

LES BOIS GORGÉS D'EAU MIS AU JOUR SUR LE SANCTUAIRE ANTIQUE DE SAINT-MARTIN-AU-VAL (CHARTRES, 28) : L'ÉVOLUTION DES MOYENS DE CONSERVATION D'UNE DÉCOUVERTE EXCEPTIONNELLE

EMMANUEL BOUILLY, MARJORIE MAQUEDA, SONIA PAPAÏAN

Résumé Entre 2018 et 2021, des bois gorgés d'eau ont été découverts en bordure de l'Eure, à Chartres, sur le sanctuaire antique de Saint-Martin-au-Val, site sur lequel les campagnes de fouilles préventives puis programmées se succèdent annuellement depuis 2006. Provenant d'un plafond à caissons peint et richement sculpté, ils ont été mis au jour dans un grand bâtiment à bassins en relation avec un temple dédié à Apollon. Un protocole de prélèvement et de conservation a été mis en place dès leur exhumation afin de préserver au mieux les informations portées par ces pièces, qui allaient être reconnues comme « découverte exceptionnelle ». Réalisées par l'équipe chartraine, les interventions de conservation ont été conduites dans un premier temps par les archéologues et une conservatrice-restauratrice, puis en autonomie par les archéologues, une fois sensibilisés à la conservation de ce matériau ultrasensible. L'acquisition progressive de matériels et d'équipements nécessaires à la conservation préventive de ces bois est venue compléter le dispositif de conservation initial en permettant le développement in situ d'une chaîne opératoire complète intégrant conservation et étude.

Mots-clés sanctuaire, plafond, bois gorgés d'eau (BGE), conservation préventive, chaîne opératoire, interaction.

Le sanctuaire de Saint-Martin-au-Val

Les bois gorgés d'eau qui font l'objet de cet article ont été découverts sur le sanctuaire gallo-romain de Saint-Martin-au-Val à Chartres (région Centre-Val-de-Loire; département de l'Eure-et-Loir, 28), cité carnute connue sous le nom antique d'*Autricum*. Depuis 2006, sous la direction du responsable d'opération Bruno Bazin, ce site a fait l'objet de fouilles annuelles, d'abord dans des contextes d'archéologie préventive, puis sous forme de fouilles programmées. Situé en périphérie de la ville antique selon le principe des sanctuaires suburbains, il se développe sur plus de 11 hectares dont une infime portion, d'environ deux hectares à l'angle nord-est, a fait l'objet d'investigations poussées (**fig. 1**). Son étendue a néanmoins pu être appréciée au travers des surveillances de réseaux / travaux systématiques qui ont eu cours dans le secteur. Ce sanctuaire se développe en bas de vallée à proximité de la rivière Eure. Il s'articule autour de trois grands édifices dont les phases de construction débutent lors de

la deuxième moitié du I^{er} siècle, pour une occupation effective dans le courant du II^e - début du III^e siècle et un abandon qui intervient aux environs du milieu du III^e siècle.

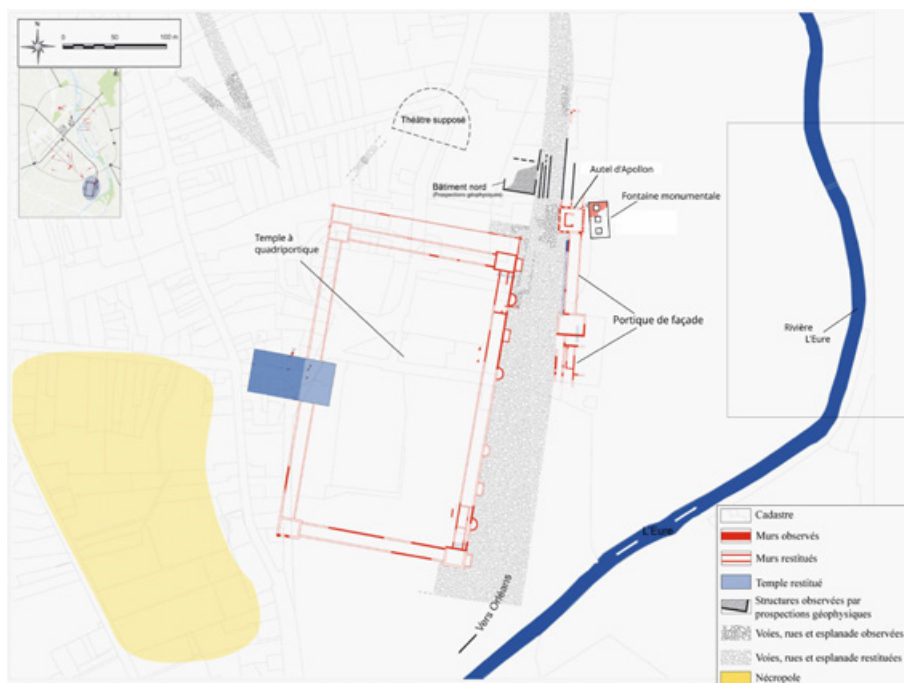


Figure 1 Plan de situation du site de Saint-Martin-au Val par rapport à la ville antique et localisation des différents édifices. © DAO : B. Bazin.

Le premier de ces édifices, le plus imposant, est un immense quadriportique de 300 m sur 200 m (6 ha) qui se caractérise par une grande cour rectangulaire ceinturée de galeries à colonnades agrémentées de grands pavillons à chacun des angles (**fig. 2**). La façade principale, à l'est, est scandée par une alternance d'exèdres et d'absides, tandis que la façade occidentale est fortement pressentie pour recevoir le temple principal¹. À ce stade des recherches, le dieu auquel était dédié ce monument n'est pas encore connu.

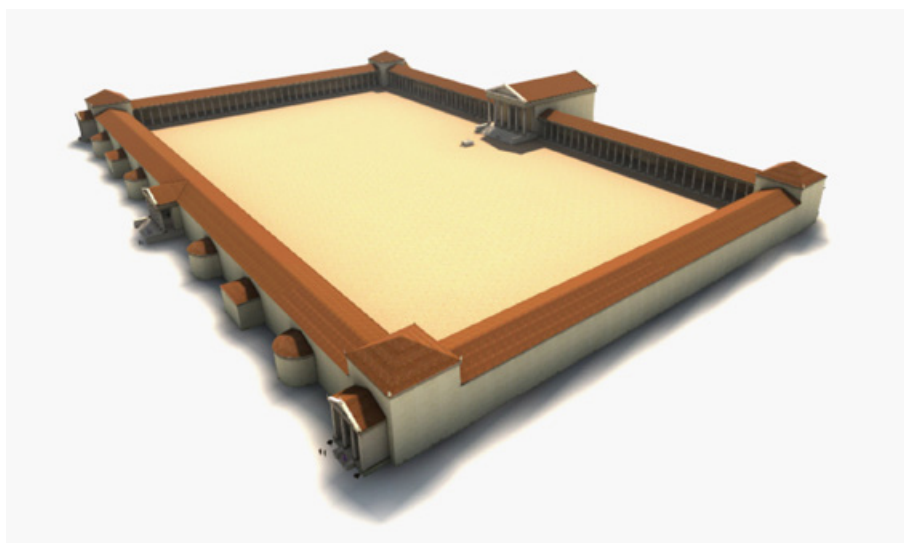


Figure 2 Vue d'artiste en 3D du grand temple à quadriportique. © UTCHA.

¹ Les traces d'un éventuel podium ont été appréhendées lors d'une surveillance de réseau en 2010 (Bazin *et al.*, 2013).

Le second édifice emblématique correspond à un portique qui court le long de la façade orientale du quadriportique et se prolonge vers le nord. Ses limites sud et nord ne sont pour lors pas établies. Connue majoritairement à la faveur de sondages, ce portique semble recevoir plusieurs bâtiments dont la vocation reste obscure. Néanmoins, le bâtiment situé le plus au nord a fait l'objet d'un programme de fouille pluriannuel qui a permis de mettre en évidence un temple dédié à Apollon *Vatumogons* (fig. 3) – Apollon devin – comme en témoignent deux épigraphes et plusieurs éléments de statuaire.

