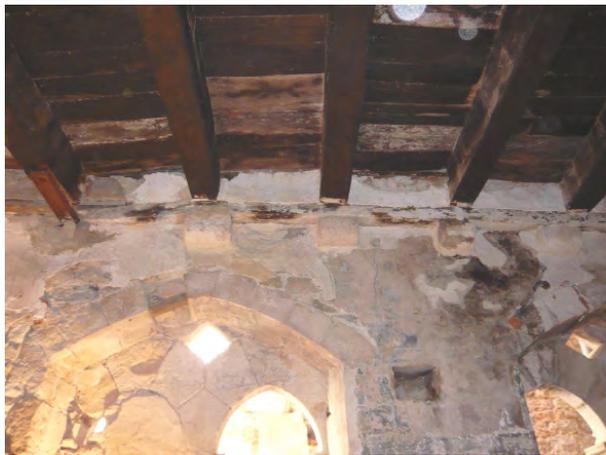
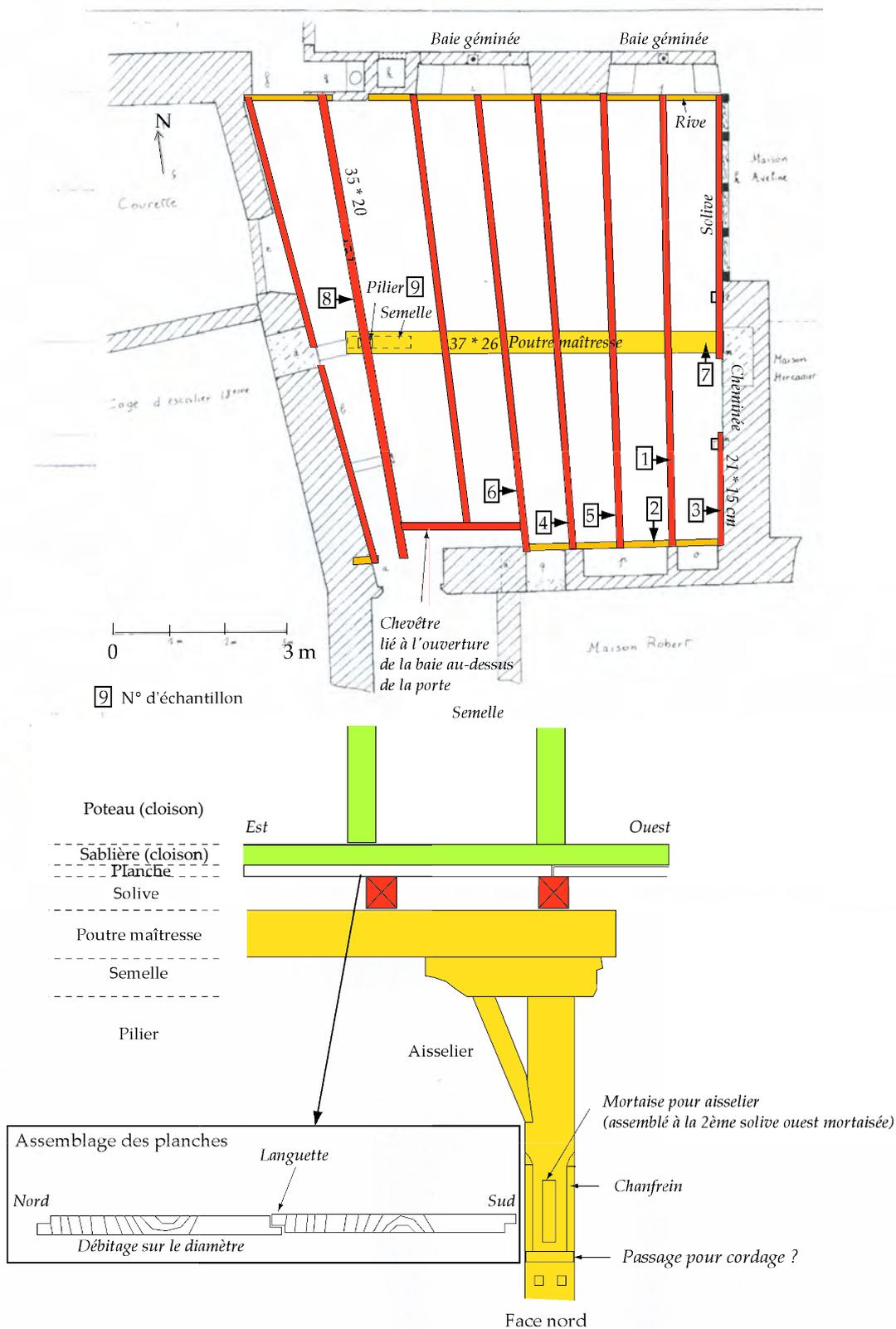


Figure 2 : En haut, plafond du rez-de-chaussée du corps A, avec localisation des échantillons (fonds de plan schématique de Mr Le maréchal) et en bas, coupe de principe au niveau du pilier et mode d'assemblage des planches du plancher du 2e niveau.

Corps A, 1er étage, plafond (plan schématique)



L'ensemble des éléments du plafond provient de billes de chênes simplement équarries à la hache et à la doloire sur les quatre faces (les traces d'outils conservées sont rares). L'équarrissage a laissé çà et là quelques bandes d'aubier (flaches), les billes n'étant pas parfaitement rectilignes sur toute la longueur. Cet aubier est très largement prospecté par les galeries d'insectes, au contraire du bois de coeur, en bon état de conservation.



Photo 12 (en haut, à gauche) : Plancher du 2e étage du corps A, salle sud.
Photo 13 (en haut, à droite) : Tranche d'une planche, avec fente sur le dessus indiquant la présence du coeur dans le prolongement.
Photo 14 : Languette d'une planche.

Niveau 2

Le second niveau du corps A est divisé en deux salles par une cloison à pan-de-bois orientée est-ouest.

Cloison

Cette cloison comprend une série de poteaux en chêne, assemblés à tenon et mortaise en pied et en tête à une sablière (figures 2 et 3, photo 15), mais a priori pas de système de décharges obliques relayées par des tournisses. L'enduit couvrant une grande partie de la cloison ne permet toutefois pas de s'en assurer.

Deux des poteaux jouent le rôle de piédroit de porte permettant le passage d'une pièce à l'autre. Le linteau à arc segmentaire est réalisé dans une seule planche.

Le remplissage entre les bois est constitué de torchis (mélange de paille et de terre, parfois agrémenté de blocs de pierres), plaqué sur un réseau d'éclisses glissées dans les rainures de deux poteaux consécutifs. Ces éclisses sont maintenues en place par de petites cales en bois



Photo 15 (en haut, à gauche) : Cloison à pan-de-bois du 2e étage du corps A, depuis la salle sud.

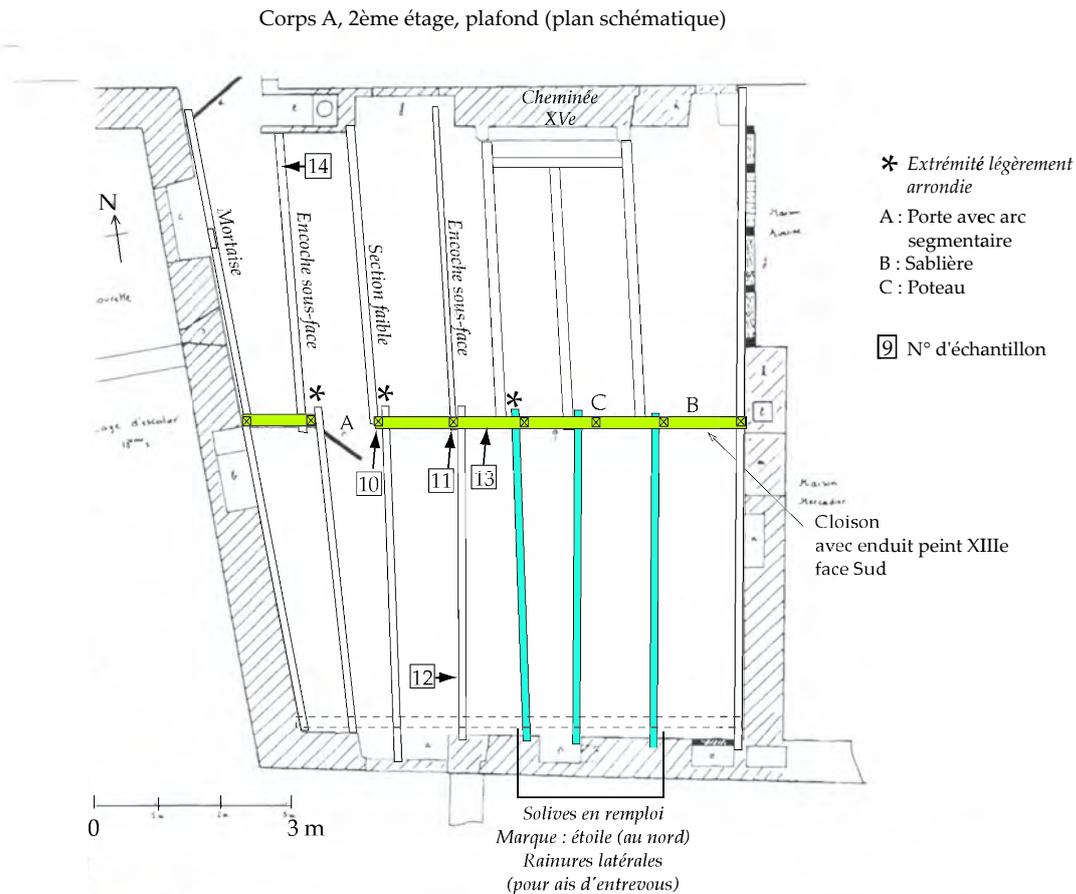
Photo 16 (en haut, à droite) : Vue des éclisses et du remplissage en torchis de la cloison, face sud.

