

ANALYSE PAR DENDROCHRONOLOGIE DES BOIS DE LA CHARPENTE DU CHÂTEAU DE LA SALLE, À SAINT-LÉON-SUR-VÉZÈRE (24)



Château de La Salle / Pan de bois de la charpente (clichés X. Pagazani)



Par Christelle BELINGARD, Docteur en sciences

Chargée d'études en dendrochronologie, dendrologie et anthracologie
Chercheur associé au Géolab (UMR 6042)

05 55 39 61 58 – christelle.belingard@orange.fr



Dtalents Ingénierie, 29 avenue du Général Leclerc, 87100 Limoges

*Etude financée par le service régional du Patrimoine et de l'Inventaire.
Responsable du projet : X. Pagazani*

Limoges, avril 2015

1 - CONTEXTE

Cette analyse a été programmée dans le cadre d'une opération d'inventaire topographique du patrimoine architectural et paysager de la Vallée de la Vézère, engagée par le SRPI d'Aquitaine en 2011 et dont X. Pagazani est le responsable scientifique.

L'opération repose essentiellement sur des études archéologiques du bâti et des recherches en archives. Toutefois, un certain nombre d'édifices représentatifs des différents ensembles identifiés (mise en oeuvre et stylistique) et dont les charpentes présentent un potentiel de datation a priori satisfaisant (voir 2) sont sélectionnés pour une analyse par dendrochronologie.

Le premier objectif est de poser des marqueurs chronologiques qui permettront de proposer une datation relative pour les édifices similaires qui n'ont pas pu bénéficier de telles analyses. Le second objectif est, à plus grande échelle mais en suivant le même protocole, de contribuer à une étude thématique sur les charpentes et les matériaux de couverture en Aquitaine, étude également menée par le SRPI (X. Pagazani).

Après les trois maisons de Montignac, c'est à Saint-Léon-sur-Vézère que deux petits châteaux voisins – Clérans et La Salle - ont été sélectionnés pour l'analyse. Ce rapport présente les résultats obtenus pour la charpente de la tour maîtresse du château de La Salle.

2 - PRINCIPE DE L'ANALYSE PAR DENDROCHRONOLOGIE

2.1 - L'ARBRE, ENREGISTREUR PERMANENT ET AUTOMATIQUE DES VARIATIONS DE SON ENVIRONNEMENT.

Sous l'influence des facteurs environnementaux à impact permanent comme le climat et à impact occasionnel, comme les hommes, les animaux et les autres végétaux, la largeur des cernes annuels des arbres – c'est à dire la quantité de bois produit – varie d'une année à l'autre. L'utilisation des cernes de croissance des arbres à des fins scientifiques repose sur cette variabilité.

Pour chaque bois étudié, les largeurs des cernes sont mesurées sous loupe stéréoscopique avec une précision de 1/100 mm, afin de construire le patron de croissance de l'arbre dans lequel le bois a été débité (figure 1).

2.1.1 - Des variations temporelles

Lors de l'analyse du patron de croissance d'un arbre ou d'un groupe d'arbres, deux niveaux temporels de lecture peuvent être distingués (Fritts, 1987 ; Schweingruber, 1988) (figure 1).

Le signal de haute fréquence, dont le pas de temps est annuel, représente les variations rapides de la largeur des cernes. Il est presque exclusivement lié aux conditions climatiques durant la saison de végétation.

Le signal de moyenne et/ou basse fréquence, dont le pas de temps varie de quelques années à plusieurs dizaines d'années, est lié non seulement aux cycles et tendances climatiques, mais aussi aux fluctuations des facteurs biotiques et à la tendance d'âge.

2.1.2 - Des variations spatiales

Les variations de croissance d'origine climatique sont observées à une échelle régionale, alors que les variations d'origine biotique comme les déboisements / chablis, régénération de la forêt / plantations, émondages, etc... sont observées à une échelle locale, voire stationnelle (Belingard et al., 1997).

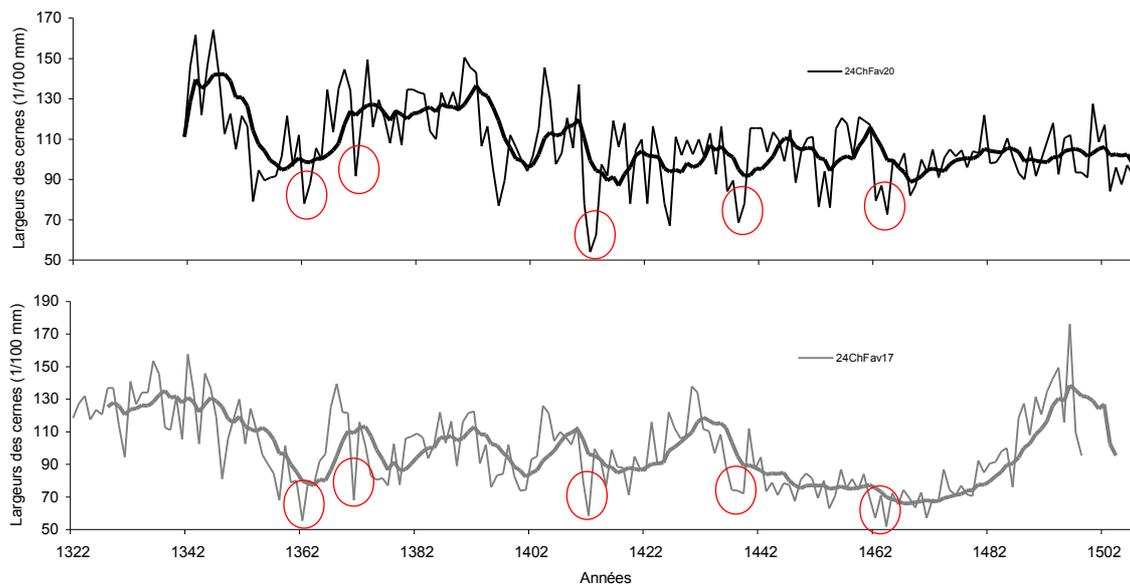


Figure 1 : patrons de croissance de deux bois de la même charpente. Signal de haute fréquence (traits fins) et signal de moyenne fréquence (traits épais). Signal commun d'origine climatique (cercles rouges).

2.1.3 - Des variantes d'un arbre à l'autre

La variabilité inter-individuelle du signal enregistré peut être importante. En effet, en fonction de ses exigences écologiques (liées à l'essence) et des particularités stationnelles (substrat, statut dans le boisement...), chaque arbre inscrit dans ses cernes de croissance sa propre interprétation des variations de son environnement.

Il est admis que pour être le reflet d'un événement climatique, une variation donnée dans la largeur des cernes doit concerner plusieurs individus (Schweingruber et al., 1990) (figure 1). Les analyses dendrochronologiques sont donc menées sur des lots de bois – en général 6 à 10 bois par période chronologique supposée – afin de pouvoir travailler sur le signal climatique commun et de gommer les particularités individuelles en construisant une chronologie moyenne.

2.2 - LA DATATION DES BOIS ANCIENS

Quand l'analyse dendrochronologique vise à dater un bois ancien, c'est concrètement la date d'abattage de l'arbre dans lequel ce bois a été débité qui est recherchée, car elle correspond, dans la plupart des cas, à la date de mise en oeuvre du bois sur le chantier (Hoffsummer 2002). C'est donc la date de l'élaboration du dernier cerne avant l'écorce qui est

intéressante. Si la pièce de bois est équarrie, l'écorce et les derniers cernes ont disparu et la date d'abattage doit être estimée. C'est possible s'il s'agit de chêne et si au moins un cerne d'aubier a été conservé, car il est admis que l'aubier des chênes comporte entre 2 et 40 cernes (Lambert, 1998). S'il ne reste pas d'aubier – et pour toute autre essence que le chêne – seule une date *post quem* peut être donnée.