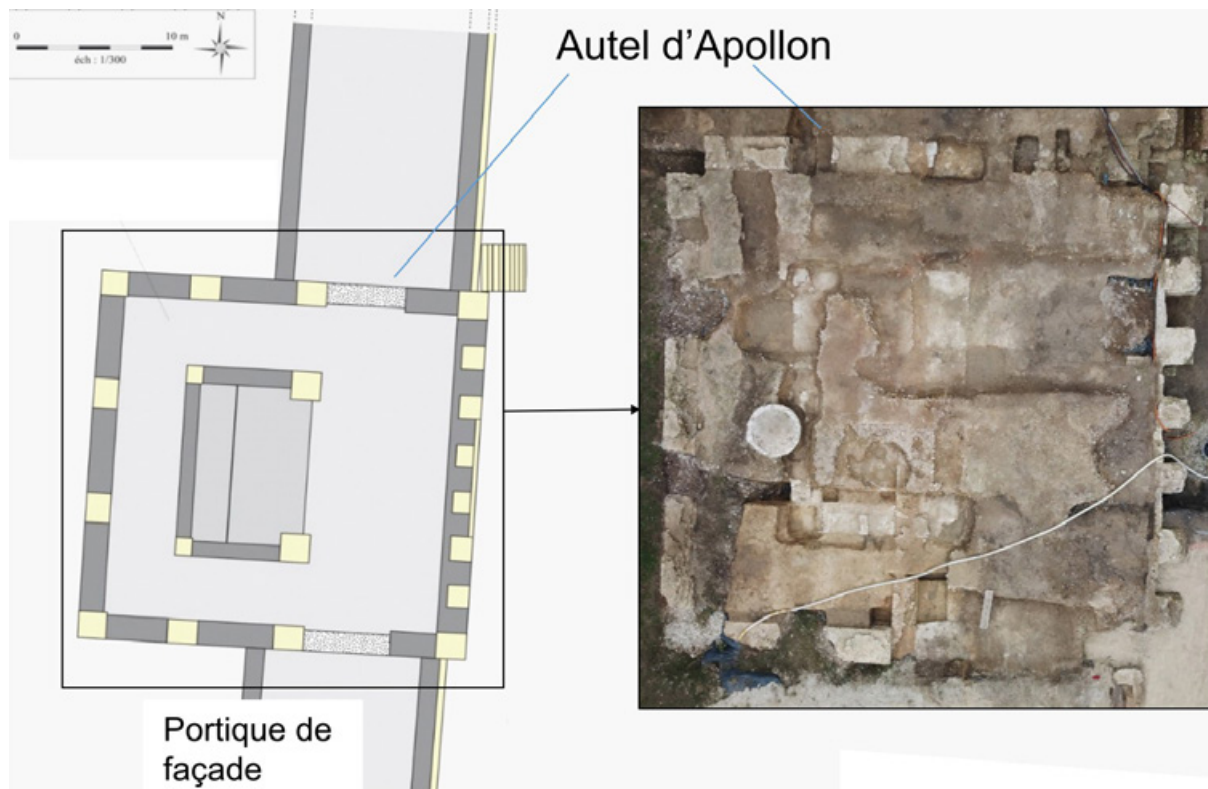


Figure 3 Plan et vue aérienne du temple d'Apollon. © B. Bazin/J. Rossignol/E. Bouilly.

Le troisième édifice autour duquel s'articule cet ensemble correspond à un bâtiment à bassins² de 19 m par 30 m qui se développe directement en contrebas du temple d'Apollon (fig. 4). De plan rectangulaire, les murs sud, ouest et nord sont agrémentés d'alcôves richement décorées de placages en marbre surmontés de fresques figuratives, tandis que le mur de façade orientale reçoit un ordre architectural monumental.

² À ce stade de l'étude, il est difficile de proposer une terminologie en adéquation avec la fonction de ce bâtiment. Le terme « bâtiment à bassins » est pour lors privilégié.



Figure 4 Vue aérienne du bâtiment et des trois bassins. © Bazin/J. Rossignol/E. Bouilly.

Trois bassins en marbre occupent le centre du bâtiment. Les bassins nord et sud sont identiques et déploient sur six degrés de profondeur un dessin qui se complexifie au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre. Au carré de l'ouverture succède une étoile à branches tronquées qui renferme un carré flanqué d'un lobe sur chaque côté. Au centre, ces quatre lobes se rejoignent pour former un cercle parfait qui servait vraisemblablement de réceptacle à une vasque dont il ne reste plus qu'une trace au sol. Ces deux bassins avaient probablement une vocation ornementale et servaient à mettre en valeur le bassin central dont le plan, beaucoup plus sobre, consiste en des carrés imbriqués sur quatre ou cinq degrés de profondeur³. Une petite ouverture est aménagée à l'ouest, probablement pour permettre l'accès au centre du bassin. Sa profondeur, sa position au milieu des deux bassins ornementaux et au centre du bâtiment, son dessin épuré et l'accès à l'ouest sont des indices forts qui laissent supposer que ce bassin était vraisemblablement destiné à accueillir les pratiques liturgiques.

³ Le fond du bassin médian n'a pas été atteint mais se situe à plus de 2,20 m de profondeur, tandis que les bassins nord et sud ne dépassent pas 1,10 m de profondeur. De plus, seule sa moitié ouest a été dégagée. Le plan « carré » a été extrapolé : il pourrait s'agir d'un plan rectangulaire, même si d'un point de vue esthétique, une telle composition peut s'avérer contestable... mais pas impossible.

Sa fouille complète devrait permettre de valider ou non cette hypothèse et, le cas échéant, d'en reconnaître les pratiques.

C'est dans ce contexte riche, dans et autour des bassins nord et sud, qu'a été mis au jour un lot exceptionnel de plus de 2000 pièces de bois gorgées d'eau qui témoignent non seulement de la charpente de l'édifice mais, surtout, des restes inédits d'un plafond à caissons suspendu en bois sculpté et peint.

Le plafond à caissons : histoire de la découverte et état actuel de la recherche

Histoire de la découverte

Programme 2016-2018 : mise au jour des premiers bois gorgés d'eau

L'emprise du premier bassin est connue dès la campagne de fouille 2017. À l'intérieur, la mise au jour d'un enchevêtrement de bois en partie calcinés mais apparemment bien conservés constituait d'ores et déjà une découverte d'exception. À ce stade de la fouille, ces bois étaient encore considérés comme des éléments témoignant de l'effondrement de la charpente du bâtiment.



Figure 5 Mise au jour des premiers éléments du plafond à caissons sur le sol dallé. © S. Papián.

En accord avec le service régional de l'Archéologie (SRA), il est alors décidé d'interrompre provisoirement la fouille du bassin et de préserver ces bois *in situ*, le temps de mettre en place une méthodologie de prélèvement et de conservation adaptée à ce matériau sensible. Un nouveau programme triennal sera déclenché en 2019 et sera spécialement dédié à la fouille, au prélèvement et à l'étude de ces bois.

Dans l'attente de cette nouvelle triennale, les objectifs de recherche de la dernière campagne du programme 2016-2018 ont été recentrés sur l'organisation architecturale du bâtiment à bassins, avec notamment l'extension de l'emprise de fouille, afin de dégager l'angle nord-est et l'éventuel mur de clôture oriental. À cette occasion, sous les amas de tuiles effondrées en contrebas des murs nord et est de l'édifice, de nouveaux fragments de bois calcinés ont été mis au jour sur les espaces de sols en dallage calcaire conservés (**fig. 5**). Contre toute attente, cet ensemble n'était pas constitué de pièces de charpente mais d'éléments de plafond à caissons présentant des motifs finement sculptés (**fig. 6**).



Figure 6 Exemple d'une moulure d'encadrement de rais-de-cœur en ciseau à l'état de conservation exceptionnel. © S. Papaïan.

2018-2019 : constitution d'une équipe pluridisciplinaire

Après concertation, la fouille, le prélèvement ainsi que l'étude des bois issus du bassin nord seront finalement réalisés en interne par la direction de l'Archéologie de Chartres métropole. Le protocole mis en place est le fruit d'une réflexion menée conjointement entre, d'une part, les archéologues qui vont élaborer une méthodologie de fouille et d'enregistrement des données (relevés divers, clichés, base de données, etc.) et, d'autre part, la conservatrice-restauratrice qui apporte son expertise.

Pour la réalisation d'un tel programme de recherche, l'équipe permanente s'est enrichie de nouvelles compétences. Outre les archéologues et la conservatrice-restauratrice, ce sont des collaborateurs aux savoir-faire divers qui ont été sollicités : entomologiste, xylologues, dendrochronologues, spécialistes du mobilier métallique, architectes, menuisiers/charpentiers, ornemanistes, chercheurs en nanotechnologie, chercheurs spécialistes des sources antiques, chercheurs en biochimie, radiologues, etc.

2019-2021 : programme dédié à la fouille, au prélèvement et à l'étude des bois issus du bâtiment à bassins



Figure 7 Fouille des bois du bassin entre 2019 et 2021. © DAO : E. Bouilly.

Trois campagnes de fouille⁴ ont été nécessaires pour extraire l'intégralité des pièces de bois (fig. 7).

La phase de prélèvement a fait l'objet d'un protocole raisonné, qui a été adapté en permanence en fonction des contraintes de positionnement, d'enchevêtrement, de fragilité et du degré de carbonisation de chaque bois. Les nombreuses pièces de bois des caissons, encore assemblées au sein du corpus, ont ajouté une difficulté supplémentaire au prélèvement.

Avant leur démontage, tous les objets ligneux ont été numérotés, photographiés et topographiés. En complément, un relevé par photogrammétrie de l'ensemble a été réalisé avant chaque grande phase de prélèvement.