Photo 17 (en bas, à gauche) : Enduit à faux-appareil rouge de la face sud de la cloison du 2e étage du corps A.

(photo 16).

Le torchis est entièrement recouvert côté nord d'un enduit jaune et rouge, vraisemblablement du XIXe siècle, alors qu'un enduit médiéval peint, à faux-appareil rouge (photo 17) est partiellement conservé au revers de la cloison, face sud.

Figure 3 : Plan du plafond et de la cloison du 2e étage, avec localisation des échantillons (fonds de plan schématique de Mr Le Maréchal).



Plafonds

Un jeu de solives orienté nord-sud coiffe chaque salle et repose au sommet de la sablière haute, qui fait office de poutre maîtresse de plafond, de la cloison à pan-de-bois (photo 15).

Ces solives sont scellées à l'autre extrémité dans le mur. Une poutre de rive en position avancée soutient celles de la partie sud.

Une majorité de solives est en remploi, provenant d'autres structures : certaines ont des mortaises orphelines, d'autres ont des rainures obliques non fonctionnelles destinées à recevoir des ais d'entrevous et sont marquées d'un signe distinctif (une étoile), une solive est de section beaucoup plus faible que les autres...

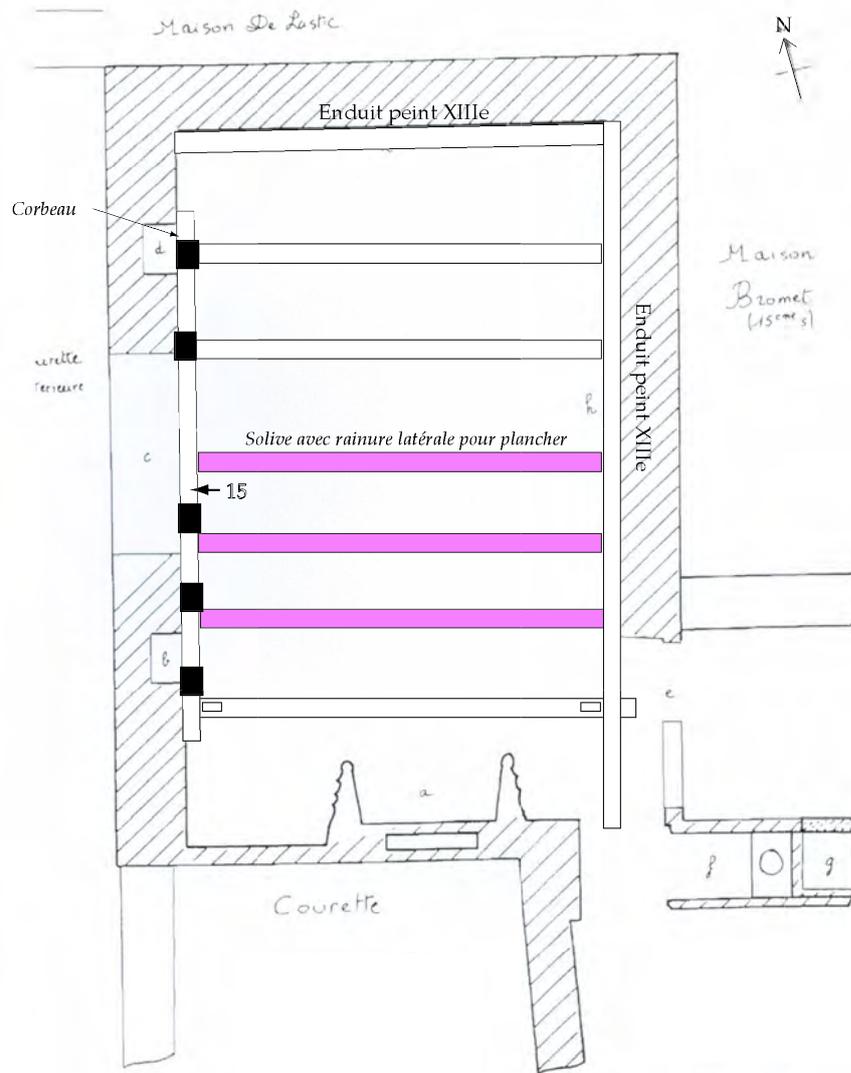
Enfin, trois solives couvrant la salle sud sont arrondies à l'extrémité nord qui débordent légèrement de la cloison de séparation.

2 - Corps B

Niveau 1

Dans cette salle aux peintures murales (photo 5 et 6), le plafond (figure 4) est constitué de sept solives en chêne, portées à chaque extrémité par une poutre de rive : celle située à l'ouest est posée sur des corbeaux et celle à l'est est au sommet du mur.

Figure 4 : Plan du plafond du 1er étage du corps B (fonds de plan schématique de Mr Le Maréchal)



Corps B, 1er étage, plafond (plan schématique)

Les solives peuvent être classées en trois catégories :

- La plus à l'est avec ses deux mortaises orphelines peut provenir d'une autre structure.

- Les trois suivantes présentent une rainure sur toute la longueur des faces latérales (photo 18) pour un système de doubles-planchers (planches insérées entre les solives et

clouées au sommet des solives). Ce type de solives est représenté dans le plafond du second étage.

- Les trois dernières n'ont pas de rainures.

Leur courte portée de trois à quatre mètres permet de couvrir la largeur de la pièce, sans disposer de poutre de soutènement.



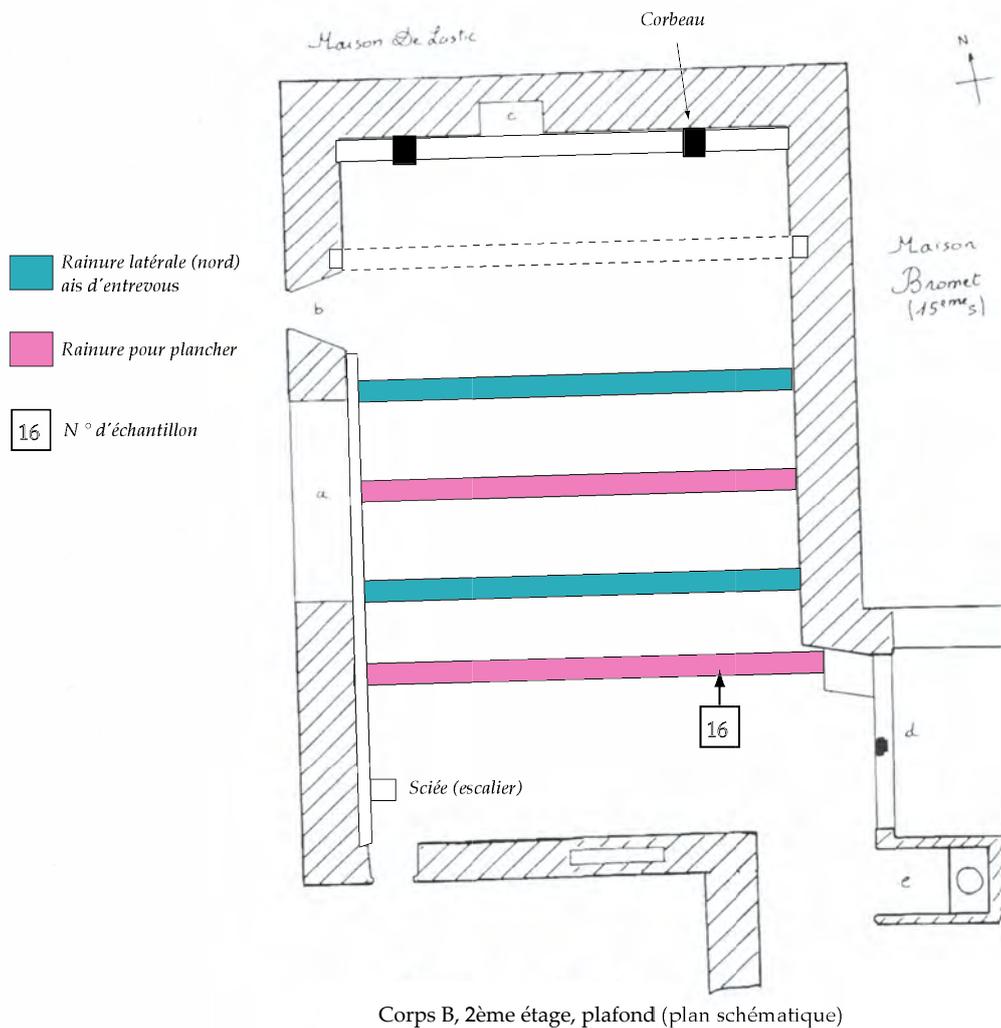
*Photo 18 (en haut) : Détail d'une rainure d'une solive du plafond du 1er étage du corps B.
Photo 19 (en bas) : Plafond du 2e étage du corps B.*