La datation par l'analyse dendrochronologique repose sur la comparaison – par glissement pas à pas – du patron de croissance des bois à dater avec le patron de croissance d'ensembles de bois déjà datés (références) (figure 2). L'objectif étant de trouver la position pour laquelle la ressemblance (le synchronisme) entre les courbes est statistiquement et graphiquement significative.

En raison de la variabilité inter-individuelle (voir 2.1.3), si un synchronisme satisfaisant entre deux patrons de croissance tend à prouver que les arbres étaient contemporains, une *absence de synchronisme* satisfaisant *ne prouve pas* que les arbres n'étaient pas contemporains.

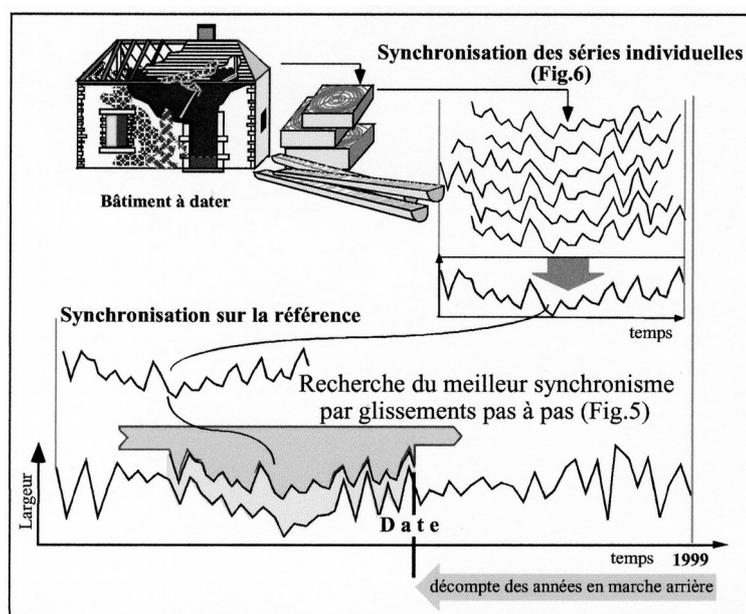


Figure 2 : datation de bois anciens (d'après Lambert, 1998)

Le nombre d'années de la série à dater est donc déterminant pour le succès de la datation. En effet, si la série est courte (< 50 ans), la probabilité que son patron de croissance ressemble à plusieurs périodes du référentiel est plus élevée. Concrètement, la recherche de synchronisme a les plus grandes chances d'aboutir lorsque le nombre d'années sur lequel porte la comparaison est supérieur à 80.

2.2.1 - Les calculs statistiques

La recherche de synchronisme est menée sur le signal de haute fréquence parce qu'il est quasi exclusivement d'origine climatique, c'est-à-dire enregistré à une échelle régionale et non perturbé par les changements environnementaux locaux d'origine biotique.

De fait, les calculs ne peuvent être réalisés directement sur les largeurs de cernes. En routine, deux tests statistiques permettent de quantifier la qualité du synchronisme.

Le premier est un test non paramétrique qui ne prend en compte que le sens de la variation interannuelle (Test de Eckstein, figure 3). Le second est un calcul de corrélation mené

sur des données standardisées (indice Except visant à amortir le signal de basse et moyenne fréquence (Lambert et al, 1992, Guibal et al., 1991)). La fiabilité du coefficient de corrélation est estimée par un test de Student.

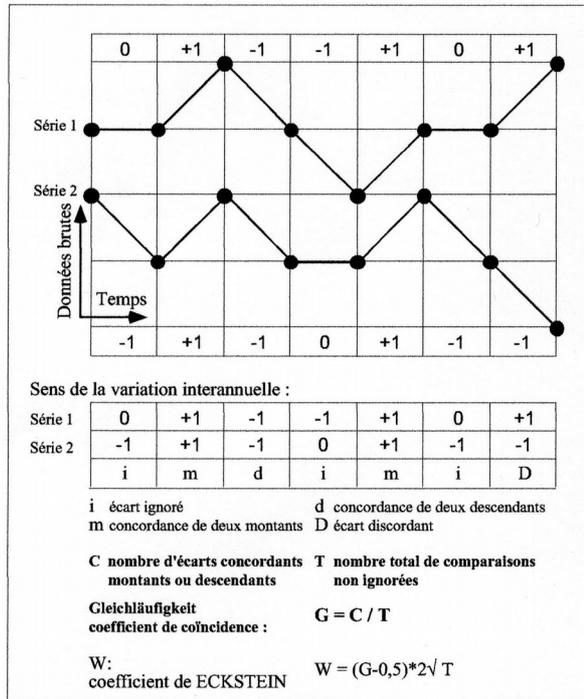


Figure 3 : test de Eckstein (1969)

2.2.2 - Présentation des résultats

La recherche de synchronisme par glissement produit une série de valeurs (figure 4) ; les meilleures propositions sont vérifiées graphiquement et une seule doit être jugée suffisamment exceptionnelle pour que la datation soit validée.

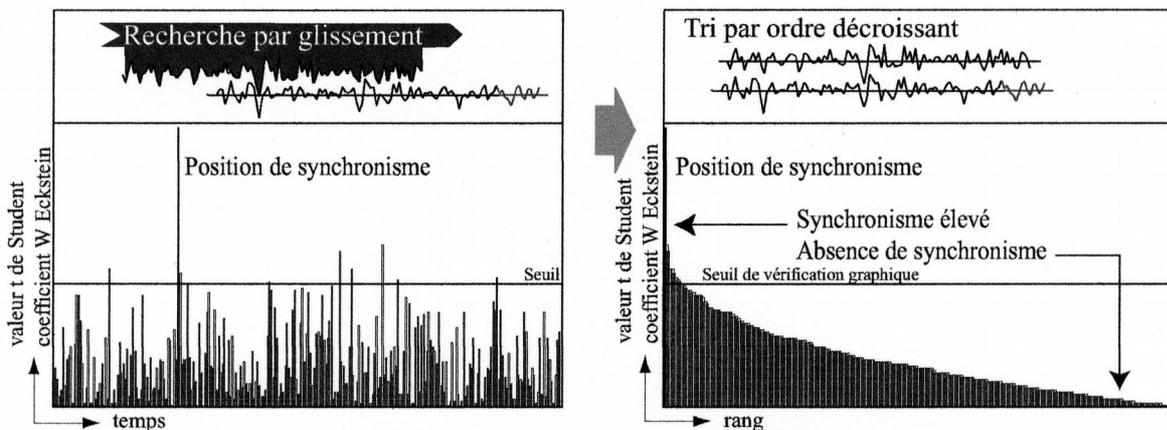


Figure 4 : recherche de synchronisme par glissement (graphique O. Girardclos et C. Perrault – Cedre).

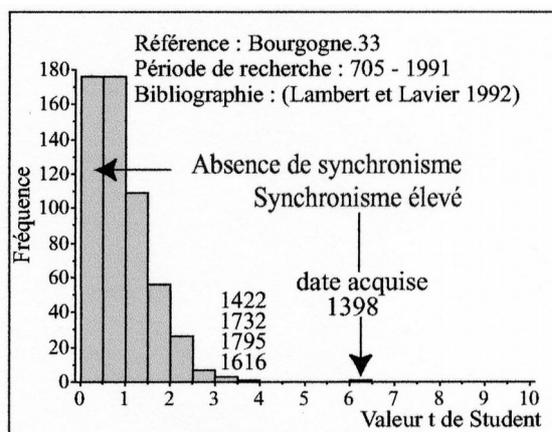


Figure 5 : présentation des résultats : justification du choix de la date (graphique O. Girardclos et C. Perrault – Cedre).