État actuel de la recherche

À ce jour, plus de 2000⁵ pièces de bois ont été exhumées. Leur état de conservation exceptionnel (cf. *infra*) est en partie dû à un incendie qui ravage le bâtiment vers le milieu du III^e siècle et provoque l'effondrement de la charpente sur le sol et dans les bassins⁶.

Dans l'état actuel des connaissances (Bazin *et al.*, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Bouilly, 2022), deux grandes catégories ont été distinguées : les bois entrant dans la catégorie dite de « la charpente » et ceux de la catégorie « plafond à caisson ».

La catégorie de « la charpente »

Les bois qui entrent dans la catégorie de la charpente correspondent aux éléments qui ont une fonction structurelle dans l'édifice : en d'autres termes, les éléments porteurs. Cette catégorie, très minoritaire sur le site (inférieure à 10 %), est représentée par une majorité de chevrons en chêne, par des poutres de solivage en sapin, plus rarement par des éléments de ferme tels qu'entraits et arbalétriers en sapin. Aussi intéressant ce corpus soit-il, les résultats demeurent limités. Force est de constater que les éléments qui nous sont parvenus sont très lacunaires, peu représentatifs et en trop mauvais état pour espérer avoir une idée précise de la charpente qui couvrait le bâtiment, encore moins apprécier les techniques employées.

La catégorie du « plafond à caisson »

Cette catégorie, très majoritaire, représente une découverte exceptionnelle à plusieurs égards. Elle est exceptionnelle du fait de sa rareté : si des plafonds à caissons en pierre⁷, en trompe l'œil ou en stuc⁸, nous sont parvenus, seul le plafond de la villa du relief de *Telephus*

⁴ Une année supplémentaire a été déclenchée pour compléter certaines données.

⁵ Tant que l'étude n'est pas terminée, il est impossible de donner des chiffres précis, notamment au niveau des comptages, car plusieurs prélèvements en lot se doivent d'être détaillés.

⁶ La question de l'effondrement de la charpente est plus complexe, car les phases de récupération postérieures ont un impact non négligeable sur la répartition des bois à l'intérieur du bâtiment.

⁷ Le Panthéon à Rome ou la maison carrée de Nîmes, pour ne citer qu'eux.

⁸ On citera La *Domus Aurea* à Rome qui possède des plafonds à caissons peints en trompe-l'œil et en stuc ou, en Gaule, la villa d'Entrains-sur-Nohain dans la Nièvre, qui présente un programme stuqué exceptionnel (Boislève, 2018).

d'*Herculanium* faisait référence en ce qui concerne les plafonds en bois⁹. Elle l'est aussi de par son état de conservation remarquable : si la majorité des pièces a subi les outrages de l'incendie et du temps, une proportion non négligeable nous est parvenue quasiment intacte. Enfin, elle demeure exceptionnelle dans le sens où les solutions techniques qui ont été privilégiées témoignent d'un savoir-faire parfaitement maîtrisé et extrêmement abouti.

Le but ici n'est pas de faire une analyse technique poussée, mais de présenter brièvement l'ouvrage tel que nous le percevons à ce stade de l'étude. D'un point de vue structurel, ce plafond est en fait un faux-plafond suspendu qui, en plus de sa vocation esthétique, masque la charpente. Le lien avec cette dernière est assuré par un système totalement inédit de baguettes en chêne terminées à une extrémité par un crochet métallique (fig. 8; Loiseau, 2009).



Figure 8 Extrémité de baguette de suspension avec son crochet métallique. © E. Bouilly.

D'un point de vue technique, les caissons se déclinent selon deux formes géométriques complémentaires juxtaposées – l'hexagone et le losange (fig. 9) – et forment des compartiments à trois, quatre ou cinq degrés de profondeur. Le principe d'élaboration d'un compartiment est « relativement simple ». Dans le cas d'un compartiment en hexagone à quatre degrés de profondeur, cela consiste à concevoir trois cadres hexagonaux de diamètres différents à partir de poutres et poutrelles en sapin (fig. 10). Sur le cadre inférieur du premier degré, le plus large, on fait reposer le cadre du deuxième degré, plus étroit, qui s'insère exactement à l'intérieur du précédent. De la même manière, on fait reposer le cadre supérieur du troisième degré, le plus petit, sur le cadre médian et le tout est fermé par des planches de fond qui constituent le quatrième degré de profondeur. Dans le cas de caissons à cinq degrés, un cadre supplémentaire confectionné à partir de planches étroites mises de chant est inséré entre le troisième degré et les planches de fond.

⁹ De très belle facture, il participait au *decorum* d'une habitation privée et, de fait, témoigne d'un faste certain mais plus intimiste que le plafond de Saint-Martin. Aussi, techniquement parlant, l'ouvrage italien propose des solutions plus sobres que son homologue chartrain (Camardo, Notomista, 2015).



Figure 9 Deux exemples de fond de caisson, l'un rhombique, l'autre hexagonal, en contexte archéologique. © B. Bazin.

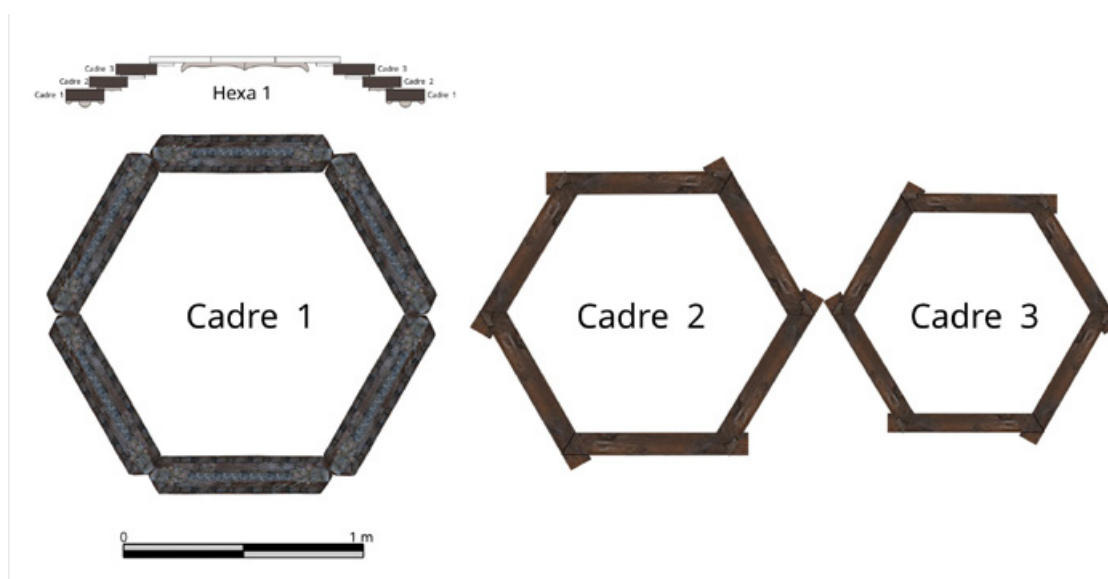


Figure 10 Succession de trois cadres hexagonaux de diamètres différents et profil des trois cadres superposés. © E. Bouilly.

Cette disposition en cadres successifs de plus en plus étroits participe à un jeu de mise en perspective ascensionnel qui invite le regard à se diriger vers le centre des caissons, là où se déploient les décors les plus originaux (que nous évoquerons plus loin). Ce principe « relativement simple » se singularise par des choix techniques extrêmement complexes. L'assemblage à tenon-mortaise chevillé – le b.a. ba de la charpente/menuiserie qui aurait largement pu s'appliquer ici – est totalement mis de côté, pour privilégier des assemblages en enfourchement en faux-onglet ou encore à mi-bois de chant, non chevillés et autobloquants. Plus encore, les cadres inférieurs (1^{er} degré) sont constitués à partir de poutres qui présentent des assemblages totalement inédits, autant d'un point de vue archéologique que dans l'histoire

des techniques (**fig. 11**). Ces pièces ne souffrent aucun parallèle dans les ouvrages spécialisés et aucun des artisans, compagnons menuisiers et charpentiers, auxquels elles ont été présentées ne connaît d'équivalent. Il s'agit ici de la redécouverte de savoir-faire qui ont purement et simplement été oubliés.



Figure 11 Reconstitution par photomontage d'une poutre de caisson idéale avec ses décors et ses assemblages complexes. © E. Bouilly.