Niveau 2

Ce plafond (figure 5 et photo 19) comparable à celui du niveau inférieur comprend à l'origine sept solives en chêne : l'une a été sciée pour disposer un escalier donnant accès au comble du corps A et une autre a disparu.

On retrouve deux types de solives parmi les cinq restantes : avec rainures longitudinales sur les faces latérales pour un double-plancher et avec rainures en position inadaptée pour des ais d'entrevois.

Figure 5 : Plan du plafond du 2e étage du corps B (fonds de plan schématisé de Mr Le Maréchal)



Principes de datation

Après comparaison des séries de croissance sont constituées des chronologies moyennes représentatives de la croissance de lots d'échantillons associées à une partie ou la totalité d'une ou plusieurs structures. Ces chronologies sont ensuite comparées aux références.

Les références disponibles pour le chêne sont regroupées en base de données et construites par plusieurs laboratoires et différents auteurs :

- Base CNRS, version publique du 30 sept. 2002
- Base Cedre
- Références communiquées par leurs auteurs (cf bibliographie)
- Références publiées.

Ces références sont de 2 natures, en fonction du nombre et de la répartition géographique des échantillons qui les constituent :

- Les références régionales sont élaborées à partir de chronologies de plusieurs sites d'une région relativement vaste, mais le plus homogène possible d'un point de vue climatique.

- Les références locales sont issues de séries d'un ou plusieurs sites d'une ville donnée.

L'objectif est de réaliser la datation à 2 échelles géographiques différentes, à partir de chronologies construites de façon la plus indépendante possible, afin de présenter un risque d'erreur objectif minimal. En effet, la sécurité statistique est maximale quand le synchronisme est significatif entre la chronologie à dater et plusieurs références des 2 natures, construites le plus indépendamment possible, c'est-à-dire avec des bois différents, par des auteurs variés et par plusieurs laboratoires en collaboration. La sécurité estimée doit être présentée pour étayer le propos du dendrochronologue, car elle est la seule objective et fournit des informations chronologiques indépendantes des autres sources : typologiques, architecturales ou historiques...

Cette procédure permet de définir un niveau de risque pris par l'opérateur :

- Si la flèche, qui indique la proposition retenue, est très éloignée de la distribution des propositions fausses sur plusieurs références, alors le risque d'erreur est très faible. Il tend fortement vers 0, il est dit quasi-nul. La date est dite de classe A (la meilleure).

- Si la flèche n'est pas très nettement dégagée de la distribution à gauche, alors le risque est faible, mais il n'est pas à négliger. La date est de classe B.

- Si la valeur retenue ne dépasse pas significativement les autres propositions du test, alors la date n'est pas validée par les seules procédures de calcul. Elle nécessite une confirmation par d'autres données architecturales ou typologiques, pour discuter de sa pertinence. La date est alors de classe C.

ÉTAPE 1 : CONSTITUTION DE CHRONOLOGIES MOYENNES

Les séries de cernes sont comparées deux à deux sur la base des résultats des tests statistiques et de l'examen visuel des courbes, sans tenir compte du plan d'échantillonnage.

Douze séries (n° 1, 2, 5, 6, 8, 10 à 16) sont jugées synchrones et sont assemblées en une chronologie moyenne appelée SANV.6Cayssac.M1 qui comporte 141 cernes.

De même, deux autres séries (n° 9 - Poutre et n° 7 - Pilier) sont contemporaines et sont regroupées sous la chronologie SANV.6Cayssac.M2 qui comporte 120 cernes.

Les séries n° 3 et 4 comptant respectivement 64 et 48 cernes n'ont pu être rattachées à l'un de ces deux groupes.

ÉTAPE 2 : COMPARAISON SUR LES RÉFÉRENCES

La seconde étape consiste à comparer les deux chronologies moyennes sur un même panel de références pour le chêne, disponible en base de données.

Cette étape aboutit au rattachement de SANV.6Cayssac.M1 à la période 1123-1263 (1123 pour l'année de formation du premier cerne et 1263 pour celle du dernier cerne de la chronologie) et de SANV.6Cayssac.M2 à la période 1320-1439.

ÉTAPE 3 : FIABILITÉ DES DATATIONS

SANV.6Cayssac.M1

La figure 6 présente les meilleurs résultats des recherches de synchronisme entre la chronologie SANV.6Cayssac.M1 et les références de chênes.

La flèche indique la valeur "t" entre la série à dater et la référence considérée pour le synchronisme retenu correspondant à la période 1123-1263. Cette valeur "t" représente la qualité objective du synchronisme entre la série à dater et les références. Celle-ci est d'autant meilleure que la flèche est rejetée à la droite de l'axe des abscisses. De même, le risque d'erreur est d'autant plus faible que la valeur retenue est extérieure (étrangère) à la distribution des propositions fausses situées à gauche de l'axe (cf. Principes).

A l'échelle régionale (colonne de gauche, figure 6), une valeur « t » élevée est obtenue sur les références des régions Midi-pyrénées et Auvergne. La flèche associée se dégage nettement des autres propositions du test, rejetées sur la gauche de l'axe des abscisses. On peut alors conclure à un synchronisme de très bonne qualité entre la chronologie du site et les références considérées.

Sur les autres références citées, la valeur « t » diminue fortement et n'est plus significative que sur celle de Bourgogne.

A l'échelle locale (colonne de droite, figure 6), un synchronisme de très bonne qualité est mis en évidence sur plusieurs chronologies de sites régionaux (Cahors, Cordes) et extra-régionaux (Orléans et Saint-Rambert).

En conclusion, le synchronisme de la chronologie SANV.6Cayssac.M1 sur les références de chênes, correspondant à la période 1123-1263, est retenu avec un risque d'erreur très faible, quasi-nul. La date est de classe A.

SANV.6Cayssac.M12

Les résultats de datation de la chronologie SANV.6Cayssac.M2 sur les références de chênes sont présentés dans la figure 7, pour un synchronisme correspondant à la période 1320-1439.

A l'échelle régionale (colonne de gauche), le meilleur résultat est obtenu sur la référence de Midi-Pyrénées. Il correspond à un synchronisme jugé de très bonne qualité. C'est également le cas sur les autres références présentées.

A l'échelle locale (colonne de droite), un synchronisme de très bonne qualité est mis en évidence sur plusieurs chronologies de sites de Cahors, mais aussi de Capdenac-le-Haut (Lot).

En conclusion, le synchronisme de la chronologie SANV.6Cayssac.M2 sur les références de chênes, correspondant à la période 1320-1439, est retenu avec un risque d'erreur très faible, quasi-nul. La date est de classe A.