La décision de sélectionner l'une des propositions relève de la responsabilité du dendrochronologue ; c'est pourquoi la justification de ce choix est indispensable. Sur la figure de présentation des résultats (figure 5), plus la valeur de T correspondant à la date retenue est rejetée loin de la distribution statistique, plus le risque d'erreur est faible. La récurrence du résultat (même date proposée avec plusieurs références) est également un critère important pour la sélection de la date.

3 - MATÉRIEL ANALYSÉ

La charpente de la tour maîtresse, de plan carré, du château de la Salle est de type chevrons formant fermes. La couverture est en lauzes.

C'est une charpente complexe dont l'enrayure basse est supportée par 4 cloisons en pan de bois – poteaux d'angles, sablières basses et hautes, poteaux et croix de Saint-André. Cette enrayure basse, constituée d'entrails, de demi-entrails, coyers et goussets, est assez imposante. La partie haute de la charpente - entrails, faux-entrails, chevrons, jambettes et poinçons - a été restaurée dans les années 60-70 et de nombreuses pièces ont été changées ou déplacées.

L'analyse dendrochronologique vise à dater les bois anciens de la partie basse (pan de bois et enrayure), moins remaniée, et plus accessible. Pour une description détaillée de la charpente, voir les travaux de X. Pagazani.

3.1 - EXAMEN VISUEL DES BOIS

Avant tout prélèvement d'échantillons, l'examen visuel des bois composant les structures à étudier est indispensable. Toute information relative à leur mise en oeuvre est recherchée : il s'agit de vérifier une éventuelle cohérence dans les marques d'assemblage des fermes et contreventements (charpentes) et de repérer les indices de remplois (mortaises ou encoches orphelines) ou de réfection (assemblages retouchés,).

Cet examen a été réalisé par les chercheurs du SRPI. En raison de la restauration évoquée plus haut, les quelques marques d'assemblage réalisées à la rainette qu'il a été

possible de repérer ne constituent pas un ensemble cohérent. Toutefois, mis à part les pièces remplacées au XX^e siècle et qui sont facilement identifiables, l'enrayure et ses cloisons porteuses semblent former un ensemble relativement homogène.

3.2 - ACQUISITION DES DONNÉES

La sélection définitive du corpus de bois à échantillonner doit également intégrer un certain nombre de considérations dendrologiques comme la présence d'aubier ou de cambium (cf 2.2) et la longueur des séries de cernes. D'autres contraintes doivent être également prises en compte telles que l'orientation du rayon de prélèvement le plus pertinent (moelle – écorce) et son accessibilité, c'est-à-dire si le positionnement adéquat de la tarière est envisageable ou non.

Plusieurs pièces de bois anciennes présentaient des flaches avec le cambium, elles ont été échantillonnées en priorité (tableau 1A). Les campagnes d'analyse précédentes, en particulier à Montignac, ayant montré que sur ce territoire, le taux de chronologies flottantes non datées pouvait être relativement important même pour des structures a priori homogènes, tous les bois accessibles ayant conservé de l'aubier ont également été prélevés. Quelques pièces bien délimitées mais présentant des séries de cernes d'une longueur a priori intéressante ont été ajoutées afin de renforcer l'effectif du corpus et augmenter les chances d'obtenir une moyenne composée de suffisamment d'individus pour être représentative du signal climatique de la période.

Identifiant	Localisation	Taxon	Anatomie DC
lasalle01	poteau sud-est du pan de bois	chêne fc	aubier
lasalle02	poteau nord-est du pan de bois	chêne fc	aubier
lasalle03	poteau nord-ouest du pan de bois	chêne fc	aubier
lasalle04	poteau central du pan de bois nord	chêne fc	cambium
lasalle05	croix de Saint-André du pan de bois nord	chêne fc	aubier
lasalle06	croix de Saint-André centre-nord du pan de bois est	chêne fc	aubier
lasalle07	poteau sud du pan de bois est	chêne fc	cambium
lasalle08	croix de Saint-André ouest du pan de bois sud	chêne fc	cambium
lasalle09	chevron face sud	chêne fc	duramen
lasalle10	demi entrait sud de l'enrayure basse	chêne fc	duramen
lasalle11	gousset sud-est de l'enrayure basse	chêne fc	aubier
lasalle12	entrait sud de l'enrayure basse	chêne fc	aubier
lasalle13	demi gousset sud-ouest de l'enrayure basse	chêne fc	aubier
lasalle14	sablère ouest (bois sud)	chêne fc	limite aubier
lasalle15	demi coyer nord-ouest de l'enrayure basse	chêne fc	cambium
lasalle16	coyer de l'angle nord-est de l'enrayure basse	chêne fc	cambium
lasalle17	demi coyer nord (est) de l'enrayure basse	chêne fc	cambium
lasalle18	demi coyer est (nord) de l'enrayure basse	chêne fc	cambium

Tableau 1A : Localisation et anatomie des bois échantillonnés dans la charpente du château de La Salle. Chêne fc : chêne à feuillage caduc (Quercus fc). Anatomie DC : anatomie du dernier cerne observé sur le bois.

Tous les bois échantillonnés présentent les caractéristiques anatomiques du chêne à feuillage caduc, *Quercus fc* (Schweingruber, 1982). Les chênes caducifoliés dont l'aire naturelle de répartition inclut la Dordogne sont essentiellement le chêne pédonculé (*Quercus robur*), le chêne sessile (*Quercus petraea*) et le chêne pubescent (*Quercus pubescens*) (Rameau et al. 2009, Jacamon 2001).

Un certain nombre d'observations a été réalisé sur les bois échantillonnés – présence de noeuds, traces d'outils, mode de débitage (tableaux 1B). Ces données sont fournies pour archivage (cf synthèses typo-chronologiques) et ne seront pas exploitées dans le cadre de ce rapport.

Identifiant	Aspect du bois	Traces d'outils	Débitage
lasalle01 – pan de bois	bon	hache et doloire	bois de brin
lasalle02 – pan de bois	peu noueux	hache et doloire	bois de brin
lasalle03 – pan de bois	bon	hache et doloire	bois de brin
lasalle04 – pan de bois	bon	doloire	bois de brin
lasalle05 – pan de bois	noureux	doloire	bois de brin
lasalle06 – pan de bois	peu noueux	hache et doloire	bois de brin
lasalle07 – pan de bois	bon	hache et doloire	bois de brin
lasalle08 – pan de bois	bon	doloire	bois de brin
lasalle09 - chevron	bon	doloire	bois de brin
lasalle10 - enrayure	noureux	hache et doloire	bois de brin
lasalle11 - enrayure	noureux	hache et doloire	bois de brin
lasalle12 - enrayure	noureux	doloire	bois de brin
lasalle13 - enrayure	bon	hache et doloire	bois de brin
lasalle14 - enrayure	noureux	doloire	bois de brin
lasalle15 - enrayure	noureux	doloire	bois de brin
lasalle16 - enrayure	peu noueux	hache et doloire	bois de brin
lasalle17 - enrayure	peu noueux	doloire	bois de brin
lasalle18 - enrayure	peu noueux	doloire	bois de brin

Tableau 1B : Aspect et tracéologie des bois échantillonnés dans la charpente du château de La Salle. Bois de brin : bille équarrie.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une tarière électrique Walesch et avec la collaboration de François Blondel (doctorant en dendrochronologie). Les trous de forage ont été rebouchés avec des cylindres en bois de chêne.