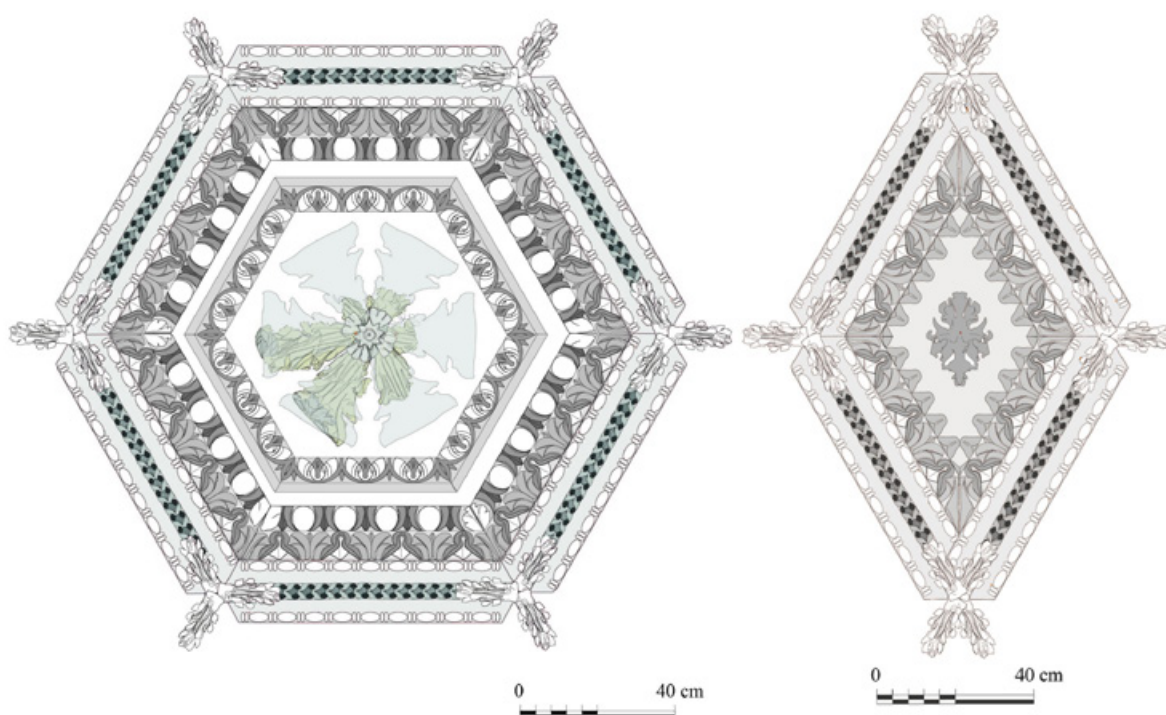


Figure 12 Reconstitution des décors de compartiments hexagonal et rhombique. © DAO : S. Papaïan.

À la complexité technique répond la richesse des décors (**fig. 12**). En effet, chacun des cadres/degres de caisson reçoit une composition confectionnée dans des planches en tilleul. Ces décors, apposés et non sculptés dans la masse, se développent en frises empruntées au registre

classique. Finement ciselés, ils se répètent d'un compartiment à un autre, créant ainsi un effet d'ensemble d'où émergent, tels des tableaux, les décors centraux de chaque caisson. Le registre du premier degré des caissons hexagonaux se compose de chaînettes terminées par des feuilles d'acanthe qui forment des fleurons. Elles sont secondées de part et d'autre par des chapelets de perles et pirouettes en ronde-bosse (fig. 11). Le deuxième degré reçoit une frise de rais-de-cœur tandis que des oves agrémentent le troisième degré. Enfin, une nouvelle frise de rais-de-cœur, plus stylisée mais tout aussi élégante que la précédente, encadre la composition centrale. Si plusieurs variantes semblent se dégager, un seul de ces décors a pour lors fait l'objet d'une étude approfondie. Il se compose de six grandes feuilles d'acanthe en haut-relief qui semblent émerger d'un fleuron central et se déployer vers chacun des angles de l'hexagone.

Les caissons losangiques diffèrent légèrement et se développent systématiquement sur trois degrés. S'ils partagent avec les compartiments hexagonaux le même type de décor sur les premier et deuxième degrés, le dernier degré reçoit une frise de feuilles d'eau qui enserme le motif central. Une nouvelle fois, les compositions sont multiples mais un seul décor central pour caisson rhombique est pour lors connu et correspond à un fleuron à motif végétal. Notons que des traces très fugaces de chromie nous sont parvenues.

Dans les grandes lignes, l'agencement du plafond avec la charpente, la trame qu'il dessine, les solutions techniques employées et la variété des compositions décoratives sont en passe d'être compris. Néanmoins, le travail sur ces pièces est loin d'être achevé. Beaucoup de questions restent en suspens et les réponses à ces interrogations nécessitent un travail minutieux qui s'inscrit dans une durée qu'il reste à définir, d'où la nécessité d'assurer une conservation optimale sur le (très?) long terme.

La conservation des bois gorgés d'eau : données minimales sur les altérations et leurs causes. Besoins climatiques requis

Plusieurs facteurs intrinsèques au matériau « bois » influent sur sa sensibilité aux altérations : l'essence utilisée (feuillus/conifères), ses propriétés mécaniques (bois dur/bois tendre) et la partie de l'arbre travaillée (aubier/*duramen*). Parmi les facteurs environnementaux, les insectes xylophages et les micro-organismes (bactéries et moisissures) occasionnent des altérations biologiques non négligeables. Ces dernières sont favorisées par la présence d'oxygène et de lumière. Dans l'eau, l'absence ou la faible quantité d'oxygène et le faible éclairage contribuent à la bonne conservation des pièces (milieu anaérobie). Les bois ont vu, au cours de leur enfouissement, leurs cavités et pores se remplir d'eau en lieu et place de leurs composants structurels (cellulose, lignine, pectine, etc.) et de leurs « squelettes » (vaisseaux, rayons, etc.). Ainsi paraissent-ils gonflés. Cet état leur permet de garder des volumes proches de leur forme originelle. S'ils semblent bien conservés, ces éléments présentent en réalité des pertes de densité et de résistance mécanique. Leur surface est bien souvent molle et spongieuse alors que leur cœur offre un aspect plus ferme (altération centripète). Cette hétérogénéité est difficilement appréhendable. Une partie du bois est très altérée, l'autre peu (La Baume (de), 1990).

Par ailleurs, le matériel ferreux fiché parfois dans les bois peut avoir des effets insoupçonnés et tragiques. Outre les dégradations chimiques et les déformations physiques initiées par l'oxydation du fer, le bois peut être sujet à des attaques acides par des sulfures de fer (pyrite : FeS_2 , par ex.) issus de la transformation d'oxydes de fer II par des bactéries sulfato-réductrices

présentes dans les milieux anaérobies. Le mécanisme est aujourd'hui bien compris (Lotz, 2020; Chaumat *et al.*, 2017; Lemoine, Pelé, 2013). La détection d'éléments en fer ou même de résidus de fer ainsi que de produits soufrés dès le terrain (odeur d'œuf pourri, couleur noire du bois, par ex.) est donc essentielle.

Les bois gorgés d'eau enfouis demeurent stables dans leur milieu tant que celui-ci n'est pas modifié. La mise au jour crée un réel traumatisme. On risque une dessiccation brutale, non contrôlée, qui peut conduire à des déformations irréversibles voire des destructions (Berducou, 1990). Dans ces conditions, le maintien d'une humidité proche de 100 % est primordial. L'absence de lumière et un apport d'oxygène limité, tout comme une température froide, retardent par ailleurs la prolifération des micro-organismes inévitablement présents dans le bois.

Constat d'état des bois gorgés d'eau du bâtiment à bassins de Saint-Martin-au-Val

État de conservation

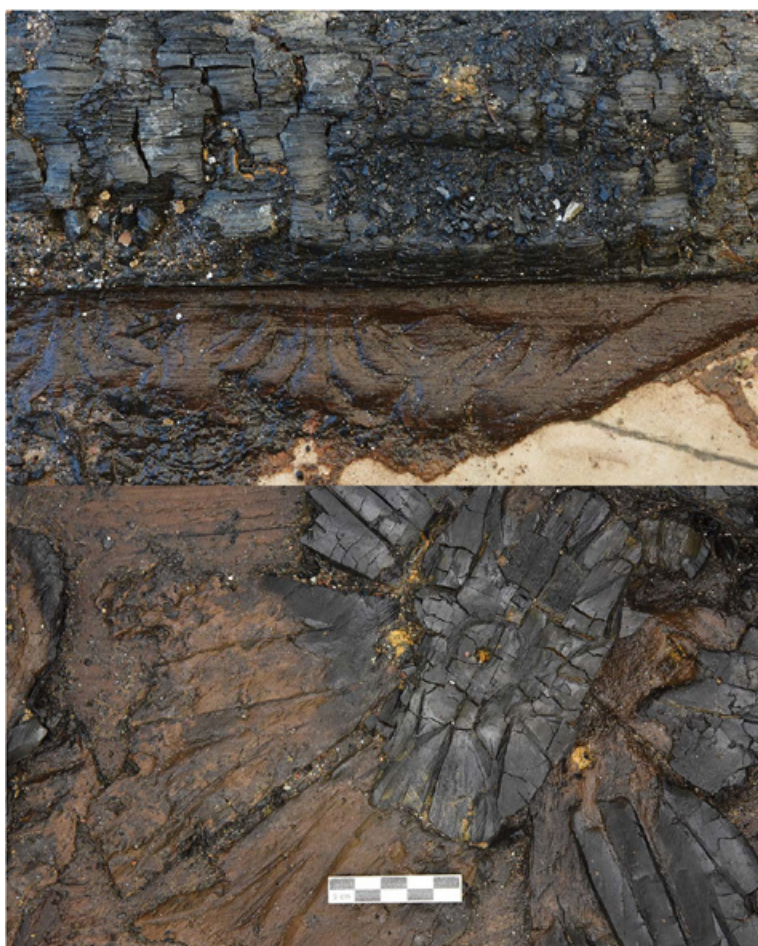


Figure 13 Deux exemples de faciès d'altération mixte : en haut, une poutre brûlée et noire jouxtant une planche décorée brune non calcinée; en bas, un décor central d'hexagone carbonisé et dur en son centre, mou et spongieux sur son pourtour. © B. Bazin.

Les bois du sanctuaire de Saint-Martin-au-Val sont plutôt bien conservés. Ils présentent des degrés différents de calcination selon que les flammes ont léché leur surface ou que la combustion, plus vive, a progressé vers le cœur du bois. Un faciès d'altération mixte est visible sur chacune d'entre eux, tantôt charbonneux et dur, tantôt non calciné et spongieux. Ce phénomène occasionne un degré d'humidité distinct au sein même du matériau, variant d'un état plutôt sec pour les zones charbonneuses à un état détrempe pour les zones ayant échappé aux flammes. Ces bois gorgés d'eau se révèlent donc être des objets composites (**fig. 13**).

Les poutres carbonisées affichent souvent des déformations avec gondolements de surface, cavités, fissurations et des pertes de matière. La lecture de leur surface n'est pas toujours aisée. Les planches décorées et, surtout, les décors rapportés,

eux aussi calcinés mais d'épaisseur moindre et de taille plus petite, comme les perles et les pirouettes retrouvées le long des arêtes des poutres, sont toutefois moins soumis à cette singularité. Ces petites pièces ligneuses calcinées, en particulier, se caractérisent donc bien souvent par l'association d'une multitude de fragments charbonneux. Elles sont donc, pour d'autres raisons, tout aussi fragiles que les bois non calcinés (fig. 14). Classiquement, ces derniers sont plutôt mous en surface avec un cœur plus ferme. Les altérations les plus représentatives de ce cas de figures correspondent à des atténuations voire des disparitions de certains reliefs (écrasement) ainsi que des pertes de matière (déchirures?) (fig. 15).



Figure 14 Phénomène de fragmentation d'un bout de planchette carbonisée dont le décor représente des oves et des fers de lance. © S. Papaïan.



Figure 15 Atténuation des rais-de-cœur stylisés et déchirure de matière d'une planchette de bois qui a échappé aux flammes. © S. Papaïan.

Diagnostic de l'état de conservation ou propriétés conservatrices du contexte de découverte

La bonne conservation de ces bois peut s'expliquer par l'action de plusieurs facteurs intimement mêlés. La carbonisation, processus physico-chimique déjà bien connu pour favoriser la conservation de restes organiques et permettre leur exploitation (palynologie, carpologie, entomologie, etc.), s'est arrêtée à un moment opportun par l'effondrement des bois sur un sol déjà humide (remontée de la nappe phréatique) ou directement dans le bassin rempli d'eau. Cet enchaînement accidentel d'événements rappelle inopinément la technique japonaise du *Shou Sugi Ban* ou *Yaki Sugi*, technique du bois brûlé qui consiste à carboniser volontairement une face d'une planche de bois pour la rendre moins sensible aux intempéries et moins vulnérable aux insectes et aux micro-organismes (Rivard, 2016).

La tourbe et la nappe phréatique sont également des milieux connus pour favoriser la conservation des matières organiques. La tourbe mise en évidence sur le site a été formée par l'apport de sédiments boueux émanant de remontées successives de la nappe phréatique (tourbière topogène, Bazin *et al.*, 2021) (fig. 16). C'est un milieu frais, anaérobie et saturé d'eau qui contient naturellement peu de micro-organismes décomposeurs (Epicoco, Viri, 2015; Gratton *et al.*, 2014). Réelle chape filtrante de près de 45 cm d'épaisseur, elle a joué un rôle de barrière biologique naturelle et a limité l'érosion des pièces de bois sous-jacentes. Les eaux souterraines sont quant à elles des milieux d'eau douce peu mobiles. Le dioxygène O₂ et la flore bactérienne y diminuent avec la profondeur (William, Hynes, 1974). Des graines et des noix ont été retrouvées dans le bassin, et des feuilles de lierre étaient encore disposées sur ses margelles, témoignant du caractère particulièrement conservateur du milieu.



Figure 16 Coupe nord-sud des différents dépôts venant sceller le bassin nord. Vue de l'ouest.
© B. Bazin.

Enfin, malgré la présence de nombreux éléments ferreux fichés dans les pièces de bois (pitons pour la suspension et petits clous pour l'assemblage des planches décorées), la pyrite n'a pas été détectée sur les quelques bois qui ont été analysés¹⁰. La combustion, même partielle, aurait empêché le développement de composés sulfurés une fois les bois remplis d'eau, en oxydant très rapidement les pièces ferreuses, leur laissant bien souvent uniquement une enveloppe noire marqueuse de la surface d'origine¹¹. D'autre part, la pauvreté supposée du milieu en micro-organismes, dont les bactéries du soufre, aurait limité le cycle de formation de ces composés (fig. 17).



Figure 17 Piton en alliage ferreux fiché dans une poutre calcinée. Il paraît stable. © E. Bouilly.

Les conditions de fouille

Les campagnes de fouilles se sont toujours déroulées en plein été. Ce choix répond à des considérations pratiques plus qu'à des principes de conservation. C'est en effet à cette période de l'année que la nappe phréatique est la plus basse et permet d'accéder plus facilement aux vestiges. La zone de fouille, venteuse et peu ombragée, enregistra à plusieurs reprises des pics de chaleur avoisinant les 30 °C.

Afin de pouvoir fouiller convenablement, il a fallu mettre en place un système de pompage : thermique et intermittent dans les premiers temps – les vestiges étaient sous l'eau tous les matins – puis électrique et permanent, avec la mise en place de trois pompes de relevage, qui ont permis de maintenir et moduler instantanément le niveau de la nappe phréatique en fonction des besoins.

La fouille des bois gorgés d'eau est par ailleurs impensable sans une prise en compte de la conservation de leur humidité. Celle-ci fut continuellement préservée, lors de la première

¹⁰ Des recherches de pyrite ont été conduites par le laboratoire ARC-Nucléart en charge de la restauration de quelques pièces de bois.

¹¹ Les ferreux sont tous totalement minéralisés : aucune trace de noyau métallique ne subsiste.

campagne grâce à des linges détrem্পés et, par la suite, grâce à un système d'arrosage automatique. L'eau était dans ce cas utilisée en circuit fermé par le biais des pompes (fig. 18).



Figure 18 Évolution des moyens matériels pour conserver l'humidité. © S. Papaïan.

2018 : les premières interventions de conservation ou des moyens limités pour une découverte fortuite

En 2018, face à la découverte de ce matériau ultra-sensible et peu commun, et devant de tels volumes, le laboratoire ARC-Nucléart (Grenoble), spécialisé dans le traitement de bois gorgés d'eau de très grandes dimensions, fut sollicité pour quelques conseils. S. Fierro-Mircovich, conservatrice-restauratrice, répondit favorablement à notre appel. Sans intervenir directement, elle s'est révélée une personne ressource disponible vis-à-vis des problématiques de prélèvement et des recommandations de conservation dans la perspective de traitements ultérieurs.

Par chance, les bois prélevés étaient situés sur un sol dallé et relativement plan (les carreaux de marbre tapissant le sol de l'édifice) facilitant leur ramassage. Ils furent récoltés à l'aide de plaques inox souples glissées par en dessous puis déposés sur des planches de bois marine, pour les plus lourds d'entre eux¹² (fig. 19 à fig. 21).



Figure 19 Prélèvements sur plaque inox. © B. Bazin.

¹² L'inox de prédilection pour l'extérieur est l'inox 316L. Appauvri en carbone et enrichi en molybdène, il ne rouille pas, même quand il est en contact prolongé avec de l'eau. Le bois marine est un contreplaqué doté de propriétés hydrofuges.



Figure 20 Prélèvement sur plaque inox d'un ensemble particulièrement imposant. © B. Bazin.

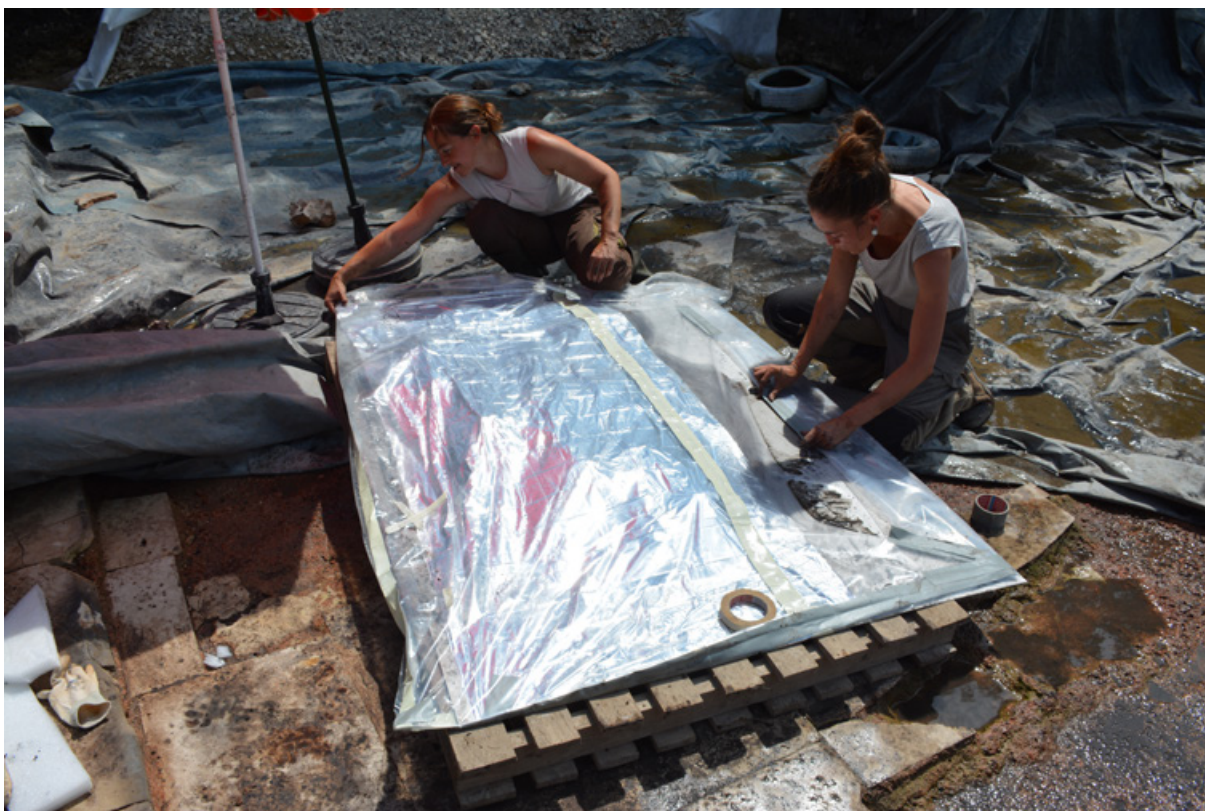


Figure 21 Exemple d'emballage pour un ensemble particulièrement imposant. ©B. Bazin.

À défaut d'espace réfrigéré suffisamment grand ou de bacs d'eau aux dimensions adéquates, les choix de conservation des grandes pièces furent portés avant tout sur le conditionnement dès la découverte selon un protocole précis :

- dépôt de linges de coton humide à la surface des bois prélevés, et mouillage afin de les saturer en humidité;
- dépôt d'un film de mousse polyéthylène (PE) pour parer d'éventuels chocs;
- emballage dans du film étirable en PE;
- dépôt d'une couverture de survie pour abriter les bois de la lumière et de la chaleur¹³;
- insertion du dispositif dans une double épaisseur de gaine de 100 microns, dont les entrées sont disposées tête-bêche, afin de limiter l'évaporation et favoriser une isolation thermique¹⁴;
- fermeture hermétique à l'aide d'un scotch large et armé pour limiter les fuites d'eau.

À quelques exceptions près, ces conditionnements étaient définitifs. Seul un inventaire était envisagé pour le rapport d'opération. Alors que les pièces de bois les plus petites furent placées au réfrigérateur, les plus grandes furent remises dans l'église de Saint-Martin-au-Val¹⁵, zone spacieuse la plus fraîche à proximité du site. Il y fait 20 °C au plus chaud de l'été et les températures n'excèdent pas quelques degrés pendant la saison froide. Elles y resteront environ un an, le temps d'acquérir des équipements de stockage adaptés (fig. 22). Par crainte de dégradations, les pièces jugées exceptionnelles furent toutefois transférées dès la fin de la campagne 2018 au laboratoire ARC-Nucléart pour y être conservées dans des grands réfrigérateurs dont la fraîcheur, constante, est gage de préservation.



Figure 22 Entreposage des bois dans l'église Saint-Martin-au-Val, espace proche le plus vaste permettant l'accueil de pièces de grandes dimensions même si les températures, assez fraîches, sont soumises à variations. © M. Maqueda.

¹³ Contrairement à la face dorée et brillante, la face grise aluminisée des couvertures de survie renvoie les rayons solaires et limite l'augmentation de la température des objets qu'elle protège.

¹⁴ Les plastiques, quels qu'ils soient, ne sont pas étanches. Toutefois, plus leur épaisseur est importante, moins les échanges gazeux avec l'atmosphère s'opèrent.

¹⁵ Actuellement fermée administrativement au public et au culte pour des raisons de sécurité.

Pour résumer ces premières interventions, la découverte hautement fortuite de ces bois gorgés d'eau obligea à improviser et à faire avec « les moyens du bord ». Les choix opérés ont provoqué la scission du lot de bois en deux groupes (un groupe à Chartres, un second à Grenoble) privant du coup les archéologues travaillant à Chartres d'une partie de leur matériel. Imprévues, les interventions de conservation se limitèrent à récolter et stocker. Elles furent surtout isolées, non intégrées à une chaîne opératoire de conservation et d'étude, comme cela sera le cas pour les campagnes suivantes.

2019-2021 : mise en place d'une chaîne opératoire de conservation et d'étude pour la triennale

La triennale qui débuta en 2019 fut exclusivement dédiée à la fouille et l'étude des bois du bassin. Conscient de l'unicité d'une telle découverte, le SRA, par le biais de la direction régionale des affaires culturelles (DRAC), alloua chaque année des moyens financiers conséquents pour permettre leur conservation aussi bien que leur étude. Concernant la conservation préventive, les postes les plus dispendieux furent les équipements de stockage avec l'achat d'une chambre froide, d'un conteneur frigorifique et d'une piscine. En parallèle, il fallut s'équiper en matériel d'arrosage ainsi qu'en outils de prélèvement.

Des interventions de conservation préventive sur le terrain ...

La mise au jour de nouveaux bois étant attendue, l'équipe a pu anticiper les mesures à prendre. Un protocole d'intervention fut développé et amélioré au fur et à mesure, intégrant les études aux besoins de conservation.

Enchevêtrés tel un jeu de mikado, les bois étaient étalés sur les six degrés de marches que comprend le bassin, générant des zones vides et provoquant des instabilités. Les petites pièces isolées ne posèrent pas de soucis de prélèvement. Il fallut en revanche prendre en compte la complexité des assemblages inhérents à la fabrication des hexagones ou des losanges, qui avaient perdu leur rigidité originelle pour devenir mous, souples et chancelants une fois soulevés. Leur collecte fut loin d'être évidente. Pour ces bois en particulier, un protocole de prélèvement fut mis en place, réitéré et optimisé les années suivantes (**fig. 23** et **fig. 24**) :

- décollement des bois en douceur à la main ou par insertion par en dessous d'outils plats comme des lames de plaquistes, des truelles de maçon, et même parfois des étiquettes Styron®;
- glissement sous chaque planche ou fragment de bois de plaques de polypropylène (PP) alvéolaire, découpées à des formats idoines, et dont la souplesse facilite l'insertion;
- calage éventuel et colmatage des lacunes à l'aide de blocs de mousse de PE;
- recherche de rigidité et de cohésion du système de prélèvement grâce à des pinces pour conserver les connexions des assemblages¹⁶;
- prélèvement à plusieurs mains et disposition sur des planches de bois marine;
- reprise du calage éventuellement.

¹⁶ Il s'avèrera, au fil des campagnes de fouille et avec l'acquisition de données sur les systèmes d'assemblages d'une année sur l'autre, que la nécessité de la conservation des connexions était de moins en moins nécessaire.



Figure 23 Dégagement des bois en douceur. © B. Bazin.



Figure 24 Prélèvement à plusieurs mains et calage de l'hexagone 1. © E. Bouilly.

Quelle que soit la complexité des prélèvements, une fois sortie du bassin, chaque pièce de bois fut conditionnée de façon à demeurer constamment humide. Le soin apporté au conditionnement différait quelque peu selon qu'elle devait être exploitée rapidement après sa mise au jour ou stockée en atmosphère réfrigérée pour une étude ultérieure. L'acquisition d'une chambre froide, en 2019, puis celle d'un conteneur frigorifique sur site, fin 2020, complétèrent efficacement le dispositif de conservation préventive entamé en fouilles. Leur utilisation n'empêcha pas de procéder à des conditionnements sophistiqués et précis freinant autant que possible la pénétration du dioxygène O_2 et l'évaporation de l'eau.

Rapidement, l'équipe acquit sur le terrain une certaine autonomie et fut plus confiante dans ses gestes. Autant les interventions de la conservatrice-restauratrice furent nombreuses en 2019 pour montrer et conseiller, autant sa présence s'effaça progressivement au profit des membres de l'équipe de terrain au cours de la campagne 2020 (fig. 25). Ses interventions

furent désormais très ponctuelles pour des besoins extrêmement précis (retournement de poutre, par ex.).



Figure 25 Les archéologues prélèvent seuls un assemblage complexe. © E. Bouilly.

... à l'exploitation des données *in situ* ...

Lors de l'élaboration du protocole, la principale préoccupation a été de ne pas opposer les analyses et l'étude de cet ensemble exceptionnel aux questions de conservation inhérentes à un tel matériau. Autrement dit, comment réaliser les observations sur ces bois tout en garantissant des conditions de conservation optimales pendant toute la durée de l'étude?

Le choix s'est finalement porté sur l'installation d'une zone de traitement et d'étude préliminaire directement sur site. Aménagée sous abri à une cinquantaine de mètres du bâtiment à bassins, elle fait le lien entre le terrain et la zone de stockage et de conservation des bois (**fig. 26**).

Une chaîne d'étude à proximité de la fouille



Figure 26 Zone de traitement et d'étude sur site. © E. Bouilly/S. Papaïan.

La chaîne d'étude réalisée au sein de cette base de travail, qui a évolué au fur et à mesure des campagnes de fouilles, comprend les étapes suivantes :

- chaque pièce de bois ou ensemble prélevé fait l'objet d'un nettoyage à l'eau claire;
- les différents membres de l'équipe¹⁷, suivant leur domaine de compétence, réalisent les premières observations : identification du domaine fonctionnel, données métriques et tracéologiques, essence, repérage de mobilier métallique fiché ou associé, évaluation du potentiel dendrochronologique et entomologique, etc. L'ensemble des informations recueillies est enregistré dans une base de données dédiée (« Xylomancie »);
- les prises de vue photographiques et photogrammétriques, ainsi que les relevés graphiques, sont également réalisées directement sur site.

Les pièces de bois sont ensuite redirigées dans la chaîne d'étude et de conservation en fonction des besoins d'analyse et des compléments d'étude (scanner, radiographie, tomographie, prélèvements pour études spécifiques, etc.), avec toujours pour fil conducteur de limiter au maximum les manipulations et les déplacements des bois.

... et aux mesures conservatoires à moyen/long terme

Une fois les études terminées, un conditionnement à plus ou moins long terme est mis en œuvre. Le protocole actuel comprend les étapes suivantes (fig. 27) :

- l'utilisation de planche marine comme support rigide;
- la disposition d'une interface en PP alvéolaire entre la planche et le bois;
- l'application d'un premier film alimentaire détrempe au plus près du bois pour limiter les poches d'air;
- le calage des éléments avec des boules de film alimentaire détrempe ou, le cas échéant, avec des mousses PE rigides. Ces dernières ne doivent jamais être en contact direct avec le bois pour éviter une migration de l'eau vers les mousses au détriment du bois;
- l'emballage de l'ensemble avec plusieurs épaisseurs de film alimentaire surmontées par une gaine PE.

L'ensemble des bois du corpus est ensuite conservé dans les espaces réfrigérés et peut, à tout moment, être disponible pour des compléments d'étude.

¹⁷ C. Azzi, B. Bazin, E. Bouilly, S. Papaïan et M. Toriti

Conditionnement d'une planche de fond d'un caisson hexagonal et de son décor



Une première couche de film alimentaire est disposée au plus près de la surface du bois. Ici, des mousses sont positionnées de manière à protéger le décor



Emballage de l'ensemble dans plusieurs épaisseurs de film alimentaire pour conserver l'humidité

Figure 27 Les différentes étapes de conditionnement d'un prélèvement. © S. Papaïan.

Conclusions

Bilan

Un équilibre plus que satisfaisant a été trouvé entre conservation et étude. Les actions des deux disciplines s'imbriquent naturellement dans une chaîne opératoire pensée spécifiquement pour la conservation et l'exploitation scientifique des bois à Chartres (fig. 28).

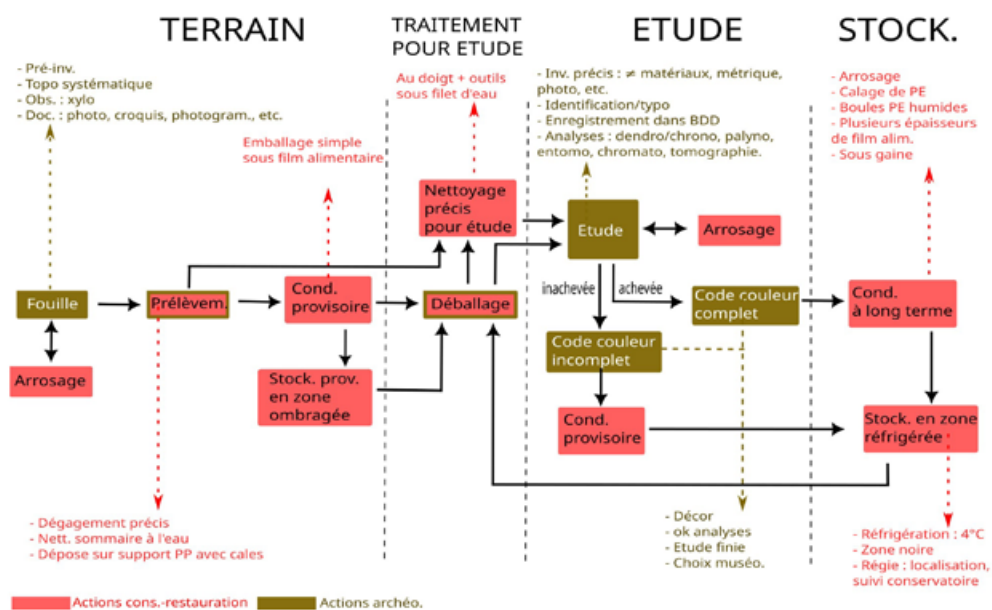


Figure 28 Logigramme représentatif de la chaîne opératoire mise en place pour la conservation et l'étude du mobilier en bois gorgé d'eau du sanctuaire de Saint-Martin-au-Val. © DAO : M. Maqueda.

Les archéologues en charge d'études ont compris rapidement l'importance d'adopter une chaîne de conservation appropriée au mobilier qu'ils analysent, car de celle-ci dépendent les résultats de leurs observations. Ceux-ci n'auraient pu être obtenus avec du mobilier dégradé. Ce constat est particulièrement vrai pour le mobilier ultra-sensible, notamment les bois gorgés d'eau. Les tout premiers emballages réalisés en 2018 avaient conservé leur humidité après une année sans réfrigération, mais présentaient des moisissures accompagnées de mauvaises odeurs dues en partie à l'utilisation des linges en coton. Cette technique a, depuis, été bannie. Un traitement à l'alcool et une reprise des conditionnements permirent de venir à bout des dégradations. Globalement, tout au long de ces trois années, les états de conservation furent surveillés rigoureusement et les conditionnements questionnés et améliorés, si bien qu'aucune moisissure ni de perte d'eau ne sont plus constatées.

La présence d'un laboratoire de conservation-restauration équipé et doté de conservatrices-restauratrices au sein même de la structure contribua indiscutablement à faire face aux difficultés et au sentiment d'impuissance que peut engendrer ce type de découverte. Elle permit en outre de maîtriser les coûts par rapport à des interventions similaires réalisées par des prestataires extérieurs. Dans cette configuration, il fut possible de dialoguer et d'ajuster mutuellement les besoins respectifs : la conservatrice-restauratrice a ainsi pu sensibiliser et transmettre les principes de conservation; en retour, les archéologues – qui manipulent les objets tous les jours – ont pu faire part de leurs contraintes et des avancées dans la compréhension de l'ouvrage en bois.

À l'heure de la rédaction de ces lignes, les pièces de bois transférées au laboratoire ARC-Nucléart sont sur le point de revenir à Chartres, stabilisées et restaurées. Depuis leur départ en 2018, d'autres pièces tout aussi exceptionnelles ont été découvertes.

Perspectives

La phase de terrain vient de s'achever. Les prochaines années vont être consacrées à la poursuite des différentes études avec pour horizons la réalisation d'une synthèse, une publication et la présentation au public, sous une forme qu'il reste à définir. Notons que, parallèlement à ces études, un travail a été amorcé avec un ornemaniste et un menuisier-charpentier afin de réaliser la réplique d'un caisson hexagonal à l'échelle 1:1. Ce travail devrait se poursuivre avec la réalisation d'une portion plus conséquente du plafond à caissons.

Si la conservation à court terme semble assurée, quelles stratégies seront privilégiées à plus long terme, une fois les diverses études terminées? Si tant est qu'elles se terminent un jour! Faut-il tout conserver? Faut-il sélectionner? Et selon quels critères? La question de la conservation sélective se pose pour tout matériel archéologique, mais ce matériau particulier qu'est le bois nous oblige à revoir nos modes opératoires, qui plus est quand l'œuvre/ouvrage qui nous est parvenu(e) est d'une telle qualité esthétique et technique. À l'instar de ce qui a été mis en place lors de la fouille, ces interrogations trouveront leurs réponses dans la continuité du dialogue engagé entre les différents protagonistes qui gravitent autour de ce projet (SRA, DRAC, RO, chargés d'études, spécialistes de la restauration, musées, etc.).

Références bibliographiques

- Bazin B., Bouilly E., Drost V., Godin I., Héroüin S., Loiseau C., Louis A., Raux S., Rivière J., Simon J., Willerval S.** (2013), « Le complexe monumental suburbain et l'ensemble funéraire de Saint-Martin-au-Val (Chartres, Eure-et-Loir) : état de la recherche (2006-2011) », *Gallia - Archéologie de la France antique*, N° 70 (2), p. 91-195.
- Bazin B., Papaïan S., Willerval S.** (2018), *Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val, rue des Bas Bourgs, place Saint-Brice, rue Saint-Martin-au-Val, Chartres (Eure-et-Loir-Centre). Rapport intermédiaire de fouilles archéologiques programmées. Site 033.28.085.0128. Prescription n° 16/0171 du 15 mars 2016. Dates d'intervention : 14/05/2018 au 27/07/2018. Programme 22 : lieux de culte et pratiques rituelles gallo-romaines*, Chartres, Ville de Chartres - direction de l'Archéologie, 401 p.
- Bazin B., Bouilly E., Papaïan S., Willerval S.** (2019), *Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val, rue des Bas Bourgs, place Saint-Brice, rue Saint-Martin-au-Val, Chartres (Eure-et-Loir-Centre). Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées. Site 033.28.085.0128. Prescription n° 16/0171 du 15 mars 2016. Dates d'intervention : 18/0/2017 au 07/07/2017. Programme 22 : lieux de culte et pratiques rituelles gallo-romaines*, Chartres, Ville de Chartres - direction de l'Archéologie, 434 p.
- Bazin B., Bouilly E., Papaïan S., Willerval S.** (2020), *Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val. Rue des Bas Bourgs, place Saint-Brice, rue Saint-Martin-au-Val - Chartres (Eure-et-Loir - Centre-Val de Loire). Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées 2016-2018. Site 033.28.085.0128. N° Patriarche 068495. Prescription n° 19/018 du 15 mars 2016. Dates : 20/05/2019 au 26/07/2019. Programme 22 : Lieux de cultes et pratiques rituelles gallo-romains*, Chartres, Ville de Chartres - direction de l'Archéologie, 289 p.
- Bazin B., Azzi C., Bouilly E., Papaïan S., Toriti M.** (2021), *Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val. Rue des Bas Bourgs, place Saint-Brice, rue Saint-Martin-au-Val - Chartres (Eure-et-Loir - Centre-Val de Loire). Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées 2016-2018. Site 033.28.085.0128. N° Patriarche 068495. Prescription n° 19/018 du 15 mars 2016. Dates d'intervention : 24/08/2020 au 9/10/2020. Programme 22 : Lieux de cultes et pratiques rituelles gallo-romains*, Chartres, Ville de Chartres - direction de l'Archéologie, 503 p.
- Bazin B., Azzi C., Bouilly E., Papaïan S., Toriti M.** (2022), *Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val. Rue des Bas Bourgs, place Saint-Brice, rue Saint-Martin-au-Val - Chartres (Eure-et-Loir - Centre-Val de Loire). Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées 2016-2018. Site 033.28.085.0128. N° Patriarche 068495. Prescription n° 19/018 du 15 mars 2016. Dates d'intervention : 31/05/2021 au 28/10/2021. Programme 22 : Lieux de cultes et pratiques rituelles gallo-romains*, Chartres, Ville de Chartres - direction de l'Archéologie, 520 p.
- Berducou M.-C.** (1990), « Introduction à la conservation archéologique », dans Berducou M.-C. (dir.) *La conservation en archéologie - Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques*, Paris, Masson, p. 3-35.
- Boislève J., Dardenay A., Monier F.** (2018), « Un rare plafond en stuc d'époque romaine découvert à Entrains-sur-Nohain (Nièvre) », dans Boislève J. et al. 2018, *Peintures murales et stucs d'époque romaine. Etudes toichographologiques*, actes du 29^e colloque de l'AFPMA, (Louvres, 18-19 novembre 2016), Bordeaux, Ausonius (coll. Pictor, 11), p. 101-124.
- Bouilly E.** (2022), « Le complexe cultuel de Saint-Martin-au-Val : état de la recherche sur la découverte exceptionnelle d'éléments de charpente et

d'un plafond à caissons en bois décorés », *Bulletin de la Société française d'archéologie classique* (2020-2021), *Revue archéologique*, Vol. 73, N° 1, p. 153-162.

Camardo D., Notomista M. (2015), « The roof and suspended ceiling of the marble room in the house of Telephus relief at Herculaneum », *Journal of archaeology*, Vol. 28, p. 39-70.

Chaumat G., Tran K.Q., Helias F., Fierro-Mircovich S., Garrivier S., Bernard-Maugiron H., Froment K. (2017), « Conservation-restauration du bois archéologique gorgé d'eau », *Techniques de l'ingénieur Bois et papiers*, N° 4250, V1, 20 p.

Epicoco C., Viry D. (2015), *État de conservation des habitats tourbeux d'intérêt communautaire : méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport d'étude*. Version 1 – Mars 2015. Rapport SPN 2015-57, Paris, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle / Office national de l'eau et des milieux aquatiques, 76 p.

Gratton L., Cyr D., Brousseau C. (2013), *Les secrets des milieux tourbeux et la tourbière de Saint-Joachim-de-Shefford*, Québec, Les amis de la tourbière de Saint-Joachim-de-Shefford, 57 p.

La Baume (de) S. (1990), « Les matériaux organiques », dans Berducou M.-C. (dir.) *La conservation en archéologie - Méthodes et pratique de la conservation-restauration des vestiges archéologiques*, Paris, Masson, p. 222-270.

Lemoine G., Pelé C. (2013), « La conservation des bois gorgés d'eau imprégnés d'oxydes et de sulfures de fer : décisions et indécisions ... », dans

Conservation-restauration en archéologie. Théorie et/ou pratique : rêve ou réalité et Conservation et archéologie préventives, actes des XXVI^{es} et XXVII^{es} Journées des restaurateurs en archéologie, (ARC-Nucléart, Grenoble, 22-23 octobre 2012; CREAM, Vienne, 17-18 octobre 2013), Paris, ARAAFU, (coll. CRBC-Cahiers techniques, 21), p. 52-54.

Loiseau C. (2009), *Le métal dans l'architecture publique de l'ouest de la Gaule - Approches méthodologiques, techniques de construction et structures de production (I^{er}-III^e siècles après J.-C.)*, thèse de doctorat en histoire, Le Mans, université du Maine, présentée et soutenue le 26 juin 2009, 2 vol., 284 p.

Lotz H. (2020), *Mécanismes de corrosion du fer en milieu anoxique : caractérisation multi-échelle des propriétés physico-électrochimiques des couches de produits de corrosion*, [en ligne] thèse de doctorat en chimie des matériaux, Paris, université Paris-Saclay, présentée et soutenue le 03 décembre 2020, 213 p. Disponible sur : <https://theses.hal.science/tel-03118325/file/93923_LOTZ_2020_archivage.pdf>, (consulté le 26/12/2022).

Rivard Y. (2016), « L'art du Shu-Sugi-Ban, vous connaissez ? » [en ligne], *Surface*, N° 14, juillet-août-septembre 2016, p. 10-15. Disponible sur : <<https://maisonsaine.ca/uploads/2017/03/shou-sugi-ban.pdf>>, (consulté le 23/12/2022).

William D. D., Hynes H.B.N. (1974), « The occurrence of benthos deep in the substratum of the stream », *Freshwater Biology*, Vol. 4, p. 233-256.

Les auteurs

Emmanuel Bouilly Archéologue, emmanuel.bouilly@agglo-ville.chartres.fr

Marjorie Maqueda Conservatrice-restauratrice de biens archéologiques mobiliers, marjorie.maqueda@agglo-ville.chartres.fr

Sonia Papaïan Archéologue, sonia.papaian@agglo-ville.chartres.fr

Direction de l'archéologie de Chartres métropole, Abbayes Saint-Brice, 2 rue Georges Brassens, 28000 Chartres.