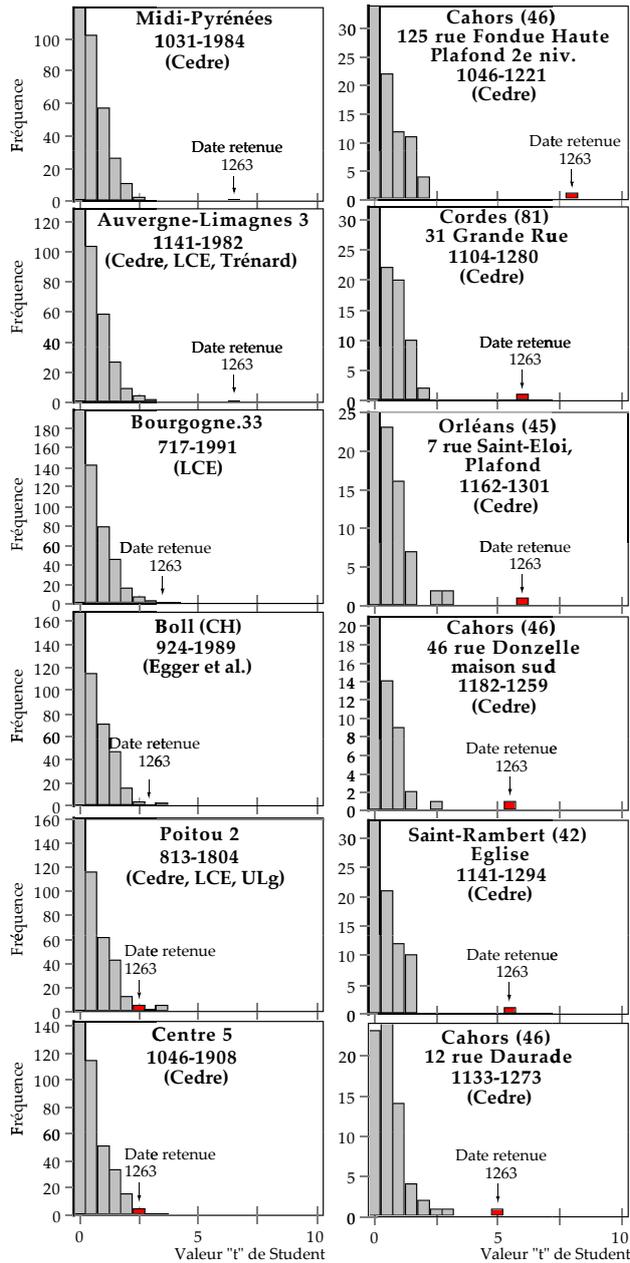


Figure 6 : Résultats de datation de la chronologie SANV6Cayssac.M1 sur les références de chênes.

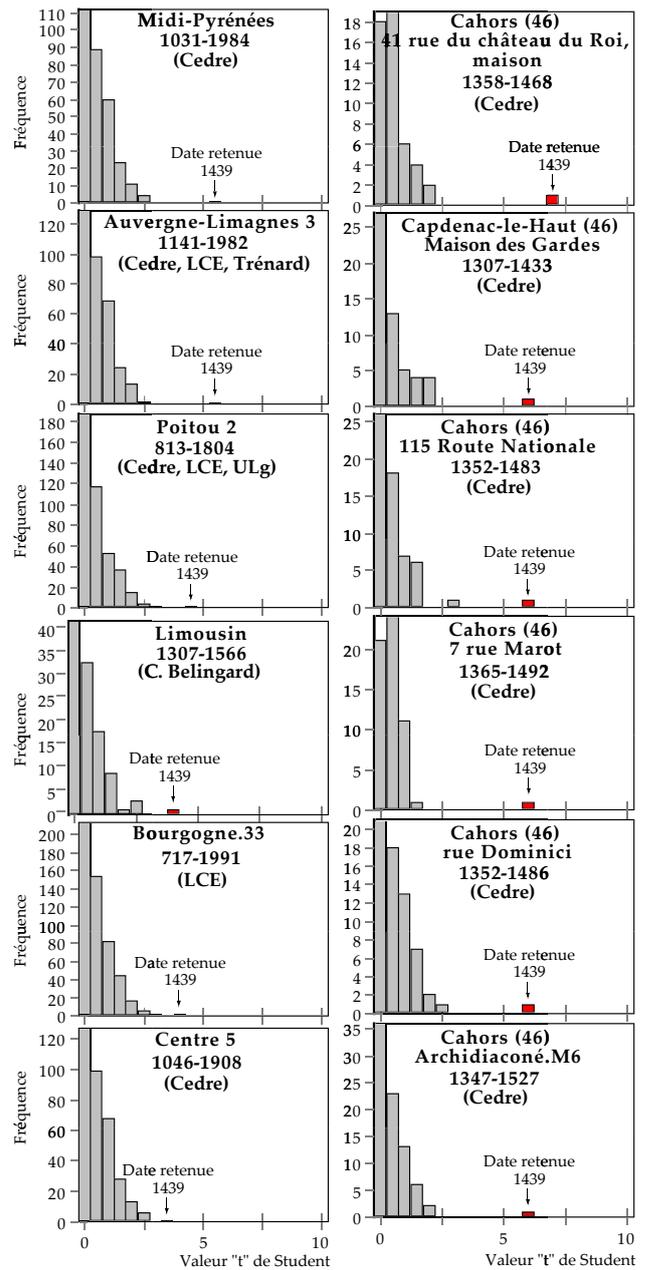


Figure 7 : Résultats de datation de la chronologie SANV6Cayssac.M2 sur les références de chênes.

SANV.6CAYSSAC.M1

Cette chronologie moyenne est construite à partir de multiples séries de croissance d'échantillons provenant de plusieurs unités architecturales. L'interprétation présentée dans le bloc-diagramme de la figure 8 se fait donc unité par unité.

Corps A, plafond du 1er étage

L'échantillon n° 6 provenant d'une solive du plafond du premier niveau possède un aubier incomplet jusqu'à l'écorce, constitué de huit cernes formés de 1248 à 1255.

Quelques cernes d'aubier font défaut, la coupe de l'arbre est donc nécessairement postérieure à 1255. Mais il est possible d'en évaluer le nombre. En effet, une étude (Lambert, 1996) sur une vaste population de chênes, vivants et historiques, de la moitié nord de la France, a montré que leur aubier est constitué en moyenne de 21 cernes et dans 95 % des cas, de 2 à 40 cernes.

En appliquant cette fourchette à l'échantillon n° 6, une borne ante-quem correspondant à un aubier de quarante cernes est calculée en 1287. On en déduit alors la coupe de l'arbre entre 1256 et 1287, avec une probabilité de 95 %.

Les autres échantillons de ce groupe proviennent des solives du même plafond. Ils ont tous perdu leur aubier et éventuellement un peu de bois de coeur sous cet aubier. La date de formation du dernier cerne produit reste cependant compatible avec un abattage entre 1256 et 1287.

L'échantillon n° 1 a conservé un dernier cerne de bois de coeur formé en 1259. L'abattage de l'arbre est postérieur à 1259, mais en l'absence d'au moins un cerne d'aubier conservé, il n'est pas possible de livrer une estimation calculée du nombre de cernes d'aubier faisant défaut. Cependant, si on admet que l'ensemble des bois datés de ce groupe appartienne à la même phase d'exploitation, l'estimation 1256-1287 définie à partir de l'échantillon n° 6 peut être réduite à l'intervalle 1260-1287.

Corps A, cloison du 2e étage

Deux des trois échantillons de ce groupe possèdent un aubier incomplet, de six cernes formés de 1257 à 1262 pour le bois n° 11 et de dix cernes formés de 1254 à 1263 pour le bois n° 10.