Comme souvent avec les bois de charpente, l'aubier était attaqué par les xylophages et a été systématiquement abîmé ou détruit par le passage de la tarière. Aucun cambium n'a été conservé mais l'épaisseur d'aubier a pu être mesurée dans plusieurs trous de forage (voir plus loin l'interprétation des dates obtenues).

Les largeurs des cernes de chaque échantillon ont été mesurées sous loupe stéréoscopique (chaîne de mesure semi-automatisée) avec une précision de 1/100 mm.

Une chronologie individuelle a été construite pour chacun des bois échantillonnés. La plus courte compte 31 ans (lasalle05), la plus longue 114 ans (lasalle01).

4 - RÉFÉRENTIEL UTILISÉ

Les références actuellement disponibles pour le chêne font partie des bases de données suivantes (réseau d'échange concerté des données) :

- base CNRS, version publique du 30 septembre 2002
(Auteurs : CNRS, Université de Franche-Comté, Besançon : Vincent Bernard, Virginie Chevrier, Claire Doucerain, Olivier Girardclos, Frédéric Guibal, Georges Lambert, Catherine Lavier, Christine Locatelli, Christophe Perrault, Patricia Perrier).
- base CEDRE (Christophe Perrault)
- base Christelle Belingard
- références communiquées par leurs auteurs (précisé dans le texte).

5 - DATATION

5.1 - INTERDATATION – CONSTRUCTION DE LA MOYENNE DU SITE

Les chronologies individuelles ont été comparées deux à deux statistiquement et graphiquement. Quelques synchronismes de bonne qualité et la cohérence des corrélations croisées tendent à montrer que les arbres dans lesquels ont été débités 10 des bois étudiés étaient contemporains (figure 6). Leurs patrons de croissance ont donc été assemblés en une chronologie moyenne : lasalleM1.

Les chronologies lasalle09 et 17 sont probablement contemporaines de ce groupe mais la qualité des synchronismes n'est pas assez probante. Ces séries n'ont pas été assemblées à la moyenne, afin de ne pas biaiser la significativité du signal climatique en cas d'erreur, mais la cohérence entre leur datation relative sur la moyenne et une possible récurrence pour une date absolue sur le référentiel sera vérifiée à l'étape suivante.

Les 6 autres chronologies individuelles (n°02, 05, 06, 09, 12, 14, 15 et 17) sont restées isolées.

Il faut rappeler à ce stade de l'analyse que si un synchronisme statistique et graphique significatif entre deux patrons de croissance tend à montrer que les arbres étaient contemporains, l'absence de synchronisme significatif ne prouve pas que les arbres n'étaient pas contemporains.

La chronologie moyenne lasalleM1 ainsi que les chronologies individuelles isolées de plus de 50 cernes lasalle02, 06, 09, 12, 15 et 17 ont ensuite été comparées au référentiel de chêne couvrant le dernier millénaire.

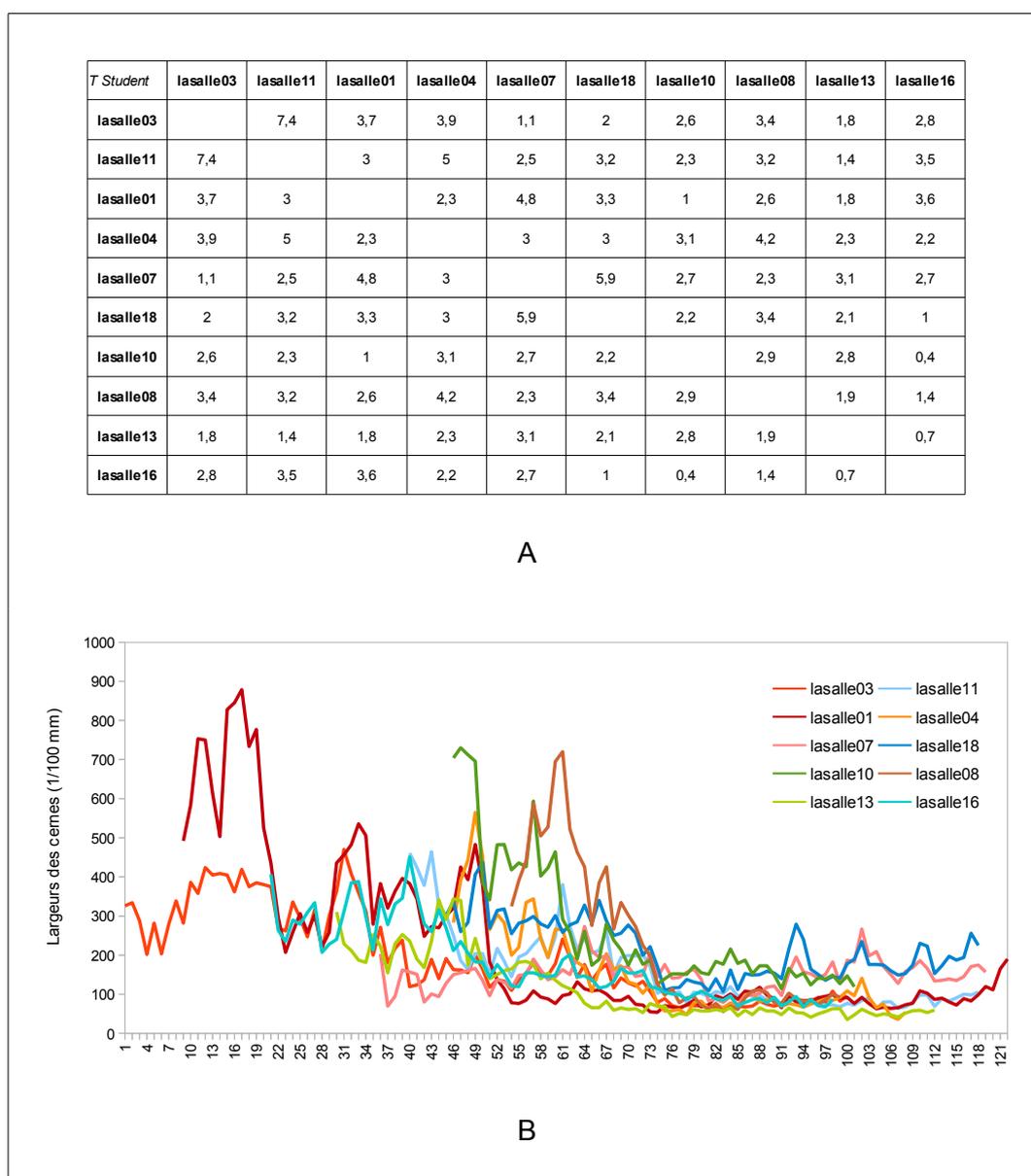


Figure 6 : A - matrice de corrélations de la moyenne lasalleM1. Valeurs du T de Student. Longueur de calcul (chevauchement des courbes) supérieure à 25 ans : risque d'erreur théorique < 0,001 quand $T > 3,5$, et risque d'erreur théorique < 0,01 quand $T > 2,8$. Tmoyen = 2,8 / STD = 1,3

B – synchronisme graphique des patrons de croissance assemblés dans la moyenne. Les couleurs chaudes sont attribuées aux éléments du pan de bois et les couleurs froides aux bois de l'enrayure basse.