Sur la base des résultats de l'étude sur les aubiers de chênes, la date de coupe des arbres peut être approchée : entre 1263 et 1296 pour le premier et entre 1264 et 1293 pour le second, avec une probabilité de 95 %. Si on admet que ces bois sont exploités en même temps, alors l'abattage se situe entre 1264 et 1293, intervalle correspondant à la période commune aux

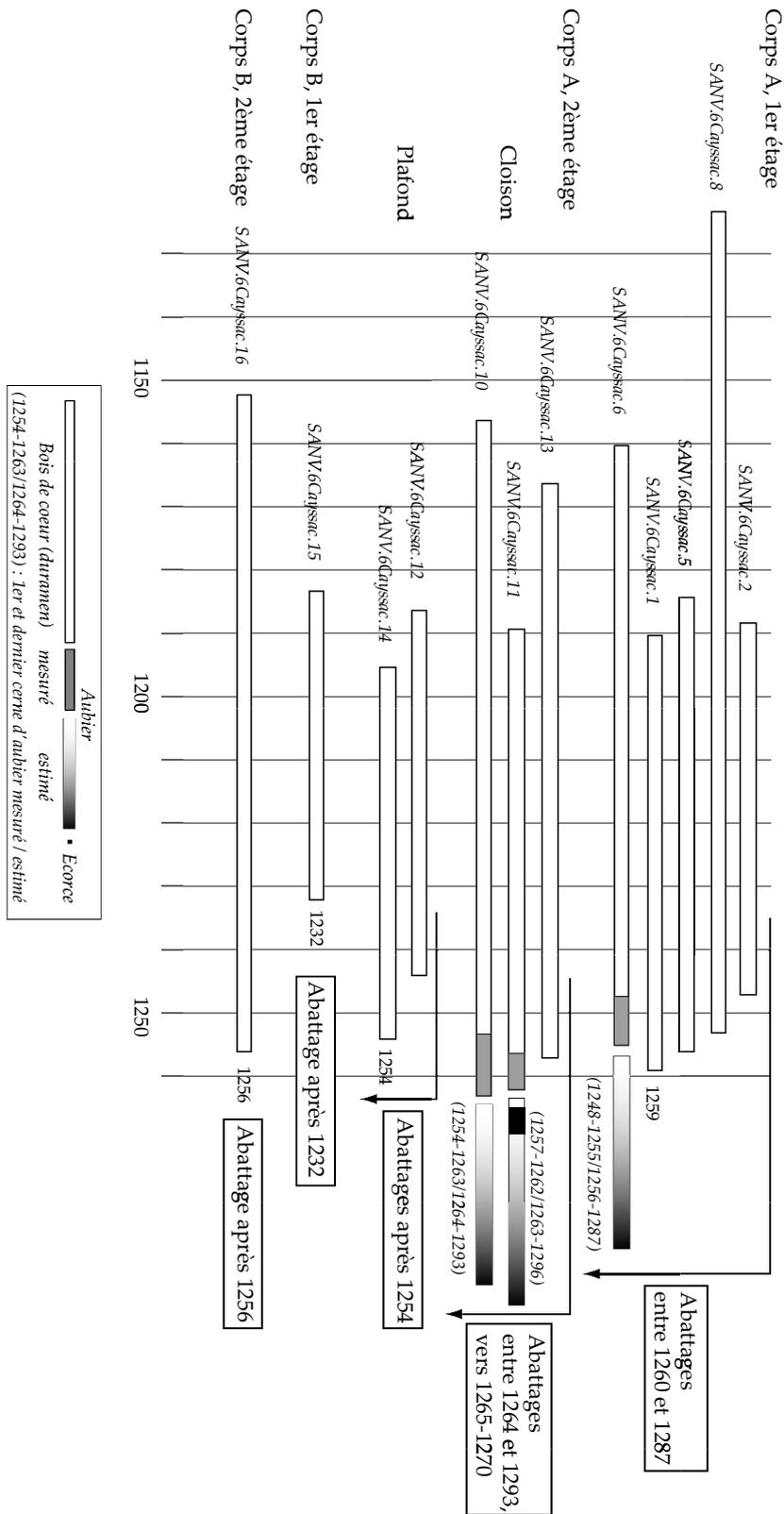


Figure 8 : Bloc-diagramme présentant les phases d'abattages des arbres utilisés dans les différentes structures du XIIIe siècle.

estimations.

Les derniers cernes d'aubier de l'échantillon n° 11, situés juste sous l'écorce, sont conservés mais les largeurs n'ont pu être mesurées, la zone étant très largement prospectée par des galeries d'insectes. Cette zone comprend au minimum trois cernes, auxquels il faut peut-être ajouter un à quelques cernes hypothétiques supplémentaires. Ce qui situe l'abattage de l'arbre au plus tôt en 1265 et probablement avant 1270.

Corps A, plafond 2e étage

Les deux échantillons datés de ce plafond sont entièrement en bois de coeur, dont le cerne le plus récent est identifié en 1254 sur le bois n° 14. En l'absence d'au moins un cerne d'aubier conservé, il n'est pas possible de livrer une estimation calculée du nombre de cernes perdus.

En conclusion, la coupe des arbres est postérieure à 1254. En prenant en compte un peu de bois de coeur et l'aubier faisant défaut, l'abattage des arbres est envisageable vers 1265-1270.

Corps B, plafond du 1er étage

L'échantillon n° 15 est intégralement en bois de coeur, dont le dernier cerne est formé en 1232. L'arbre est nécessairement coupé après cette date et ce millésime est compatible avec un abattage vers 1265-1270.

Corps B, plafond du 2e étage

L'échantillon n° 16 est en bois de coeur, dont le dernier cerne est fabriqué en 1256. L'arbre est donc coupé après 1256.

Conclusion

En conclusion, des chênes sont exploités dans la seconde moitié du XIIIe siècle dans les deux corps de bâtiments A et B, probablement vers 1265-1270.

SANV.6CAYSSAC.M2

L'échantillon n° 7 (poutre maîtresse, plafond 1er étage, corps A) possède un aubier incomplet constitué de dix cernes formés de 1430 à 1439 (figure 9). En appliquant la fourchette d'aubier de 2 à 40 cernes évoquée plus haut, la coupe de l'arbre est estimée entre 1440 et 1469, avec une probabilité de 95 %.

L'échantillon n° 9 (pilier, plafond 1er étage, corps A) est en bois de coeur, dont le dernier cerne est formé en 1428 (cf bloc-diagramme de la figure 9). La coupe de l'arbre se situe donc après 1428.

En prenant en compte un aubier moyen et éventuellement quelques cernes de bois de coeur,

l'année de formation en 1428 du dernier cerne de bois de coeur est compatible avec un abattage entre 1440 et 1469.

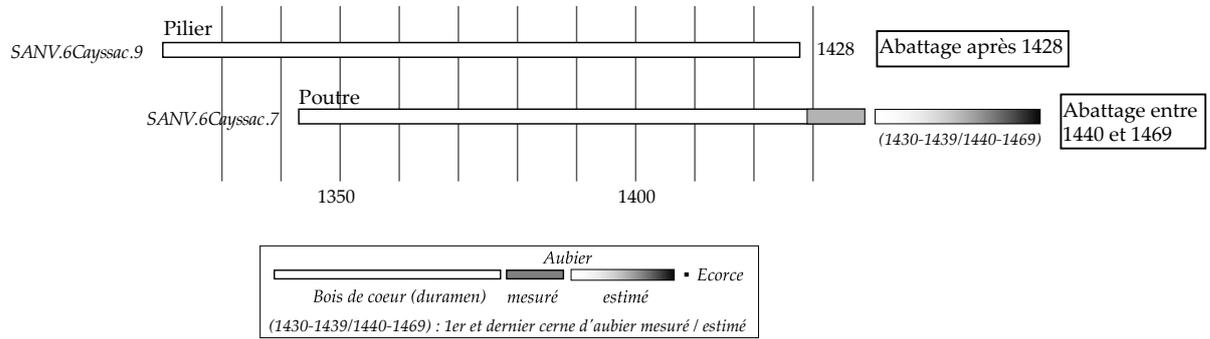


Figure 9 : Bloc-diagramme présentant les dates d'abattages pour la poutre maîtresse et le pilier du plafond du 1er étage du corps A.

RÉSULTATS

L'étude de la maison du 6 rue Cayssac, à Saint-Antonin-Noble-Val (Tarn-et-Garonne), a permis de dater par dendrochronologie un ensemble de plafonds et une cloison à pan-de-bois associés à des éléments architecturaux médiévaux (baies géminées séparées par des colonnettes à chapiteau aux feuillages sculptés, enduit à faux-appareil rouge) et des décors peints dans deux corps de bâtiments.

Le corps A distribué par un escalier extérieur s'élève sur deux niveaux sous comble. Le plafond de la grande salle du premier étage est à l'origine constitué de solives reposant à chaque extrémité sur une poutre de rive posée sur des corbeaux en pierre. Ces solives de huit à neuf mètres de portée et de forte section (de l'ordre de 35 par 20 cm) proviennent de chênes abattus entre 1260 et 1287 (probabilité de 95 %) et simplement équarris à la hache ou à la doloire sur les quatre faces.

Pour s'opposer au fléchissement des solives, d'une dizaine de centimètres vers le centre, une poutre maîtresse est placée en dessous entre 1440 et 1469 (probabilité de 95 %). Un dispositif comprenant un pilier et une semelle porte l'une des extrémités, dont l'ancrage dans le mur ouest est incompatible avec le positionnement de l'escalier distribuant le second étage.

L'absence de reprise dans la maçonnerie occidentale réfute même l'hypothèse d'une poutre plus ancienne au même emplacement, à moins qu'un dispositif similaire (sur pilier) ait existé dès le XIII^e siècle.

Le second niveau est divisé en deux salles aux dimensions comparables par une cloison à pan-de-bois composée uniquement de pièces verticales (poteaux et piédroits de porte) reliant deux sablières. Les bois de cette cloison sont coupés entre 1264 et 1293, avec une forte probabilité entre 1265 et 1270, mais la dégradation des aubiers ne permet pas d'affiner la datation et d'approcher l'abattage des arbres à l'année près.

Le plafond de ce niveau est particulièrement remanié. De nombreuses solives présentent des indices de remploi d'autres structures, alors que deux solives a priori en place sont mises en oeuvre dans des chênes coupés après 1254 et vraisemblablement entre 1265 et 1270.

En résumé, les premières observations archéologiques mettent en évidence un ensemble homogène (aux remaniements près bien identifiés), construit sur une courte période. Les arbres utilisés dans les différentes structures étudiées sont issus d'un stock de bois constitué vers 1265-1270 et utilisé en une seule fois dans ce corps de bâtiment.

Le plancher paraît également contemporain, sur la base du type de débitage supposé, par fendage sur le diamètre, a priori sans intervention de la scie. Même si aucune planche n'a fait

L'objet de datation, ce procédé déjà rencontré dans des édifices du XIII^e siècle du Lot (Cahors, 71 rue du Cheval Blanc - plancher et Figeac, extension du musée Champollion - cloison) semble attester de l'authenticité du plancher. Le mode d'assemblage par recouvrement de languettes est toutefois spécifique à ce corps de bâtiment tarn-et-garonnais.

Au nord-ouest du corps A, le corps B en équerre s'élève sur deux niveaux au-dessus d'un porche. Le plafond coiffant la salle aux décors peints du premier étage comprend deux types de solives : un premier groupe avec rainures latérales pour un système de doubles planchers (sur et entre les solives) et un second sans rainures. Aucune des solives rainurées n'a pu faire l'objet d'un échantillonnage, mais l'une des deux du plafond du niveau supérieur est datée du XIII^e siècle, comme la poutre de rive du plafond du 1^{er} étage.

L'étude de l'Ecole de Chaillot prévue pour 2011-2012 devra s'attacher à comprendre si cette catégorie de solives est bien en place. L'analyse dendrochronologique étant très en amont, il est difficile de conclure avec certitude à la présence de structures à doubles planchers à partir de 1265.

LES PLAFONDS

L'édifice étudié a conservé plusieurs plafonds de conception différente, dont deux particulièrement intéressants : celui du premier étage du corps A et ceux du corps B, bien que remaniés.

Dans le corps A, le charpentier a visiblement tenté de couvrir la salle du premier étage par des solives de plus de huit mètres de long, sans report sur une poutre maîtresse. Pour cela, il a augmenté considérablement la retombée des solives, de l'ordre de 35 cm (elles sont beaucoup plus hautes que larges), pour compenser la compression de la cloison du second étage sur les bois sous-jacents. Ce qui peut expliquer le fléchissement central important des solives et le report des charges au XV^e siècle sur une poutre maîtresse, également très haute, pour s'opposer à la compression des solives.

Il existe un dispositif similaire dans de nombreux édifices régionaux, avec une poutre en deux éléments assemblés (Cahors, 75 rue Marot, 1283) ou pas (Cahors, 98 rue du Château du Roi, 1135-1150), au niveau d'un pilier, pour couvrir des distances importantes.

Dans le corps B, un système de plafonds à doubles planchers a pu exister aux deux étages. La réserve émise est liée à la datation d'une seule solive à rainures latérales dans un plafond (au 2^e étage) remanié.

Une étude archéologique plus fine est indispensable pour préciser si ce type d'éléments peut être en place. Si tel est le cas, il s'agirait du seul cas recensé à notre connaissance.

Le dispositif se présente de la manière suivante, avec une planche insérée dans une rainure au profil régulier entre deux solives et une autre fixée au sommet. L'espace entre les deux niveaux de planchers, qu'il soit garni d'un hourdis ou pas, a pour but l'amélioration de l'isolation. Ce procédé apparaît cependant bien singulier face aux hourdis de la période médiévale de quarante à cinquante centimètres (voire plus dans quelques cas) de gravats, entre le plafond d'un niveau et le plancher de l'étage supérieur.

Le principe de poutres rainurées rappelle celui des plafonds plats des églises romanes avant l'avènement des voûtes, par exemple en Normandie, pour l'église Saint-Georges à Saint-Martin-de-Boscherville (Seine maritime). Les entrails primitifs (1120-1130) des deux bras du transept sont repris dans une charpente érigée vers 1224-1229. Ils sont rainurés latéralement pour disposer un lattis constitué de lattes étroites jointives (Epaud, 2007). Les lattes ont disparu, mais un liant est conservé au fond des rainures pour le jointoyage.

EXPLOITATION FORESTIÈRE

La comparaison des séries individuelles de croissance (figure 10) montre plusieurs classes d'âge parmi les bois utilisés dans les différentes structures datées.

Si on considère que l'ensemble des arbres est coupé entre 1265-1270 et que la quasi-totalité des carottages a approché le coeur de chaque pièce de bois, l'âge de l'arbre peut-être estimé à quelques années près. Il faut toutefois conserver à l'esprit que cet âge est nécessairement sous-évalué. En effet, la position de l'échantillon collecté par rapport au pied de l'arbre doit être pris en compte. En raison de la conicité des arbres, le coeur est plus "jeune" en haut qu'en bas de bille et la différence d'âge correspond au nombre d'années pour atteindre la hauteur correspondant.

Ainsi trois classes d'âge sont définies dans le stock de bois :

- Un arbre plus âgé que les autres, de plus de 140 ans (Groupe 1).
- Quatre arbres âgés d'environ 100 à 120 ans (Groupe 2).
- Sept arbres exploités entre 80 et 100 ans environ (Groupe 3).

L'arbre du groupe 1 présente trois séquences caractérisées par une reprise de croissance, approximativement sur une dizaine d'années : 1140-1150, 1165-1170, 1185-1195. Elles sont vraisemblablement consécutives à des coupes d'exploitation vers 1140, 1165 et 1185, à proximité de l'arbre n° 8, lequel a bénéficié de l'ouverture du milieu qui a induit une baisse de compétition entre individus pour la lumière et les nutriments du sol.

Les chênes du groupe 2 sont nés lors d'une grande phase de régénération de la forêt entre 1140 et 1160 environ qui suit la première coupe d'exploitation mise en évidence. Ils ont également mis à profit les éclaircies de 1165 et 1185 autour d'eux.

Les arbres du groupe 3 sont issus de la seconde phase de régénération, vers 1165-1190.

En conclusion, des chênes d'âges différents sont utilisés dans les mêmes structures. La majorité des bois, abattus vers 80-100 ans et à forte croissance, est mise en oeuvre dans le plafond du premier étage du corps A pour produire des solives de forte section (35 par 20 cm) devant résister à la compression d'une cloison. Quelques bois plus anciens, à croissance plus lente, sont également exploités.