5.2 - DATATION – RECHERCHE DE SYNCHRONISME AVEC LES RÉFÉRENCES

La datation n'est effective que si les calculs statistiques révèlent un synchronisme significatif entre la chronologie à dater et plusieurs références les plus indépendantes possible les unes des autres, c'est-à-dire construites avec des bois différents (voir 2.).

5.2.1 – La chronologie moyenne lasalleM1

La chronologie moyenne lasalleM1 est longue de 122 ans et elle représente les variations de croissance communes à 10 arbres (figure 6). Les contraintes liées à la méthode sont respectées et les conditions de la recherche de synchronisme sont satisfaisantes.

Une position de synchronisme est proposée de façon très récurrente par les tests statistiques, elle correspond à la date de 1493 pour le dernier cerne de lasalleM1. Plus de la moitié des références du sud-ouest / centre-ouest / centre proposent 1493 – jusqu'à plus de 80% en Aquitaine et en Poitou. La totalité des références de Midi-Pyrénées proposent cette date (figure 7 centrale). Le niveau de synchronisme atteint est élevé ($T > 7$) et les meilleurs résultats sont obtenus avec des sites de Dordogne (le château de Lanquais), du Lot, du Tarn et de Charente (figure 7 périphérique).

En conclusion, compte tenu de la longueur de la chronologie (+++), du nombre d'individus qu'elle représente (++), et de l'état du référentiel de chêne autour du site pour la période concernée (+++) d'une part, de la récurrence de la proposition (+++) et des niveaux de synchronisme observés (++) d'autre part, la date de **1493 pour le dernier cerne mesuré de lasalleM1 est retenue avec un risque d'erreur quasi nul.**

5.2.2 – Les chronologies individuelles lasalle09 et 17.

Les chronologies individuelles lasalle09 et lasalle17 sont longues respectivement de 88 et 79 ans et elles représentent les variations de croissance d'un seul arbre chacune. Les contraintes liées à la méthode ne sont pas totalement respectées et les conditions d'analyse ne sont pas bonnes mais il s'agit là surtout de rechercher une possible cohérence entre leur date relative sur la moyenne et une proposition récurrente sur le référentiel.

Le test est concluant. La date de 1480 pour le dernier cerne de la chronologie lasalle09 est proposée de façon récurrente par les tests statistiques, ce qui est cohérent avec sa position de synchronisme probable sur la moyenne (position 22, $T = 3,1$). De même, la date de 1476 est proposée de façon récurrente pour le dernier cerne de lasalle17 (position 27 sur la moyenne, $T = 3,5$). **Les dates de 1480 et 1476 pour les derniers cernes mesurés de lasalle09 et lasalle17 sont retenues avec un risque d'erreur quasi nul.**

5.2.3 – Les chronologies individuelles lasalle02, 06, 12 et 15.

Les chronologies individuelles lasalle02, 06, 12 et 15 sont longues respectivement de 95, 54, 57 et 76 ans et elles représentent les variations de croissance d'un seul arbre chacune. Les contraintes liées à la méthode ne sont pas respectées et les conditions d'analyse ne sont pas bonnes.

Aucune position de synchronisme significative et récurrente n'a pu être mise en évidence entre ces chronologies et les références de chêne. **Lasalle02, 06, 12 et 15 ne sont pas datées.**

Toutes les séries de largeurs de cernes sont fournies en annexe.

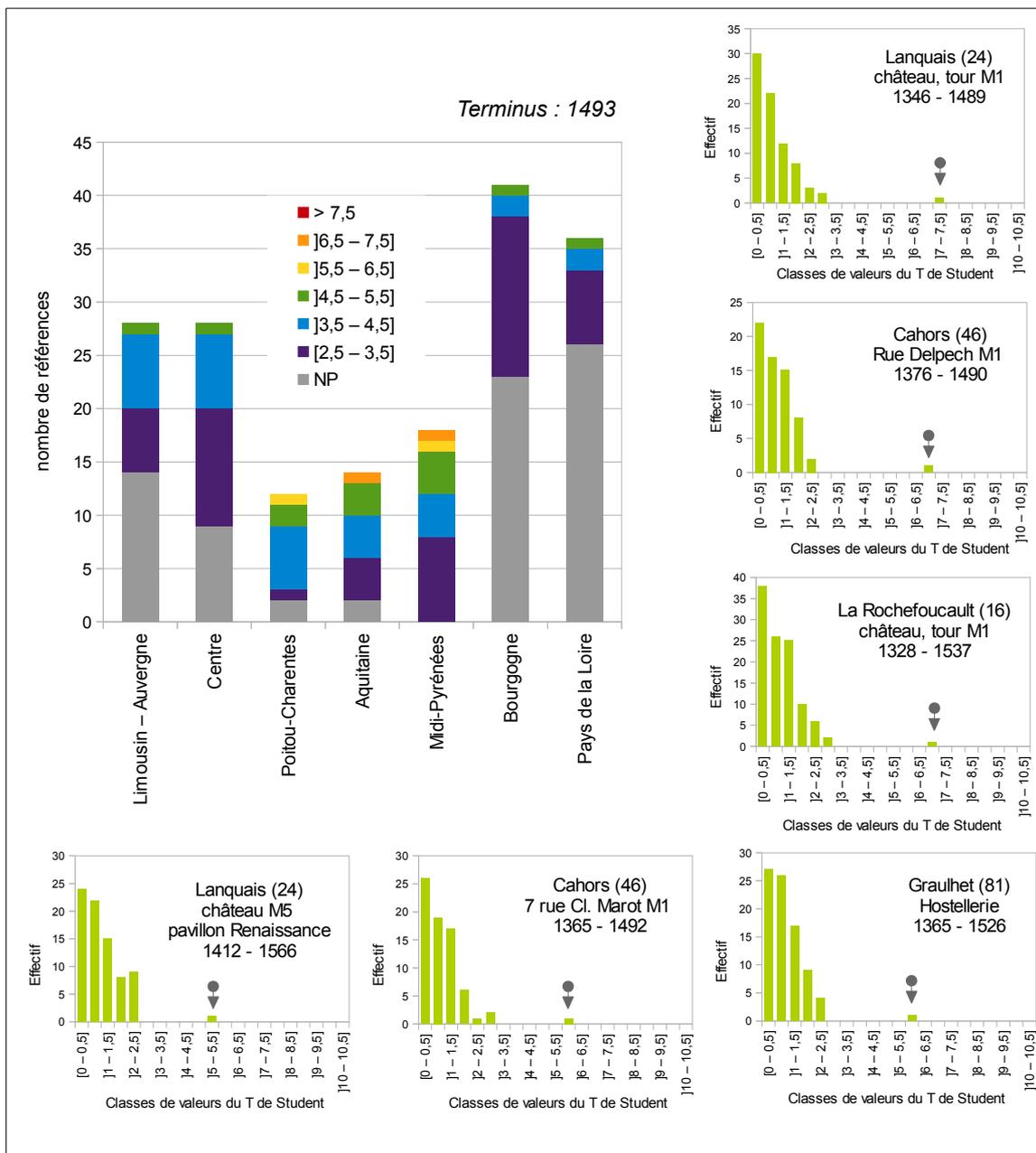


Figure 7 : résultats de la recherche de date pour la chronologie moyenne lasalleM1. Graphique central : récurrence de la proposition pour un terminus en 1493 et niveaux de synchronisme obtenus lors de la comparaison avec le référentiel de chêne du Sud Ouest / Centre / Centre-Ouest couvrant la période [1372 – 1493] (N = 101). Longueur de calcul minimum (chevauchement des courbes) : 50 ans. Les couleurs représentent les classes de valeurs du T de Student ; NP (gris) : T < 2,5 ou date non proposée. Graphiques périphériques : meilleurs résultats de synchronisme obtenus ; la flèche marque la valeur de T associée à la date de 1493.

6 – INTERPRÉTATION - LES DATES D'ABATTAGE

Quelques rappels et définitions :

TER (terminus) : date d'élaboration du dernier cerne mesuré sur le bois

Cambium : couche de cellules embryonnaires, génératrice du bois et d'une partie de l'écorce (liber) ; sa présence indique que la série de cernes est complète, c'est-à-dire que le dernier cerne élaboré par l'arbre avant d'être abattu est bien présent sur le bois. Ce dernier cerne peut être incomplet si l'arbre a été abattu en cours de saison de végétation (printemps/été).

Aubier : cernes périphériques, juste avant le cambium et l'écorce, dans lesquels circule la sève montante.

Duramen : bois de coeur, ayant perdu sa fonction conductrice de la sève montante. Ses vaisseaux sont obstrués par des thylles et se chargent en tanins. C'est la duraminisation.

Si le dernier cerne mesuré sur un bois de chêne est un cerne d'aubier : le nombre de cernes d'aubier manquant (cf équarrissage ou érosion) peut être estimé ; car l'aubier compte 21 +/- 19 cernes dans 95% des cas, soit 2 à 40 cernes (Lambert, 1998).

Si le dernier cerne mesuré sur un bois de chêne est un cerne de duramen et pour toute autre essence que le chêne : la date obtenue est une date post quem (pq), c'est-à-dire la date après laquelle l'arbre a été abattu ; il est impossible de donner plus de précisions puisque le nombre de cernes perdus ne peut être estimé. Toutefois, sauf modes de débitages particuliers, il paraît raisonnable – dans le cas du chêne - de ne pas situer la date d'abattage au delà de 50-60 ans après le TER.

Lorsque le cambium est présent sur un bois de chêne, mais que l'aubier est déconnecté du duramen sur l'échantillon ou quand il est trop détérioré par les vers : les cernes d'aubier ne doivent pas être mesurés et inclus dans le patron de croissance (nombre incertain = source d'erreur ou d'échec possible lors de la recherche de synchronisme). Le nombre de cernes visibles entre le duramen et le cambium est alors simplement compté, ce qui permet de situer à plus ou moins 5 ans près la date d'abattage de l'arbre dans la fourchette d'estimation théorique (cf 2 à 40 cernes d'aubier).

Lorsque le cambium est présent sur un bois de chêne mais que l'aubier est détruit par la tarière : il est parfois possible de mesurer l'épaisseur d'aubier dans le trou de forage. Le nombre de cernes d'aubiers présents sur le bois peut alors être approximé par le calcul suivant : $\text{Nombre de cernes d'aubier manquants} = \frac{\text{épaisseur d'aubier mesurée dans le trou (mm)}}{\text{moyenne des 5 derniers cernes de duramen mesurés sur l'échantillon (mm)}}$. Ce calcul permet, là encore, de situer à plus ou moins 5 ans près la date d'abattage de l'arbre dans la fourchette d'estimation théorique (cf 2 à 40 cernes d'aubier).

La figure 8 présente le bloc-diagramme d'interprétation de la moyenne datée lasalleM1. Les positions relatives des chronologies individuelles dans la moyenne ont permis de déduire la date d'élaboration du dernier cerne mesuré sur chacun des bois (voir aussi le tableau 2). Puisqu'il s'agissait d'un cerne d'aubier pour 9 d'entre eux, il a été possible d'estimer l'intervalle probable à 95% dans lequel a eu lieu l'abattage de chacun des arbres ayant fourni ces bois.

Cette date d'abattage a pu être précisée à 5 ans près pour lasalle04, 07, 08, 16, 17 et 18 (tableau 2).

Si les 12 arbres datés – ceux de lasalleM1, plus lasalle09 et 17 - ont été abattus lors d'une même campagne de bûcheronnage, elle a eu lieu entre 1494 et 1506. C'est-à-dire après le cerne mesuré le plus récent (1493, lasalle01) et avant la borne supérieure de l'intervalle d'abattage probable le plus ancien (1505, lasalle11). Les estimations conduites à partir de l'épaisseur d'aubier mesurée dans le trou de forage tendent à montrer qu'elle a eu lieu vers 1495 (tableau 2).

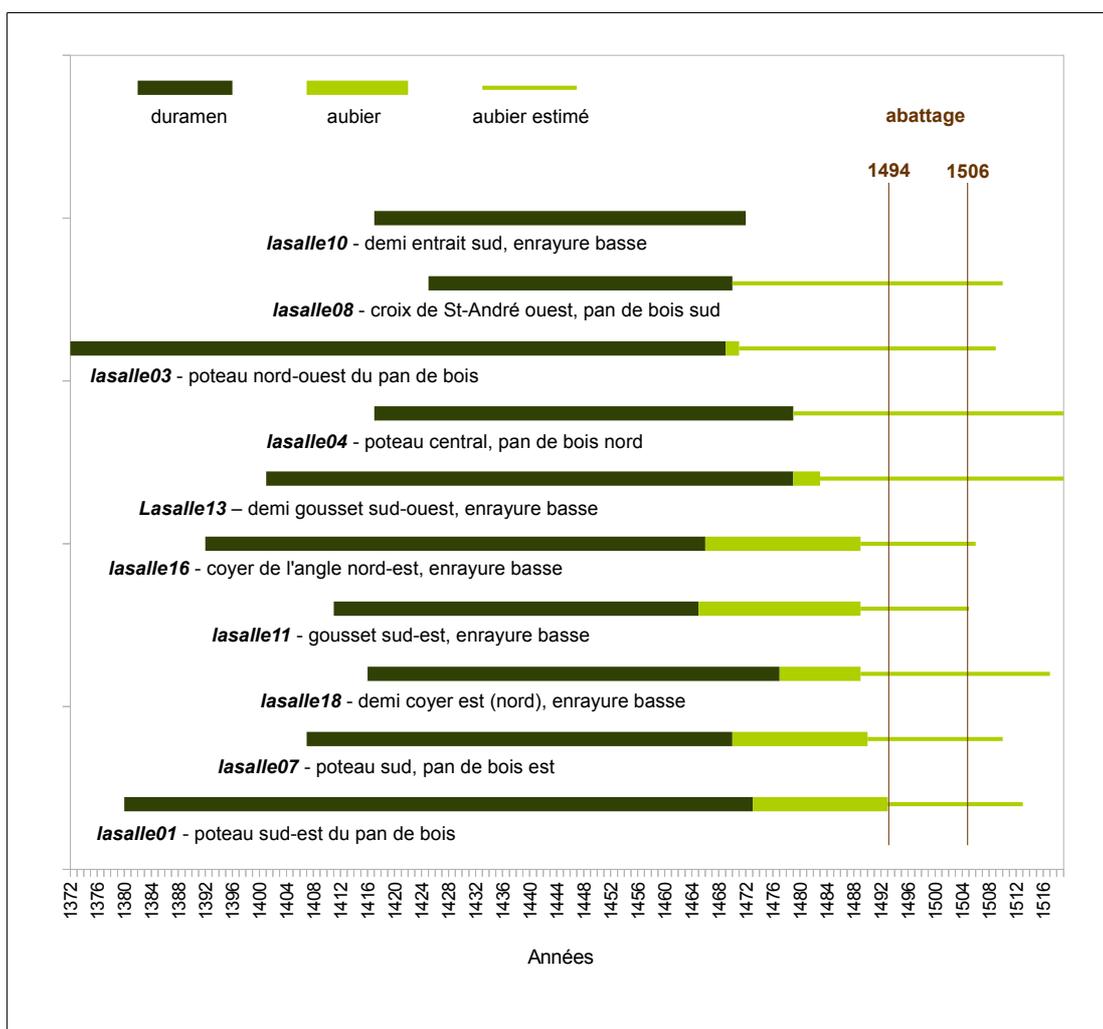


Figure 8 : bloc-diagramme d'interprétation de la moyenne lasalleM1.