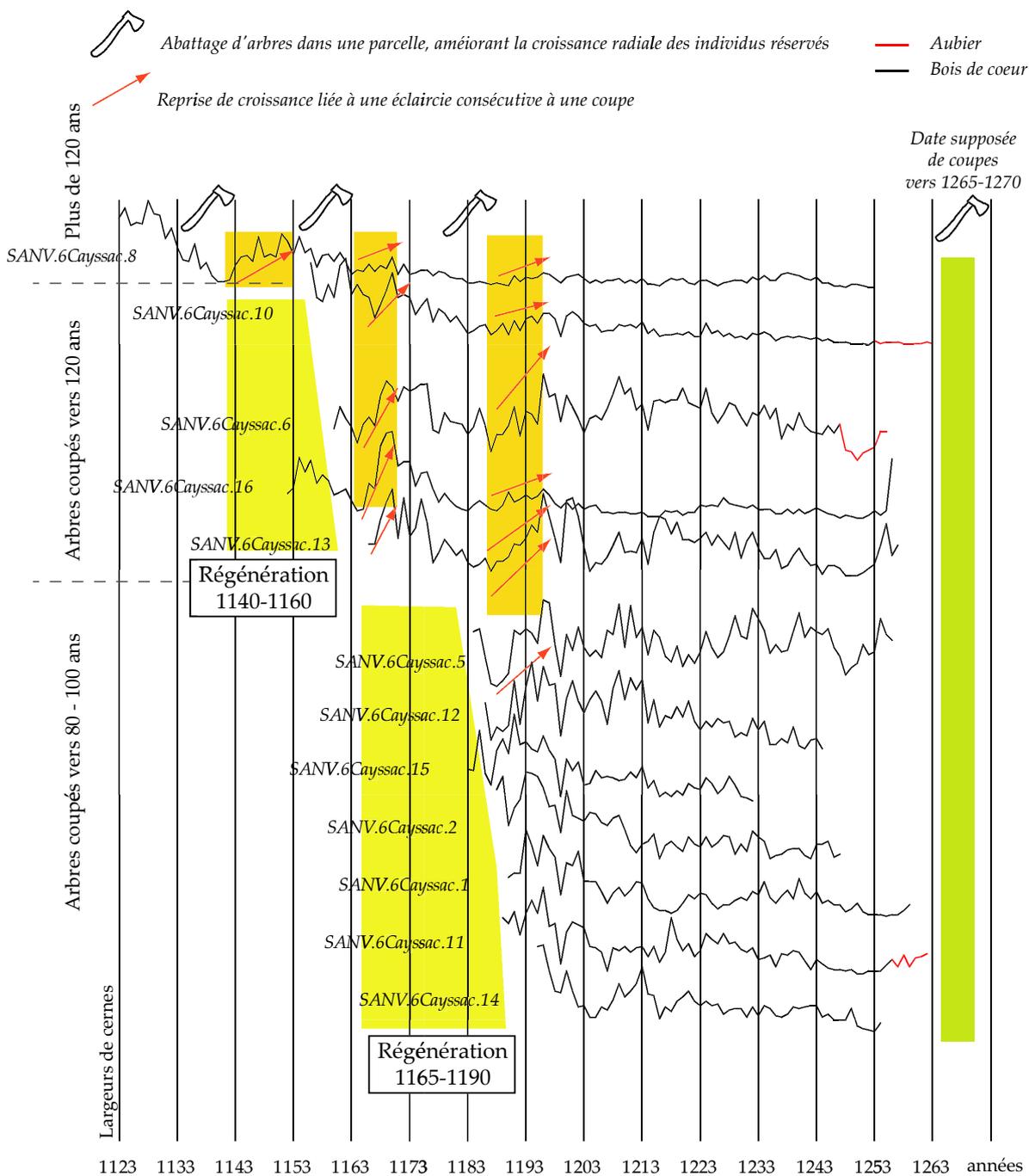


Figure 10 : Influences des coupes anciennes sur la croissance des arbres.

Tous ces individus appartiennent à la même population forestière. Les chênes des groupes 2 et 3 se sont développés à partir de deux phases de régénérations qui coïncident avec des phases d'exploitations induisant des reprises de croissance enregistrées par certains arbres âgés réservés.

Peut-on alors parler de gestion raisonnée pour la forêt exploitée ? Les coupes semblent intervenir à intervalles réguliers, suffisamment espacées (20-25 ans). Mais le nombre de bois analysé n'est pas significatif pour en dégager des enseignements sur un mode de "sylviculture" au XIIIe siècle. De plus, les coupes ne sont pas nécessairement toutes "enregistrées" et leurs influences sur la croissance des arbres dans un milieu déjà très ouvert ou sur des arbres plus ou moins distants des prélèvements effectués en forêt peuvent être limitées, voire sans effets.

Ces résultats vont dans le sens des études historiques qui montrent que la population en région Midi-Pyrénées augmente considérablement aux XII et XIIIe siècles, ce qui entraîne une pression de plus en plus forte sur les forêts qui s'ouvrent progressivement. Mais il faut conserver à l'esprit qu'un échantillonnage est orienté par le dendrochronologue, tout comme la sélection des bois opérée en forêt par le charpentier. Il ne reflète que partiellement la structure d'une forêt.

Bibliographie

Epaud Frédéric, 2007

De la charpente romane à la charpente gothique en Normandie. Évolution des techniques et des structures de charpenterie aux XIIe-XIIIe siècles. Publications du CRAHM, Caen.

LABORATOIRES PARTENAIRES POUR L'ÉCHANGE CONSERTÉ DES DONNÉES :

LCE 10/2002 : Base de donnée publique du laboratoire de Chrono-Écologie, UMR 6565 CNRS-Univ. de Franche-Comté (Besançon). Auteurs : Bernard V., Chevrier V., Doucerain C., Girardclos O., Guibal F., Lambert G.N., Lavier C., Locatelli C., Perrault C., Perrier P.

Laboratoire d'archéo-sciences (C2A), UMR 6566 CNRS-Univ. de Rennes I. Auteur : Bernard V.

Laboratoire DendroTech, société Rennes. Auteur : Le Digol Y.

Istitut Méditerranéen d'Écologie et Paléo-écologie, UMR 6116 CNRS-Univ. Aix-Marseille III. Auteur Guibal F.

Laboratoire de dendrochronologie de l'Université de Liège (B). Auteur : Hoffsummer P., Houbrecht D., Eeckhout J., Fraiture P.

Laboratoire du Musée Cantonal d'Archéologie de Neuchâtel (CH). Auteurs : Egger H., Gassmann P., Burri.

Laboratoire d'analyse du bois de Bohlingen (D), société DendroNet. Auteur : Tegel W.

Belingard C. Dendrochronologue indépendante, Chantelauve (Vienne)

> Bibliographie >

DENDROCHRONOLOGIE, HISTOIRE DE L'ART ET ARCHITECTURE, ARCHÉOLOGIE :

BERHAULT S. et IMMEL J.J. à paraître : La dendrochronologie : science au service de la datation du bois. Conseil général Essonne, Bulletin Société Historique et Archéologique de Dourdan en Hurepois

BONTEMPS D. 1984 : La charpente du choeur de l'église Saint Pierre de Gonesse (Val-d'Oise), Archéologie Médiévale, 14, p. 127-167.

BONTEMPS D. 1995 : La grange de l'abbaye cistercienne de Chaloché (49) ou de l'importance de l'étude de la charpente dans un bâtiment médiéval. Archéologie Médiévale, 25, p. 27-64.

BONTEMPS D. 2002 : Charpentes de la région Centre du XIIe au XIIIe siècle. Paris, Centre de Recherches sur les Monument Historiques, Monum, 204 p..

DIETRICH A. et GAULTIER M. 2001 : La charpente de la grange abbatiale de Maubuisson (Saint-Ouen-l'Aumône, 95). Archéologie Médiévale, 30-31, p. 109-132.

FERAUGE M. 2003 : Les charpentes à chevrons suspendus de l'Essonne. Une relecture de l'évolution des charpentes médiévales. Mémoire DEA Univ. Paris I Sorbonne. 63 p.

HOFFSUMMER P. (dir), CORVOL-DESSERT A., HOUBRECHTS D., LAMBERT G.N.,

LAVIER C., LOCATELLI C., MAYER J., PARISET J.P., PREVET A., TAUPIN J.L., TRENARD Y., 2002 : *Les charpentes du XIe au XIXe siècle. Typologie et évolution en France du Nord et en Belgique*. Cahiers du patrimoine, 62, Monum éditions du patrimoine, Paris, 376 p.

HUNOT J.Y. 2001 : *L'évolution de la charpente de comble en Anjou, du XIIe au XVIIIe siècle*. Patrimoine d'Anjou : études et travaux 1, Conseil Général de Maine-et-Loire, Angers, 166 p.

KIMPEL D., SUCKALE R. 1990 : *L'architecture gothique en France, 1130-1270*, Flammarion, Paris.

LAVIER C. à paraître 2007 : *Approches archéo-dendrométriques sur les ais des manuscrits des fonds de reliures médiévales et post-médiévales des bibliothèques de Reims et d'Orléans*. Dans Alexandre J.-L., Lanoë G. (Dir) : *Catalogue des Reliures Médiévales des Bibliothèques de France*, Vol.4, collection Institut de Recherche et d'Histoire des Textes, Brepols Publishers.

MILLE P. 2006 : *L'identification de vestiges en bois, l'exemple du meuble de Charavines*. *Histoire et Images Médiévales*, N°4, février-mars-avril 2006, ed. Astrobale : 30-33.

POUSSET D. 1996 : *Le Château de Vincennes : étude dendrochronologique sur les lambris du donjon : mémoire de DEA sous la dir. de G. Lambert et de E. Vergnolle*. Besançon : Université de Franche-Comté, Faculté des sciences du langage, de l'homme et de la société, 1996. 66 p. : ill.