Identifiant - fonction	NC (AUB)	TER	Abattage
lasalle01 – pan de bois	114 (20)	1493	[1494 – 1513]
lasalle02 – pan de bois	95 (4)	non daté	-
lasalle03 – pan de bois	100 (2)	1471	[1472 - 1509]
lasalle04 – pan de bois	63 (+ aubier)	1479	[1482 – 1519], vers 1495
lasalle05 – pan de bois	31 (+ aubier)	non daté	-
lasalle06 – pan de bois	54	non daté	-
lasalle07 – pan de bois	84 (20)	1490	[1491 – 1510], vers 1495
lasalle08 – pan de bois	46 (+ aubier)	1470	[1473 – 1510], vers 1495
lasalle09 - chevron	88	1480	après 1480
lasalle10 - enrayure	56	1472	après 1472
lasalle11 - enrayure	79 (24)	1489	[1490 - 1505]
lasalle12 - enrayure	57 (23)	non daté	-
lasalle13 - enrayure	83 (4)	1483	[1484 - 1519]
lasalle14 - enrayure	42 (+ aubier)	non daté	-
lasalle15 - enrayure	76 (+ aubier)	non daté	-
lasalle16 - enrayure	78 (3) + 20 comptés	1469	[1490 – 1506], vers 1496
lasalle17 - enrayure	79 (1)	1476	[1478 – 1514], vers 1494
lasalle18 - enrayure	74 (12)	1489	[1490 – 1517], vers 1493

Tableau 2 : les bois analysés, récapitulatif. TER : date d'élaboration du dernier cerne mesuré sur l'échantillon. NC : nombre de cernes mesurés sur l'échantillon. AUB : nombre de cernes d'aubier.

7 - CONCLUSION

Sur les dix-huit échantillons prélevés dans les bois anciens de la charpente basse de la tour maîtresse du château de La Salle, 12 ont pu être datés avec un risque d'erreur quasi nul de la toute fin du XV^e siècle. Si ces bois ont été abattus au cours d'une même campagne de bûcheronnage, elle a eu lieu vers 1495.

Les deux tiers des bois échantillonnés ont pu être datés, ce qui est relativement satisfaisant pour la zone bioclimatique concernée. Le lot de bois étudiés à La Salle ne permet pas de formuler d'hypothèses concernant l'hétérogénéité / homogénéité des zones de collecte, à travers une étude dendroécologique, comme il a été proposé pour les maisons de Montignac. En effet, à La Salle, les bois échantillonnés sont pour la plupart des bois courts, qui peuvent avoir été prélevés n'importe où dans la bille d'origine et l'âge cambial risque d'être très différent de l'âge de l'arbre, biaisant par là même toute tentative d'interprétation de la dispersion (ou non) des vitesses de croissance moyennes.

8 - BIBLIOGRAPHIE

BELINGARD C. et TESSIER L. 1997 Trees, man and climate over the last thousand years in southern french Alps. *Dendrochronologia* **15** : 73 - 87

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

FRITTS H. C. 1987 Tree rings and Climate I and II. Background document of the Task Force Meeting on Methodology of Dendrochronology : Est / West Approaches. 2-6 June, 1986, Krakow, Poland. Academic Press INC (London) LTD. 567 p.

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

HOFFSUMMER P. (collectif sous la direction scientifique de), 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, p. 75-83.

JACAMON M. 2001 (4^e éd.) Guide de dendrologie. Arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Ed. ENGREF Nancy. 348 p.

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

LAMBERT G. N. 1998 La dendrochronologie, mémoire de l'arbre. Dans : Les méthodes de datation en laboratoire. Collection « archéologiques ». FERRIERE A. (Ed.) Editions Errance, Paris. 13-69.

LCE – 2002 Base CNRS, version publique du 30 septembre 2002 (Auteurs : CNRS, Université de Franche-Comté, Besançon : Vincent Bernard, Virginie Chevrier, Claire Doucerain, Olivier Girardclos, Frédéric Guibal, Georges Lambert, Catherine Lavier, Christine Locatelli, Christophe Perrault, Patricia Perrier)

RAMEAU J.C., MANSION D. et DUME, G. 2009 (ré-édition) Flore forestière française. Tome 1 : plaines et collines. Ed. IDF.

SCHWEINGRUBER F. H. 1982 Anatomie microscopique du bois. Ed : Institut Fédéral de Recherches sur la Forêt, la Neige et le Paysage - Suisse 226 p.

SCHWEINGRUBER F. H. 1988 Tree Rings – Basics and Applications of Dendrochronology. D. Reidel Publishing Company (Kluwer Academic Publishers Group). 276 p.

SCHWEIGRUBER F. H. , ECKSTEIN, D. , SERRE – BACHET, F. , BRAKER, O. U. 1990 Identification, presentation and interpretation of event years and pointer years in dendrochronology. *Dendrochronologia* **8** : 9 –38