RENAUD B. et SERAPHIN G. 1999 : *Puy-de-Dôme. La charpente peinte d'une demeure du XIIIe siècle à Riom*. *Bulletin Monumental*, t. 157-II, 1999, 210-217.

RENAUD B. 1992 : *Charpentes parisiennes, XVIe-XVIIIe siècles*. Recherches aux Archives Nationales. Rapport intermédiaire dactylographié, sous la direction de Bontemps D. 35 P.

RENAUD B. 1993 : *Charpentes de toits, XVIe – XVIIIe siècles*. Recherches aux Archives Nationales. Rapport dactylographié, sous les directions de Berce F., Bontemps D. 42 p. et 19 fig.

VISCUSI-SIMONIN V., GIRARD CLOS O., BOINARD P. 2004 : *Un grenier de la fin du Moyen-Age à Gray (70)? Datation dendrochronologique et analyse archéologique du bâti et des charpentes*. Dans, DELSALLE P. (dir.) *actes du colloque la Franche-Comté à la charnière du Moyen-Age et de la Renaissance (1450-1550)*, Presses Universitaires de Franche-Comté.

DENDROCHRONOLOGIE PREMIÈRE APPROCHE :

BAILLIE M.G.L. 1995 : *A slice through time. Dendrochronology and precision dating*. B.T.Batsford Ltd, London. 176 p.

GUIBAL F. 1991 : *La dendrochronologie : méthodes et potentialités*. *Revue Archipal*, 30 : 85-103.

LAMBERT G. N. & LAVIER C. 1990 : *Dendrochronologie : la datation à l'année près*. Dans : *Les mystères de l'archéologie. Les sciences à la recherche du passé*. Collectif & G.M.P.C.A. (Eds.) Caisse Nationale des Monuments Historiques, Presses Universitaires de Lyon. 164-172.

LAMBERT G.N. 1998 : *La dendrochronologie, mémoire de l'arbre*. Dans : *Les méthodes de*

datation en laboratoire. Collection "archéologiques". FERDIERE A. (Ed.) Editions Errance, Paris. 13-69.

MAURICE B. & LAMBERT G.N. (Eds.) 1992 : *Les veines du temps. Lectures de bois en Bourgogne*. Catalogue d'exposition Musée Rolin, Autun. 346 p.

MÉTHODES DE DATATION :

BAILLIE M.G.L. & PILCHER J.R. 1973 : A simple crossdating Program for tree-ring Research. *Tree Ring Bulletin*, 33 : 7-4.

DUROST S. 2005 : Dendrochronologie et dendroclimatologie du 2e âge du fer et de l'époque romaine dans le nord de l'est de la France. Datation, système de références et modélisations. Thèse de l'Université de Franche-Comté, UMR6565 CNRS Laboratoire de Chrono-écologie, 297 p.

ECKSTEIN D. 1969 : Entwicklung und Anwendung der Dendrochronologie zur Alterbestimmung des Siedlung Haithabu. Thèse de doctorat, Université de Hambourg. 113 p.

GASSMANN P., LAMBERT G., LAVIER C., avec BERNARD V. & GIRARDCLOS O. 1996 : Pirogues et analyses dendrochronologiques. Dans : Pirogues monoxydes d'Europe centrale. ARNOLD B. (Ed.) Musée d'Archéologie de Neuchâtel, *Archéologie neuchâteloise*, 21,t2. 89-127.

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, Univ. de Franche-Comté. 377 p

GUIBAL F., LAMBERT G.N. & LAVIER C. 1991 : Application de trois tests de synchronisation à trois types de données. *Dendrochronologia*, 9 : 193-206.

GUIBAL F. & PILCHER J.R. 1988 : Remarques sur la comparaison des séries d'épaisseurs des cernes des Côtes du Nord à celles d'Ille-et-Vilaine. *Revue d'Archéométrie*, 12 : 29-33.

JANSMA E. 1995 : RememberRings : the development and application of local and regional tree-ring chronologies of Oak for the purposes of archaeological and historical research in the Netherlands. R.O.B., *Nederlandse Archeologische Rapporten*, 19, Amsterdam. 149 p.

LAMBERT G. 1996 : Recherche de signaux anthropiques dans les séries dendrochronologiques du Moyen-âge. Exemple des séquences de Charavines-Colletière. Dans : *L'homme et la nature au Moyen-âge. Paléoenvironnement des sociétés occidentales. Actes du Ve congrès international d'archéologie médiévale tenu à Grenoble 6-9 oct. 1996*. COLARDELLE M. (Ed.) éditions errance. 143-152.

LAMBERT G., LAVIER C., PERRIER P. & VINCENOT S. 1988 : Pratique de la Dendrochronologie. *Histoire et Mesure*, III-3 : 279-308.

LAMBERT G.N., LAVIER C. & GUIBAL F. 1992 : La dendrochronologie, une méthode précise de datation. *Mémoire de la Société Géologique de France*, N°160 : 109-117.

MUNRO M.A.R. 1984 : An improved algorithm for crossdating tree-ring series. *Tree-ring Bulletin*, 44 : 17-27.

ORTON C.R. 1983 : The use of Student's t-test for matching tree-ring patterns. *Bulletin of the Institute of Archaeology of the University of London*, 20 : 101-105.

PILCHER J.R. & BAILLIE M.G.L. 1987 : The Belfast CROS Program. Some Observations. Dans : Applications of tree-ring studies. Current research in dendrochronology and related subjects. WARD R.G.W. (Ed.) *B.A.R., international Series 333*. 157-163.

YAMAGUCHI D.K. 1986 : Interpretation of cross correlation between tree-ring series. *Tree-ring Bulletin*, 46 : 47-54.

CONSTRUCTION DES RÉFÉRENCES :

BERNARD V. 1997 : Bois archéologiques, dendrochronologie et problématique du couvert forestier dans le Bassin parisien entre le Mésolithique et le Haut Moyen Age. Thèse, Univ. de Franche-Comté. 248 p.

DOUCERAIN C. & GIRARDCLOS O. 1998 : Etudes dendrochronologiques sur les bâtiments de l'ouest de la France. Dans : *La construction en Anjou au Moyen Age. Actes de la table ronde d'Angers des 29 et 30 mars 1996*. PRIGENT D. & TONNERRE N.Y. (Eds.) Presses de l'Université d'Angers. 267-293.

HOFFSUMMER P. 1989 : L'évolution des toits à deux versants dans le bassin mosan : l'apport de la dendrochronologie (XIè-XIXè siècle). Thèse 2 vol., Université de Liège. 326 p, 352 p.

HOLLSTEIN E. 1965 : Jahrringchronologische Datierung von Eichenhölzer ohne Waldkante. *Bonner Jahrbücher des Reinischenlandesmuseums*, 165 : 11-27.

HOLLSTEIN E. 1980 : *Mitteleuropäische Eichenchronologie*. Philipp von Zabern, Mainz am Rhein. 273 p.

LAMBERT G., BERNARD V, DOUCERAIN C., GIRARDCLOS O., GUIBAL F., LAVIER C. & SZEPERTISKY B. 1996 : French regional oak chronologies spanning more than 1000 years. Dans : *Tree Rings, Environment and Humanity. Proceedings of the International Conference on Tree Rings, May 1994, Tucson, Arizona*. DEAN J. S., MEKO D.M. et SWETNAM T.W. (Eds.) *Radiocarbon*, 1996 : 821-932.

LAMBERT G.N. & LAVIER C. 1992 : L'étalon dendrochronologique Bourgogne 29. Dans : *Les veines du temps. Lectures de bois en Bourgogne*. MAURICE B. & LAMBERT G.N. (Eds.) Catalogue d'exposition Musée Rolin, Autun. 123-156.

PILCHER J.R. 1987 : A 700 year dating chronology for Northern France. *BAR International Series 333* : 127-139.

PILCHER J.R., BAILLIE M.G.L., SCHIMDT B. & BECKER B. 1984 : A 7272 year Tree-ring chronology for western Europe. *Nature*, 312 (8) : 150-152.

TAUPIN J.L. TRENARD Y. 1993 : Le petit Louvre de La Pacaudière (Loire) : datation des bois d'oeuvre par dendrochronologie, *Mémoires de la Société Eduenne*, LV (3) : 235-244.

TRENARD Y. & DUCHATEAU J.L. 1985 : Dendrochronologie du Chêne dans la région de Paris. *Dendrocronologia*, 3 : 9-23.