ANNEXE – les séries de cernes

```
. lasalle16
ESP
LON 78
POS 21
ORI 1392
TER 1469
VALeur NAT
407 263 235 290 279 309 334 207 228 240
311 385 388 299 213 344 278 331 345 451
356 280 260 316 269 212 235 205 183 182
143 176 153 121 119 155 155 148 144 148
188 202 144 147 138 116 120 133 167 154
154 161 119 115 105 101 99 87 98 108
99 88 84 96 70 79 86 89 78 92
70 81 94 68 86 71 68 86 ;

. lasalle13
ESP
LON 83
POS 30
ORI 1401
TER 1483
VALeur NAT
310 229 212 187 181 252 223 155 229 253
236 190 168 236 341 291 344 340 175 243
176 140 150 160 165 182 184 176 140 154
136 122 114 104 77 66 66 82 59 65
61 63 53 76 69 69 43 51 48 61
57 57 61 57 66 45 59 48 65 57
57 48 65 53 52 41 50 56 63 63
35 47 62 53 45 50 47 42 52 58
59 53 60 ;

. lasalle08
ESP
LON 46
POS 54
ORI 1425
TER 1470
VALeur NAT
325 391 441 588 505 528 695 720 522 463
426 276 385 426 267 335 302 273 225 198
125 98 114 78 91 94 71 63 76 56
70 61 91 109 111 104 78 77 103 89
81 87 73 86 100 93 ;

. lasalle10
ESP
LON 56
POS 46
ORI 1417
TER 1472
VALeur NAT
704 730 712 696 386 341 482 483 418 436
426 594 402 423 464 292 258 190 261 174
189 280 238 214 174 214 177 187 126 140
152 152 151 173 155 151 184 177 216 179
187 152 173 173 149 114 166 144 154 124
142 139 149 127 147 119 ;

. lasalle18
ESP
LON 74
POS 45
ORI 1416
TER 1489
VALeur NAT
301 338 260 284 406 437 269 314 318 255
282 288 299 280 271 301 258 277 285 328
```

```

281 340 288 250 256 277 256 200 222 170
110 116 117 138 131 127 109 140 107 162
112 153 149 150 159 154 140 215 279 240
164 151 136 146 141 178 189 235 176 176
175 160 149 153 175 230 223 153 173 197
187 194 256 225 ;

. lasalle07
ESP
LON 84
POS 36
ORI 1407
TER 1490
VALeur NAT
203 70 95 162 157 151 80 101 94 128
150 155 161 166 136 96 138 131 116 148
150 190 162 137 144 163 150 196 273 211
194 197 144 168 170 146 149 207 144 176
141 143 156 164 138 83 88 79 95 68
96 98 102 118 121 97 154 195 157 152
142 150 183 128 187 183 267 198 209 171
150 128 158 168 186 166 134 136 139 135
145 171 175 157 ;

. lasalle04
ESP
LON 63
POS 46
ORI 1417
TER 1479
VALeur NAT
283 391 444 565 452 265 304 283 200 220
335 344 242 194 266 265 201 181 170 107
161 204 163 173 131 126 103 125 75 57
58 61 48 79 82 64 76 64 77 72
99 103 80 86 84 69 76 73 67 75
81 88 84 92 109 96 141 92 66 75
44 36 54 ;

. lasalle01
ESP
LON 114
POS 9
ORI 1380
TER 1493
VALeur NAT
492 584 753 750 614 503 828 845 879 733
777 525 435 297 207 259 306 258 302 222
259 436 456 482 536 506 279 383 320 363
396 383 344 248 273 270 301 320 425 393
483 381 183 138 114 78 76 85 109 93
88 76 97 101 132 114 109 111 101 84
84 95 74 72 55 54 71 67 64 73
85 68 72 96 89 101 87 108 105 118
98 88 66 97 80 76 76 91 95 98
89 92 76 92 76 63 67 64 66 73
77 109 103 87 90 80 72 89 83 99
120 111 165 190 ;

. lasalle11
ESP
LON 79
POS 40
ORI 1411
TER 1489
VALeur NAT
461 424 378 464 328 303 251 186 163 204
204 152 217 185 145 195 204 226 247 193
247 380 273 216 243 205 212 262 152 194
199 198 201 171 103 112 103 106 79 105
102 95 107 102 119 94 106 95 96 87
92 74 91 82 73 84 77 72 73 68
77 72 84 90 64 80 81 64 68 79
98 98 69 89 83 91 100 98 105 ;

. lasalle03
ESP
LON 100

```

```

POS      1
ORI     1372
TER     1471
VALeur  NAT
  326 334 288 202 282 203 279 339 282 386
  358 424 405 409 405 362 419 375 385 380
  375 269 262 336 295 247 317 213 301 363
  470 408 360 313 200 271 180 217 238 119
  124 137 189 140 191 163 162 155 201 164
  118 137 134 110 137 154 180 155 148 178
  241 196 143 176 135 160 177 116 142 129
  121 133 107 79 89 71 66 72 71 70
  73 65 65 77 70 68 70 82 74 70
  75 84 87 84 84 91 79 108 82 96

```

. St_Leon_sur_V_(24)_chateau_de_La_Salle_M1

```

ESP
LON     122
ORI     1372
TER     1493
VALeur  NAT
  326 334 288 202 282 203 279 339 387 485
  556 587 510 456 616 604 649 554 581 452
  406 276 235 295 293 271 318 214 263 337
  366 372 368 325 236 285 201 247 279 301
  265 215 254 248 255 307 320 299 350 280
  190 228 218 193 219 242 286 237 228 266
  273 229 205 222 170 193 214 161 180 169
  162 147 147 106 103 97 94 94 106 98
  87 98 88 108 86 105 102 107 103 98
  83 113 118 105 97 97 97 109 98 115
  112 147 114 104 103 91 81 93 111 136
  129 101 122 125 121 132 152 151 138 111
  165 190 ;

```

Composante St Leon sur V (24) chateau de La Salle M1

```

C      lasalle03  1
C      lasalle11 40
C      lasalle01  9
C      lasalle04 46
C      lasalle07 36
C      lasalle18 45
C      lasalle10 46
C      lasalle08 54
C      lasalle13 30
C      lasalle16 21

```

;

. lasalle17

```

ESP
LON     79
ORI     1398
TER     1476
VALeur  NAT
  390 407 293 250 361 308 299 301 251 206
  131 207 355 326 246 154 284 234 203 246
  298 318 408 225 154 252 243 137 173 257
  371 207 181 198 152 122 68 70 94 157
  100 89 112 138 117 124 187 214 212 205
  140 172 142 118 129 121 147 174 214 233
  192 205 213 177 108 128 168 216 239 233
  137 109 110 161 198 206 215 182 137 ;

```

. lasalle15

```

ESP
LON     76
POS     65535
VALeur  NAT
  228 401 448 288 282 403 399 431 425 381
  148 166 156 129 158 128 144 360 226 141
  152 160 131 145 199 186 203 173 222 188
  187 197 192 174 197 248 204 195 193 173
  118 145 107 93 76 80 82 92 92 113
  85 101 81 103 83 108 122 118 156 133
  112 161 147 125 137 139 123 122 112 145
  168 221 148 146 144 163 ;

```

. lasalle14
 ESP
 LON 42
 POS 65535
 VALeur NAT
 286 271 159 189 179 217 259 276 305 285
 317 251 320 393 445 351 382 453 386 282
 335 365 353 478 426 429 567 449 381 546
 629 527 406 307 336 254 373 452 411 513
 506 327 ;

. lasalle12
 ESP
 LON 57
 POS 65535
 VALeur NAT
 500 496 449 364 344 369 422 417 317 335
 250 250 353 208 240 273 253 312 350 368
 313 298 317 355 310 331 374 302 304 298
 198 230 178 165 145 190 133 198 107 107
 148 130 117 103 87 96 105 105 138 89
 69 58 75 55 58 72 94 ;

. lasalle09
 ESP
 LON 88
 ORI 1393
 TER 1480
 VALeur NAT
 270 270 367 467 436 451 406 361 293 384
 330 396 327 342 285 247 255 298 240 185
 144 171 173 181 193 182 156 158 158 102
 113 114 130 172 132 124 117 86 125 113
 119 112 114 109 148 146 119 97 105 92
 87 76 42 65 60 46 58 48 59 49
 44 44 49 50 54 59 64 74 76 46
 69 70 78 92 91 78 77 64 61 61
 74 90 88 77 74 66 52 64 ;

. lasalle06
 ESP
 LON 54
 POS 65535
 VALeur NAT
 265 146 150 130 134 91 93 98 150 241
 180 202 271 203 211 298 257 244 323 290
 204 258 259 171 189 192 170 144 178 174
 134 191 194 254 253 233 273 277 214 183
 160 298 186 150 162 154 144 166 146 191
 187 260 208 238 ;

. lasalle05
 ESP
 LON 31
 POS 65535
 VALeur NAT
 382 434 517 431 407 360 294 314 264 348
 205 204 262 218 246 227 217 183 216 124
 110 121 130 149 187 161 134 141 113 150
 132 ;

. lasalle02
 ESP
 LON 95
 POS 65535
 VALeur NAT
 502 562 875 634 412 537 700 615 811 555
 515 515 529 402 381 570 493 457 392 386
 538 385 266 312 441 432 341 426 394 302
 308 268 254 145 141 171 158 170 199 175
 172 168 190 134 163 124 113 115 149 174
 143 234 243 153 160 152 183 241 215 107
 130 142 141 109 113 94 84 106 89 113
 112 90 89 114 85 112 104 115 83 85
 91 98 65 82 77 81 98 80 60 65
 51 59 50 57 60 ;

: