



HAL
open science

Le site paléochrétien Notre-Dame de la Place à Bordeaux : nouveaux acquis chronologiques

Petra Urbanová, Pierre Régaldo-Saint Blancard, Pierre Guibert, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, Gwenaël Hervé, Armel Bouvier

► To cite this version:

Petra Urbanová, Pierre Régaldo-Saint Blancard, Pierre Guibert, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, et al.. Le site paléochrétien Notre-Dame de la Place à Bordeaux : nouveaux acquis chronologiques. *Archéologie médiévale*, 2023, 52, pp.7-45. 10.4000/archeomed.53619 . hal-04474966

HAL Id: hal-04474966

<https://hal.science/hal-04474966v1>

Submitted on 23 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Archéologie médiévale

2022 52

CNRS ÉDITIONS



Le site paléochrétien Notre-Dame de la Place à Bordeaux : nouveaux acquis chronologiques

Petra URBANOVÁ*, Pierre RÉGALDO-SAINTE BLANCARD**, Pierre GUIBERT*,
Philippe LANOS***, Gwenaël HERVÉ****, Philippe DUFRESNE***, Armel BOUVIER*

Mots-clés : Venance Fortunat, église, abside, datation, mortier de construction, brique, thermoluminescence, luminescence optiquement stimulée, archéomagnétisme

Résumé : Lors d'une fouille de sauvetage en 1983, une abside semi-circulaire avait été découverte sous l'église Notre-Dame de la Place, à proximité de la cathédrale de Bordeaux. Le contexte de la découverte et un faisceau d'indices historiques et archéologiques avaient conduit à identifier ces vestiges comme ceux de l'église Sainte-Marie. Sur la base d'un poème de Venance Fortunat, Aliette de Maillé avait proposé en 1959 que cette église ait été construite sous l'épiscopat de Léonce II entre 549 et 567. Même s'il est clair que le monde paléochrétien a fortement marqué le centre-ville de Bordeaux, il restait bien des incertitudes, notamment en ce qui concerne la chronologie des vestiges. Notre étude avait pour objectifs, d'une part, de réexaminer les données existantes avec un regard critique sur les arguments historiques et archéologiques et, d'autre part, d'acquérir des datations physiques par thermoluminescence, luminescence optiquement stimulée et archéomagnétisme sur les différentes phases de construction. La synthèse des 16 nouvelles dates obtenues a été établie par modélisation chronologique bayésienne. Les résultats nous indiquent que la date la plus probable pour la construction du bâtiment à abside se situe entre la deuxième moitié du IV^e et la première moitié du V^e siècle. Cette nouvelle chronologie, les traits architecturaux atypiques et de nombreuses incertitudes relevées dans l'interprétation historique nous amènent à reconsidérer ces vestiges, très largement reconnus depuis près de quarante ans comme étant l'église paléochrétienne la plus ancienne attestée et préservée à Bordeaux.

Keywords: Venantius Fortunatus, church, apsis, dating, building mortar, brick, thermoluminescence, optically stimulated luminescence, archaeomagnetism.

Abstract: The Notre-Dame de la Place paleochristian site in Bordeaux: new chronological data. In 1983, during a rescue excavation, a semi-circular apse has been discovered under the church Notre-Dame de la Place close to the medieval cathedral of Bordeaux. The context of the discovery and numerous historical and archaeological indicia led archaeologists to identify these remains as the Saint-Mary church. On the bases of the poem written by the Latin poet and hymnographer Venantius Fortunatus, the historian Aliette de Maillé suggested in 1959 a hypothesis that the church had been constructed during the episcopate of Léonce II between 549 and 567. Even if it is clear that the city centre of Bordeaux was strongly affected by paleochristianism, certain uncertainties, concerning in particular a chronology of these remains, persisted. The goal of our study was first to carry out a critical analyses of existing historical and archaeological data and second to perform physical dating of construction materials through thermoluminescence, optically stimulated luminescence and archaeomagnetism. The synthesis of the sixteen newly-acquired dates was obtained by using Bayesian chronological modelling. The results indicate that the most probable date for the construction of the apse is situated between the second half of the 4th and the first half of the 5th century AD. This new chronology which is more ancient than initially believed, atypical architectural features of the construction and numerous uncertainties pinpointed in the historical interpretation lead us to reconsider these archaeological remains, that are—since 40 years—believed to represent the most ancient attested and preserved church of Bordeaux.

Nous tenons à remercier tout particulièrement les collègues suivants pour leur participation active à ce travail (terrain, prélèvements et restauration, archéologie, archéomagnétisme) : Brigitte Spiteri (technicienne, CNRS, Archéosciences Bordeaux), Nadia Cantin (ingénieur de recherche, CNRS, Archéosciences Bordeaux), Lucie Garnier (assistante-ingénieure, CNRS, IRAMAT). Les institutions suivantes ont participé au financement de ce travail : Université Bordeaux-Montaigne, CNRS, Conseil régional de Nouvelle Aquitaine (équipements), ANR labex LaScArBx (Labex Sciences Archéologiques Bordeaux). Nous tenons également à remercier vivement la Mairie de Bordeaux et le Service régional de l'archéologie d'Aquitaine qui nous ont autorisés à échantillonner sur le site de Notre-Dame de la Place.

* Archéosciences Bordeaux : matériaux, temps, images, sociétés, UMR 6034, Pessac.

** Ausonius, UMR 5607, Pessac.

*** Archéosciences Bordeaux : matériaux, temps, images, sociétés, UMR 6034, Pessac | Géosciences-Rennes, UMR 6118, Rennes.

**** Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement/IPSL, CEA, CNRS, UVSQ, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette.

à Bordeaux. Le plus ancien témoignage aujourd'hui retenu⁷, le plus sûr aussi, est la participation de l'évêque Orientalis et de son diacre Flavius au concile d'Arles convoqué par Constantin en 314. De notre ignorance presque complète sur les évêques des IV^e et V^e siècles, des légendes aussi qui prétendent y suppléer, n'émergent guère que Delphin et le concile de Bordeaux de 384. Il faut attendre le tournant du VI^e siècle pour retrouver quelque certitude avec les deux Léonce, qui appartiennent à la même famille sénatoriale; même leur prédécesseur supposé Amelius est contestable⁸. Nos connaissances sont directement issues des poèmes que Venance Fortunat leur consacra : un à Amelius; deux à Léonce l'Ancien, treize à Léonce le Jeune.

Né près de Trévise en Italie entre 530 et 540⁹, formé dans le contexte byzantin de Ravenne, Fortunat, d'après ses propres dires, après une maladie oculaire dont il attribue la guérison à saint Martin, part en pèlerinage pour Tours. Plus vraisemblablement, Marc Reydellet, à la suite de Jaroslav Šašel, en fait une sorte d'ambassadeur de la romanité missionné par la cour de Justinien¹⁰. Il quitte Ravenne « vers la fin de l'été ou à l'automne 565 »; au printemps, il arrive à Metz, où il assiste au mariage de Sigebert et de Brunehaut, et visite la plupart des villes d'Austrasie – Cologne, Trèves, Verdun, Reims etc. Il se rend à Paris à l'automne 566, gagne – enfin ! – Tours, descend sur Poitiers, passe par Bordeaux pour aller jusqu'aux Pyrénées où il se trouve en juillet 567¹¹. De retour à Poitiers à la fin de 567 ou au début de 568, il s'y installe durablement et devient l'agent d'affaires – *agens*, dit-il lui-même¹² – du monastère de Sainte-Croix, fondé par la reine sainte Radegonde. « Durant cette période Fortunat enrichit le cercle de ses amis, surtout dans le monde des évêques. Il est un familier de l'évêque de Bordeaux, Léonce, second du nom, et de sa femme Placidine, petite-fille de Sidoine Apollinaire et arrière-petite-fille de l'empereur Avitus. Un grand nombre de poèmes du livre I des *Carmina* célèbrent les mérites de ce couple, ainsi que le raffinement des constructions, églises ou villas, qu'ils ont financées »¹³. Vers 576, Fortunat publie sur l'insistance de son ami Grégoire de Tours le premier livre de ses poèmes, qui nous intéresse ici, et devient prêtre; vers 597 ou 600, il est fait évêque de Poitiers, ville où il meurt quelques années plus tard.

Ainsi Fortunat, dans sa jeunesse, est-il un chantre de la romanité, un poète à succès qui va de cour en cour, distribuant à ses hôtes éloges et poèmes, qui déclame ses œuvres à un auditoire conquis. Ses gentillesses abondent en allusions plus ou moins discrètes, mais pour nous difficiles à comprendre. Il n'a nullement la sombre vision d'un Grégoire de Tours, mais il n'a pas non plus la précision de l'historien et l'érudition moderne s'emploie à décrypter ses propos à coups d'hypothèses.

7. MAILLÉ 1960, en particulier p. 17-23 ; l'auteur ne retenait guère comme témoignage ancien que l'épithaphe de Domitia, datée de 261, mais le caractère chrétien de cette double dédicace est contesté par MAURIN et NAVARRO CABALLERO 2010, p. 304-306. Pour d'autres inscriptions qui avaient été supposées chrétiennes, voir aussi *Ibid.*, p. 247-248, 476-477. Quant à l'épithaphe dite de Flavinus, incontestablement chrétienne, elle ne daterait que des années 364-387 (*ibid.*, p. 232-233).

8. VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. 173.

9. VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. vii.

10. VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. xii-xiii.

11. VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. viii-xiv.

12. VENANCE FORTUNAT, *Carm.* XI, 4, 2., éd. REYDELLET 1994, p. xix.

13. VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. xx.

Le quinzième poème du livre I est consacré à l'évêque Léonce : *de Leontio episcopo*. On y lit ces quatre vers (55-69), première attestation d'une église Sainte-Marie :

*Ecce beata sacrae fundasti templi Mariae,
nox ubi uicta fugit semper habendo diem.
Lumine plena micans imitata est aula Mariam :
illa utero lucem clausit ista diem*¹⁴.

Soyons francs, en dehors de la mention d'une église Sainte-Marie, ces vers ne donnent guère d'indication. Tout est dans l'interprétation, et celle d'Aliette de Maillé fut magistrale, adoptée de tous sans aucune contestation. Elle lit d'abord dans le poème consacré par Fortunat à Amelius l'introduction par cet évêque du culte chrétien dans la cité remparée de Bordeaux; auparavant, la cathédrale aurait été Saint-Étienne, proche de ce qu'allait être Saint-Seurin; le premier Léonce aurait développé cette implantation *intra muros* avec une basilique Saint-Denis; le second aurait été un grand constructeur, notamment dans la ville de Bordeaux. Le poème qui lui est consacré vante, en 110 vers élégamment ampoulés, son origine, ses dons, sa carrière, sa femme. Et ses constructions¹⁵, bordelaises, affirme l'historienne, s'appuyant sur la conclusion du passage :

*Ornasti patriam cui dona perennias praestas,
tu quoque dicendus burdegalense decus*¹⁶.

Il aurait ainsi restauré le baptistère, fondé Sainte-Marie, redécouvert le palais épiscopal ou la cathédrale¹⁷, toutes constructions appartenant à un même ensemble. Cette lecture est cependant gênée par quatre vers, intercalés entre l'église et le palais, évoquant des constructions *nec solum hic sed ubique*, non seulement ici (à Bordeaux?) mais partout, sous les applaudissements du Santon, *plaudens Santonus*. Ce serait une parenthèse sans grand intérêt, le *hic* ne saurait que renvoyer à Bordeaux¹⁸; mais peut-on se fier à une expression banale qui fournit un début facile à un hexamètre classique? Et la référence bordelaise du vers 68 – *burdegalense decus* – renvoie-t-elle à la ville ou au territoire, au diocèse?

L'identification de l'église décrite par Fortunat à Notre-Dame de la Place avait déjà été émise par Rabanis : sans aucun commentaire, il la dit « construite par Amelius et Leontius I »¹⁹. Mais d'autres hypothèses ont été proposées : à Saintes, bien sûr, à cause des vers qui suivent; à Soulac surtout,

14. « Voici que vous avez fondé pour la bienheureuse Marie de saints parvis d'où la nuit s'enfuit vaincue : le jour n'y cesse jamais. Pleine de lumière, la basilique est à l'image de Marie : celle-ci a contenu dans son sein la Lumière, et celle-là retient le jour. » VENANCE FORTUNAT, traduction REYDELLET 1994, p. 35-36. Il précise dans la note 74 : « Fortunat veut dire que la lumière des cierges supplée celle du jour ».

15. Ce n'est qu'une partie des monuments attribués par Fortunat à Léonce : d'autres poèmes décrivent six basiliques et trois *villae*.

16. VENANCE FORTUNAT, traduction REYDELLET 1994, p. 36, v. 67-68 : « Vous avez orné votre patrie en lui accordant des dons impérissables, mais vous devez aussi être appelé l'honneur de Bordeaux. »

17. L'expression *ecclesiae domus* désigne beaucoup plus logiquement la cathédrale (par exemple VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. 36) que le palais épiscopal comme le voudrait l'historienne, au profit de son raisonnement.

18. Même opinion dans VENANCE FORTUNAT, éd. REYDELLET 1994, p. 36, n. 74.

19. RABANIS 1852, p. 19. L'auteur ne cite pas sa source ; peut-être est-ce lui-même – il est souvent un peu rapide – qui, de mémoire, confond les propos de Fortunat sur Saint-Denis et sur Sainte-Marie.



Fig. 2 Vue de la fouille de 1980. Les murs périphériques de l'église étaient conservés dans le bâti existant (Archives SRA Bordeaux, DRAC Nouvelle-Aquitaine).

Mais, pour des raisons de stabilité des murs périphériques, il fut interdit de descendre profondément et donc impossible de confirmer l'hypothèse de la marquise de Maillé, qui constituait pourtant le cœur de la problématique. Personne ne pouvait admettre l'échec; ainsi Jacques Gardelles écrit-il : « Sous la fondation de l'abside à cinq pans apparut une autre fondation développée selon un plan semi-circulaire, qui pourrait appartenir à un édifice antérieur à celui du XI^e siècle. Divers objets faisant penser à une occupation ancienne des lieux par un édifice religieux, comme une pince à linceul mérovingienne, ont été recueillis »²⁷.

L'opération eut un autre intérêt : elle démontra l'intérêt historique des murs périphériques de la parcelle et leur correspondance avec ceux de l'église. L'architecte établit un autre projet qui s'appuya sur le côté nord et laissa un espace libre qui maintint la visibilité des maçonneries anciennes au chevet et sur le côté sud. C'est encore l'état actuel, dont une récente opération d'archéologie du bâti en 2015, occasionnée par la vente de l'immeuble à un promoteur, a refondé la chronologie détaillée et confirmé les interprétations de Gardelles²⁸.

Les travaux de construction reprennent en mars 1983 sous une surveillance archéologique de principe. Dans la dernière semaine du mois, sous l'ancien portail d'entrée de l'église, les terrassements d'une galerie technique destinée à la chaufferie font apparaître des murs profondément enfouis. Le lundi 4 avril, profitant du jour férié au lendemain de Pâques, une équipe de bénévoles menée par l'archéologue municipal, Dany Barraud, nettoie ces structures et découvre le mur courbe d'une abside (fig. 3). Le lendemain, le journal *Sud-Ouest* titre : « Cadeau de Pâques aux Bordelais : une église du VI^e siècle exhumée place Pey-Berland ». Le 8 avril, le directeur des Antiquités historiques informe le maire de Bordeaux d'une « découverte archéologique de toute première importance » : « il s'agit selon toute vraisemblance des vestiges de l'église Sainte-Marie édifiée à l'intérieur du *castrum* de *Burdigala* au début du VI^e siècle » ; la lettre accompagne un « rapport scientifique préliminaire »²⁹.

27. GARDELLES 1980.

28. LEGAZ 2015.

29. Archives SRA Nouvelle Aquitaine, Bordeaux.



Fig. 3 Vue de la fouille de 1983 (Archives SRA Bordeaux, DRAC Nouvelle-Aquitaine).

Les travaux sont à nouveau arrêtés. Une première campagne de fouille est menée jusque début mai, une seconde en août³⁰. L'architecte modifie à nouveau ses plans pour conserver les vestiges dans un sous-sol improvisé. Le site est conservé, visitable, mais les différents projets de présentation n'ont pas encore abouti. Les vestiges archéologiques, l'église médiévale et toute la parcelle – y compris donc la construction du XX^e siècle – ont été inscrits à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques par arrêté du 23 janvier 1997.

1.3. LA FOUILLE DE 1983 : PRÉSENTATION DU SITE, STRATIGRAPHIE ET INTERPRÉTATIONS

Le cahier de fouilles, conservé à la Direction régionale des affaires culturelles, contient, au jour le jour, des informations stratigraphiques importantes mais dispersées. Les désignations des unités sont irrégulières, elles ont été reprises dans la seconde campagne. À l'époque de la fouille, les enregistrements n'étaient pas systématisés comme ils le sont aujourd'hui et les diagrammes stratigraphiques n'étaient pratiquement présents que dans la littérature anglo-saxonne. Le tableau 1 et le schéma

30. BARRAUD 1983b.

Niveaux à l'extérieur de l'abside				
Nom	Nature	Contient	Avant	Après
Terre argileuse grise				
2015	Effondrement		Sous terre grise	
2014A	Terre noire	Monnaie Antoninien, céramique estampée	Sous 2015	Enduit extérieur
2014B	Occupation	Monnaie Minimus	Sous 2014A	
2014C (sol 1)	Sol		Sous 2014B	Contreforts
2013	Remblai, destruction	Mosaïque, stucs, éléments de toiture etc.	Tranchée de fondation des contreforts	
2012	Terre noire, occupation		Sous 2013	Abside
2011 (sol 2)	Sol extérieur, correspondant au débord du radier de fondation		Sous 2012	
Niveaux à l'intérieur de l'abside				
Nom	Nature	Contient	Avant	Après
2016 (1)	Dépotoir	Huîtres, moules, céramique estampée	Sous la terre argileuse grise	Comblement de l'abside
2017 (2)	Mince couche sableuse		Sous 2016	
2018 (3)	Remblai	Pierres, tuiles, estampée, tesselles en pâte de verre		
Monnaie du IVe (Constantin ?)	Sous 2017			
(sol 3)	Sol de travail		Sous 2018	
Abside	Tranchée de fondation			
Niveaux antérieurs à l'abside				
Nom	Nature	Contient	Avant	Après
	Niveau d'abandon	Céramique estampée	Tranchée de fondation	
(sol 4)	Béton au tuileau		Sous le niveau d'abandon	
2007A	Remblai	Pierres, tuiles, céramique estampée	Sous le sol (4)	
2007B			Sous 2007A	
Incendie	Couche très cendreuse avec charbons		Sous 2007B	
Sol carrelé		Enduit mural jaune	Sous le niveau incendié	
Niveaux d'habitat II ^e /III ^e				

Tableau 1 Tableau de synthèse des données stratigraphiques tirées du cahier de fouille de 1983 (Barraud 1983a).

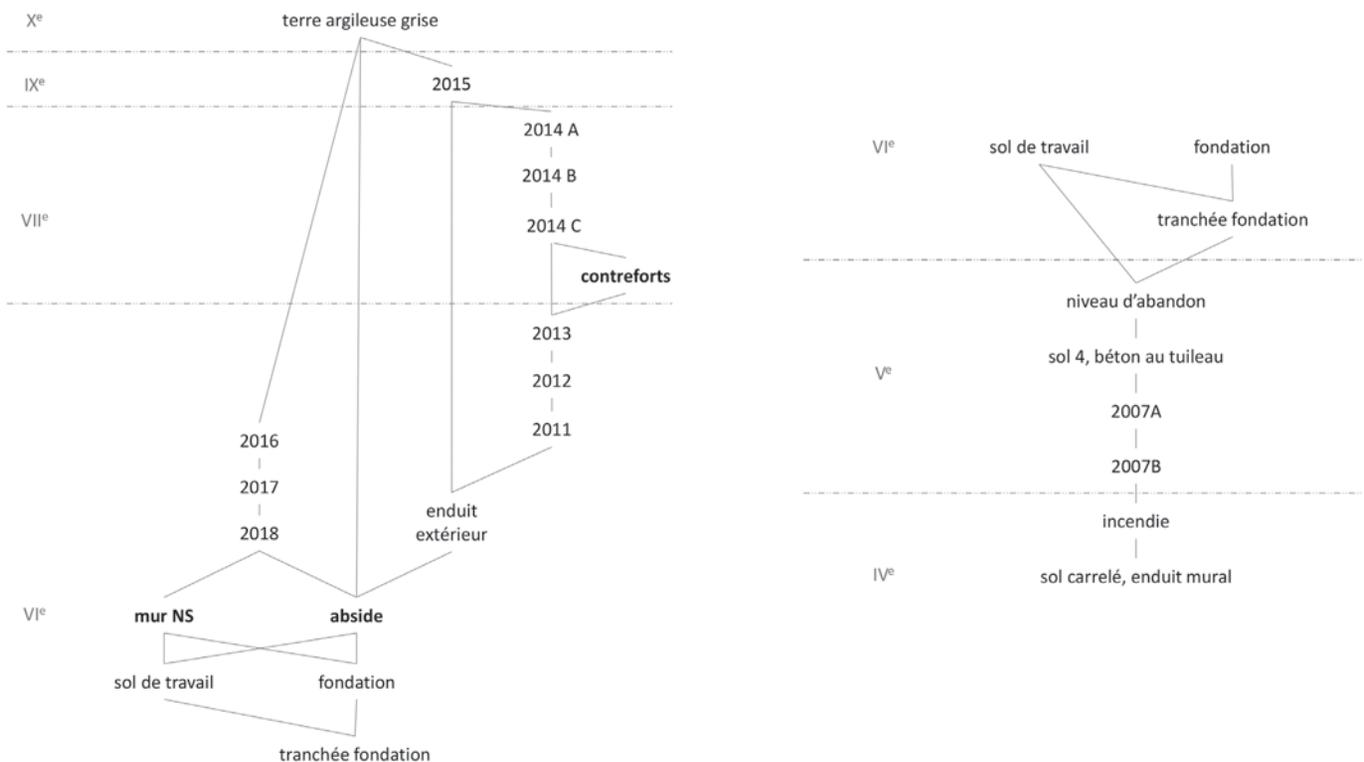


Fig. 4a-4b Diagramme stratigraphique du secteur de l'abside, établi d'après le cahier de fouille. Les structures sur lesquelles ont porté les nouvelles datations sont indiquées en gras.

des figures 4a et 4b rassemblent l'essentiel de ces données pour le secteur de l'abside, numéroté 2 dans la seconde campagne.

1.3.1. L'abside et éléments associés

L'abside semi-circulaire découverte en avril 1983 est orientée (fig. 5). Ses dimensions sont relativement modestes : diamètre intérieur de 4,60 m ; diamètre extérieur de 6,10 m. Le mur courbe, épais de 75 cm, préservé jusqu'à une hauteur minimale de 1,10 m – 1,60 m par endroits – est construit en petits moellons liés au mortier avec une assise de trois lignes de briques. Sur la partie basse de la maçonnerie extérieure, l'enduit lissé qui protégeait les murs est préservé sur une quarantaine de centimètres.

Sans y être liée, l'abside s'appuie sur un mur nord-sud plus épais (85 à 90 cm). Il est constitué exclusivement de petits moellons liés au mortier, en un appareil assez semblable au mur courbe mais sans assise de briques. Il débord de part et d'autre l'abside sur environ 1,50 m jusqu'au contact des fondations de l'église médiévale ; on n'a pas pu observer d'éventuels retours.

En position de pilastre de l'autre côté de l'abside, se trouvent deux blocs de maçonnerie non liés au mur³¹ : ils semblent être composés de deux fûts de colonne en remploi et de fragments de linteau de porte ou de colonnettes de marbre les calant, l'ensemble pouvant évoquer des fondations.

Les tranchées de fondation des deux murs, de 1,10 m de large pour 1 m de profondeur, recoupent des éléments de deux états d'un habitat antérieur : un sol de tuileau – état 2, estimé du v^e siècle – et un mur est-ouest – état 1, estimé du iv^e. Les fondations elles-mêmes, particulièrement puissantes, sont un blocage de moellons calcaires et de mortier, mené d'un seul élan ; leur surface est recouverte de béton sur une vingtaine de centimètres et forme une sorte de plateforme sur laquelle reposent les maçonneries des élévations³².

À l'intérieur de l'abside, la fouille a révélé, au niveau du ressaut de fondation, un sol de travail associé à la construction du bâtiment, mais aucun sol de circulation. De même, aucun revêtement n'apparaît, contrairement à l'extérieur où un enduit est préservé sur une hauteur de 40 cm. Pour expliquer cette configuration, on envisage un fort rehaussement du sol intérieur, au-delà du niveau de conservation des vestiges, rehaussement qui aurait été prévu probablement dès la conception du bâtiment ; un emmarchement aurait été mis en place pour accéder dans l'abside ainsi surélevée.

Enfin, dans cette même phase de construction, serait maintenu en guise de clôture un mur nord-sud qui remonte à l'habitat du iv^e siècle, environ 4 m à l'est de l'abside.

1.3.2. États postérieurs

Deux contreforts soutiennent l'abside en des endroits où de grandes fissures traversent la maçonnerie de haut en bas. Ils sont irrégulièrement disposés, le premier à l'ESE, le deuxième dans le

31. Cahier de fouille, en date du 12 avril : « problème de mortier liant les deux bases de colonnes (?) – il est identique à celui des fondations de la nef du x^e siècle ». Aujourd'hui, dans la partie hors sol, aucun mortier n'apparaît.

32. BARRAUD 1996, p. 32.

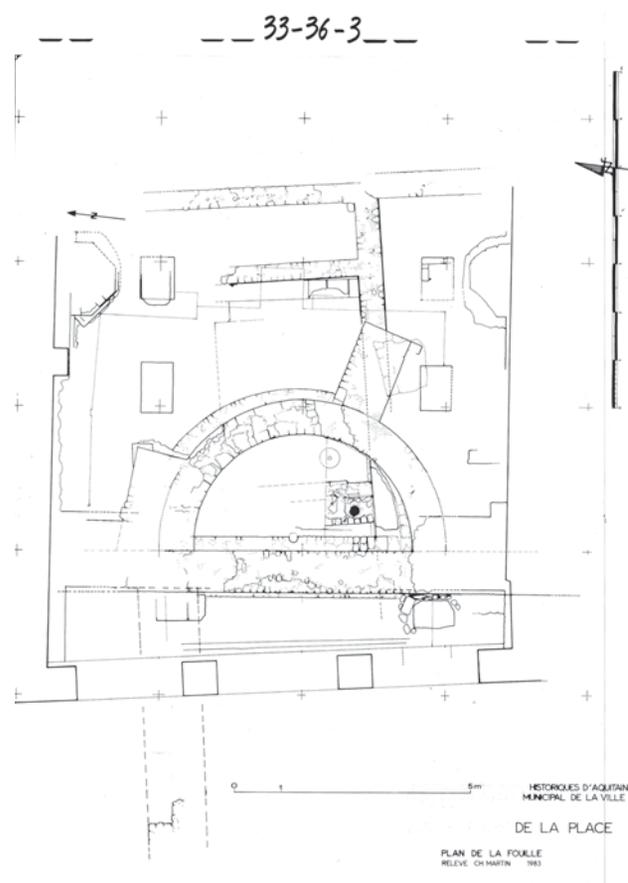


Fig. 5 Relevé de l'abside par Christian Martin, 1983 (Archives SRA Bordeaux, DRAC Nouvelle-Aquitaine).

coin NNE, au contact avec le mur transversal. Ils sont construits en grands blocs irréguliers de calcaire, de 40 à 50 cm de côté, et fondés directement sur un même remblaiement périphérique à l'abside. Derrière le premier contrefort, légèrement détaché, on distingue clairement l'enduit qui revêtait l'extérieur des murs et qui subsiste encore sur leur partie basse où les remblais l'ont protégé. Cela suggère une mise en place assez rapide des remblais d'abord, des contreforts ensuite³³.

En 1983, on a tenté un rapprochement avec le séisme que Grégoire de Tours rapporte pour l'année 580³⁴. Les fissures de la maçonnerie, qui traversent même des blocs, pourraient en être signe. La plupart des notices consacrées au site se contentent plus prudemment d'estimer les contreforts du début du vii^e siècle.

Le mur transversal (nord-sud) était aligné sous les maçonneries du portail de l'église du xiii^e siècle. Celles-ci, visibles de part et d'autre, sont deux fois plus épaisses, en petits moellons de calcaire noyés dans un mortier assez friable. Dans cette maçonnerie, les fouilleurs ont récupéré un chapiteau en marbre d'inspiration corinthienne, estimé paléochrétien.

33. Cette séquence est clairement indiquée dans le cahier de fouille.

34. GRÉGOIRE DE TOURS, *Historia Francorum*, V, 33 : la cinquième année du roi Childebert. L'idée apparaît dans une note ajoutée dans le cahier de fouille à la page du 3 mai, dernier jour de la première campagne.

1.3.3. Niveaux antérieurs à l'abside

La fouille a révélé plusieurs niveaux d'occupation antérieurs à l'abside. Avant la construction de celle-ci se développait une construction dont deux états successifs ont été identifiés. Ses structures sont dites parfaitement alignées sur le *castrum*³⁵, ce qui, à l'époque de la fouille, valait datation : elles auraient été construites après l'enceinte.

Dans le premier état, dans un contexte qui a semblé d'habitat privé, on identifie essentiellement un bassin : une partie du sol était encore couverte de dalles de terre cuite et les murs associés étaient recouverts d'un enduit jaune. Dans le second état, ce bassin est réduit par de nouveaux murs qui circonscrivent un sol de béton au tuileau. Vers la fin du IV^e siècle, le premier état aurait été détruit par un incendie dont témoigne une couche de cendres et de charbons de bois. Le second serait à son tour détruit par un « incendie violent » qui « ravagea tout ce quartier du *castrum* » ; l'estimation « certainement au début de VI^e siècle » dépend en fait de la datation de l'abside. La majeure partie des maçonneries est alors arasée, sauf un mur nord-sud qui aurait servi d'enclos.

Cet habitat succède à des constructions « remontant au moins au II^e siècle » ; la fouille n'est pas descendue au-delà. Appartenant à cet ensemble, sous l'abside, a été perçu un mur nord-sud, antérieur au bassin, sensiblement aligné sous le mur transversal de l'abside.

1.3.4. La céramique estampée et autres mobiliers datants

La céramique alors dite estampée paléochrétienne ou tardive, aujourd'hui dérivée de sigillée paléochrétienne (DSP), est un leitmotiv de tous les comptes rendus de cette fouille³⁶, en complet accord avec l'actualité de la recherche archéologique des années 1980. 285 tessons ont été collectés lors de cette opération. C'est la reconnaissance de cette céramique qui soutient la datation au V^e siècle du second état du bassin³⁷. On la

35. En fait les orientations de la ville n'ont pas changé depuis la première décennie de notre ère, et sont aujourd'hui encore souvent visibles dans le tracé de beaucoup de rues et de maisons. Par ailleurs, les relevés montrent une variation d'environ 5° et les murs attribués au Haut-Empire restent dans cette marge ; le rapport lui-même (BARRAUD 1983b) note : « Toutes les constructions successives du II^e au VI^e siècle sont axées de la même manière et reprennent systématiquement comme soubassements les restes de murs plus anciens. »

36. Extraits de BARRAUD 1983 b : « Les premiers résultats de l'étude stratigraphique permettent de penser que la céramique estampée paléochrétienne apparaît à Bordeaux dans la deuxième moitié du IV^e siècle ». « Grâce à la précision de la chronologie du site (*fournie presque exclusivement par les textes*), il est possible de différencier les types d'estampée en plusieurs phases... ». « Un des intérêts majeurs du site de Notre-Dame de la Place est d'avoir pu réaliser une stratigraphie précise du site et surtout de pouvoir *proposer une chronologie grâce au texte*. Connaissant la date de construction de l'église Sainte-Marie, milieu du VI^e siècle, il est donc relativement facile de déterminer l'époque d'occupation des trois états antérieurs. » [les mots en italique sont soulignés dans le texte] « Rapidement, nous pûmes déceler l'importance d'une telle précision dans la datation pour une étude céramologique d'un mobilier peu facilement daté dans notre région : les dérivées de sigillée paléochrétienne appelées aussi céramique estampée tardive. »

37. US 2007A et, hors du secteur qui nous intéresse, 2019 et 2021.

retrouve encore dans les comblements de l'abside³⁸ et dans les niveaux d'occupation extérieurs³⁹. Les relations stratigraphiques entre ces différentes unités déterminent plusieurs moments distincts, à partir desquels on pouvait espérer distinguer des évolutions typologiques de la céramique.

Sylvie Soulas utilise ces données dans sa thèse⁴⁰ et les confronte à d'autres sources. Elle propose une datation « plutôt dans la seconde moitié du V^e siècle ou même au VI^e » du remblai intercalé entre les deux états du bassin ; il semble « qu'il faille reculer la chronologie d'une partie de la stratigraphie, peut-être vers le début du VI^e siècle ». Aujourd'hui où les progrès considérables de l'archéologie préventive ont abondé les corpus, notre collègue céramologue considère qu'il faudrait revoir l'ensemble du mobilier de cette fouille.

Le remblai 2013, appuyé à l'extérieur de l'abside et recoupé par la tranchée de fondation des contreforts, contient une abondance d'éléments décoratifs architectoniques : des stucs peints, des tesselles de mosaïque murale en pâte de verre, des fragments de peinture murale, des modillons et autres éléments de toiture en terre cuite. Ces éléments ont été intégrés dans différentes constructions typologiques, tendant en retour à confirmer les chronologies affirmées sur le site.

1.3.5. Conclusions de la fouille du 1983

Ainsi est-on persuadé depuis 1983 de l'attribution des vestiges découverts à l'ancienne église mérovingienne Sainte-Marie, fondée par Léonce II entre 549 et 567 de notre ère. On considère de plus que l'argument historique est corroboré par l'étude céramologique⁴¹.

À partir de cette interprétation, une restitution du plan de l'édifice est proposée : le mur nord-sud correspondrait au mur du chevet de l'église à trois nefs et les fragments des maçonneries découverts de l'autre côté de ce mur présenteraient les bases des pilastres portant la voûte de la nef. C'est un plan basilical. Les contreforts seraient construits au VII^e siècle. Les déblais dans lesquels ils sont fondés contiendraient les décorations de l'église, peut-être mise à mal par le séisme de 580. L'église se serait effondrée au IX^e siècle et aurait été remplacée au siècle suivant.

1.4. DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES POSTÉRIEURES À LA FOUILLE

Trois opérations archéologiques ont eu lieu depuis 1983 dans le secteur proche des vestiges sous Notre-Dame de la Place.

En 2002, le déplacement de la trémie du parking Saint-Christoly, devant les numéros 15 et 16 de la place Pey-Berland, soit juste à côté de la nef nord de la basilique Sainte-Marie selon les déductions de la fouille, a apporté quelques résultats intéressants notre propos⁴². L'espace était exigu et la profondeur de

38. US 2018 et 2016.

39. US 2012 et 2014A.

40. SOULAS 1998.

41. BARRAUD 1996.

42. RIGAL 2006. Synthèse dans RIGAL 2004 et, pour l'Antiquité, dans DOULAN 2013, p. 183.

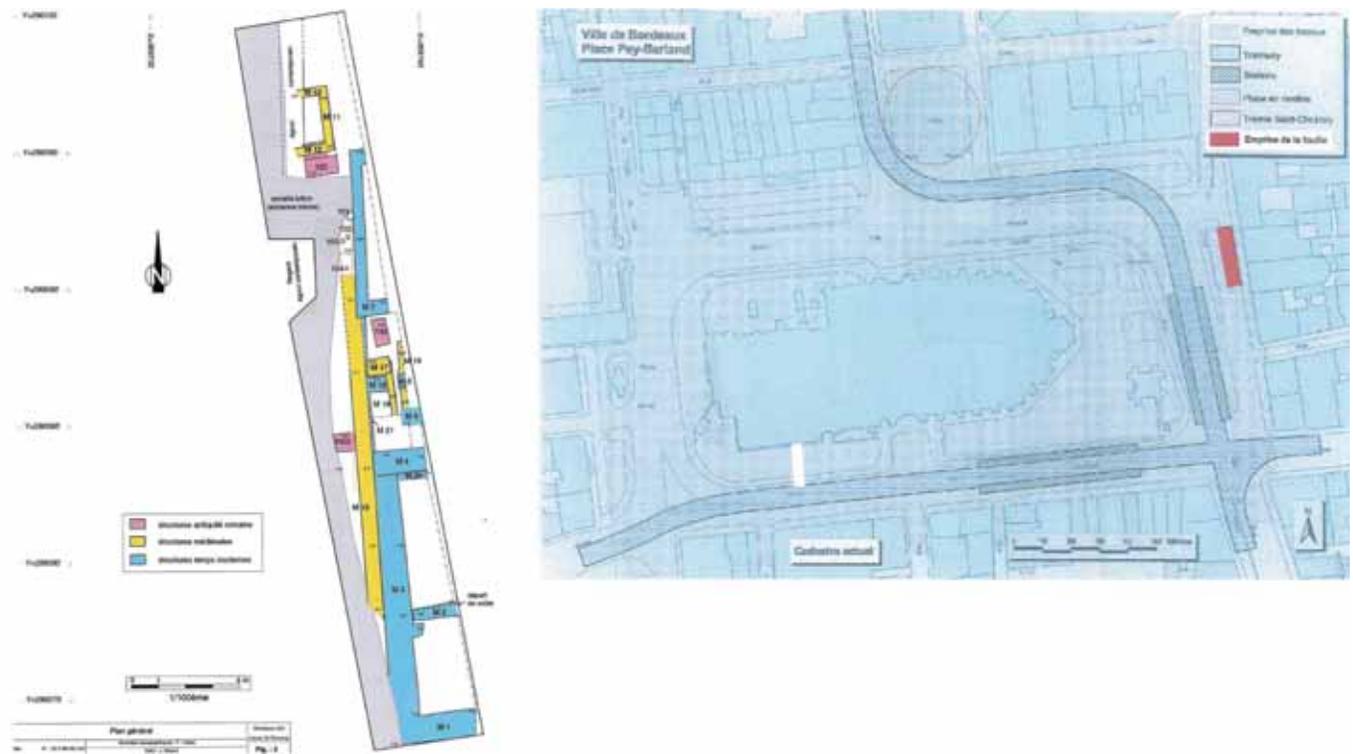


Fig. 6 Fouille 2002 : plan des structures observées et plan de situation (Rigal 2006).

fouille contingentée par le plan incliné de l'aménagement prévu. On note en particulier pour le Haut-Empire deux bases d'un probable portique, appartenant à un bâtiment que l'importance des vestiges fait qualifier de public, dans un alignement nord-sud (fig. 6). Dans le même alignement, sur un développement de 12 m, un mur en petits moellons liés à la terre pourrait être du x^e siècle; cependant, le démontage d'un seuil qu'il incluait a révélé de la céramique du $xiii^e$ ou du xiv^e siècle. Différents sols en terre battue seraient du haut Moyen Âge, le mobilier céramique montrant une occupation des vi^e - $viii^e$ siècles. Aucun élément bâti évoquant Sainte-Marie n'a été mis au jour au cours de cette opération : on peut sans doute admettre que l'emprise considérée, un peu trop décalée vers le nord, ne l'ait pas atteinte⁴³. En revanche, on doit bien remarquer la persistance d'un important axe nord-sud, pouvant évoquer un espace viaire, 5 ou 6 m en avant de l'abside; la fouille est bien sûr décalée par rapport à l'abside, mais les vestiges qu'elle contient donnent l'impression de se prolonger vers le sud.

En 2015, un diagnostic, comprenant deux sondages distants d'une dizaine de mètres, a été réalisé en prévention de reimplantations dans l'angle nord-est de la place Pey-Berland⁴⁴, en face du n° 16, 40 à 50 m à l'ouest de l'abside (fig. 7). Une occupation datée des v^e - vi^e siècles y a notamment été reconnue. Outre des sols associés, deux murs, dont l'un contenait une baie bouchée dans un second temps, appartenant à un ou deux bâtiments, empruntaient la même orientation que les vestiges paléochrétiens de Notre-Dame de la Place. Les remblais contenaient de la DSP, mais surtout un fragment de décor architectural en terre cuite, provenant d'une corniche analogue aux éléments

découverts dans le niveau de déblais appuyé sur l'abside (fig. 8). Ces éléments rappellent indéniablement le contexte de la fouille de 1983 et sont attribués au groupe épiscopal paléochrétien.

Une autre découverte faite en 2002 a renouvelé la question du paléochristianisme bordelais et la vieille querelle sur le site originel de la première cathédrale, entre les tenants de Saint-André et ceux de Saint-Seurin. Dans la courbe du tramway qui était en construction, sur le côté nord de la place Pey-Berland, à 20 m de la cathédrale, est apparu le chevet d'une basilique antique⁴⁵. L'abside, semi-circulaire à l'intérieur, d'un diamètre de 13,60 m, est à trois pans à l'extérieur (fig. 7). Elle est épaulée de part et d'autre de deux murs qui n'ont pu être observés que partiellement; la largeur totale de l'édifice est d'au moins 28 m. L'élévation intérieure, en un petit appareil soigné jointoyé au fer, est recouverte d'un épais enduit de mortier. Quelques crochets de fer étaient encore fichés dedans; ils avaient sans doute retenu des plaques de marbre dont un exemple était encore en place. Le sol, en mortier au tuileau, devait être recouvert d'une mosaïque polychrome dont un lambeau a été retrouvé. L'élévation extérieure était en petit appareil ponctuellement réglé par des fragments de *tegulae*. Un sondage dans le sol a livré plusieurs monnaies dont la plus récente avait été frappée entre 351 et 353. À l'extérieur, étaient appuyés sur l'abside des niveaux contenant de la DSP – encore de l'estampée tardive! – estimée du v^e siècle. On date donc le bâtiment de la seconde moitié du iv^e siècle. Rien ne prouve que cette basilique n'était pas civile, mais le lieu de la découverte plaide fortement en faveur d'une cathédrale – la première? La chronologie envisagée correspond de plus parfaitement au concile que l'évêque Delphin tint à Bordeaux en 384. Cette hypothèse n'est défendue par aucun texte et met à mal l'élégante construction d'Aliette de Maillé.

43. Cependant voir RIGAL 2006 fig. 2 : l'emprise aurait dû recouper le gouttereau nord de l'église.

44. MICHEL 2015.

45. Entre autres : MIGEON 2006 ; LAVAUD 2009, III, p. 27-29.

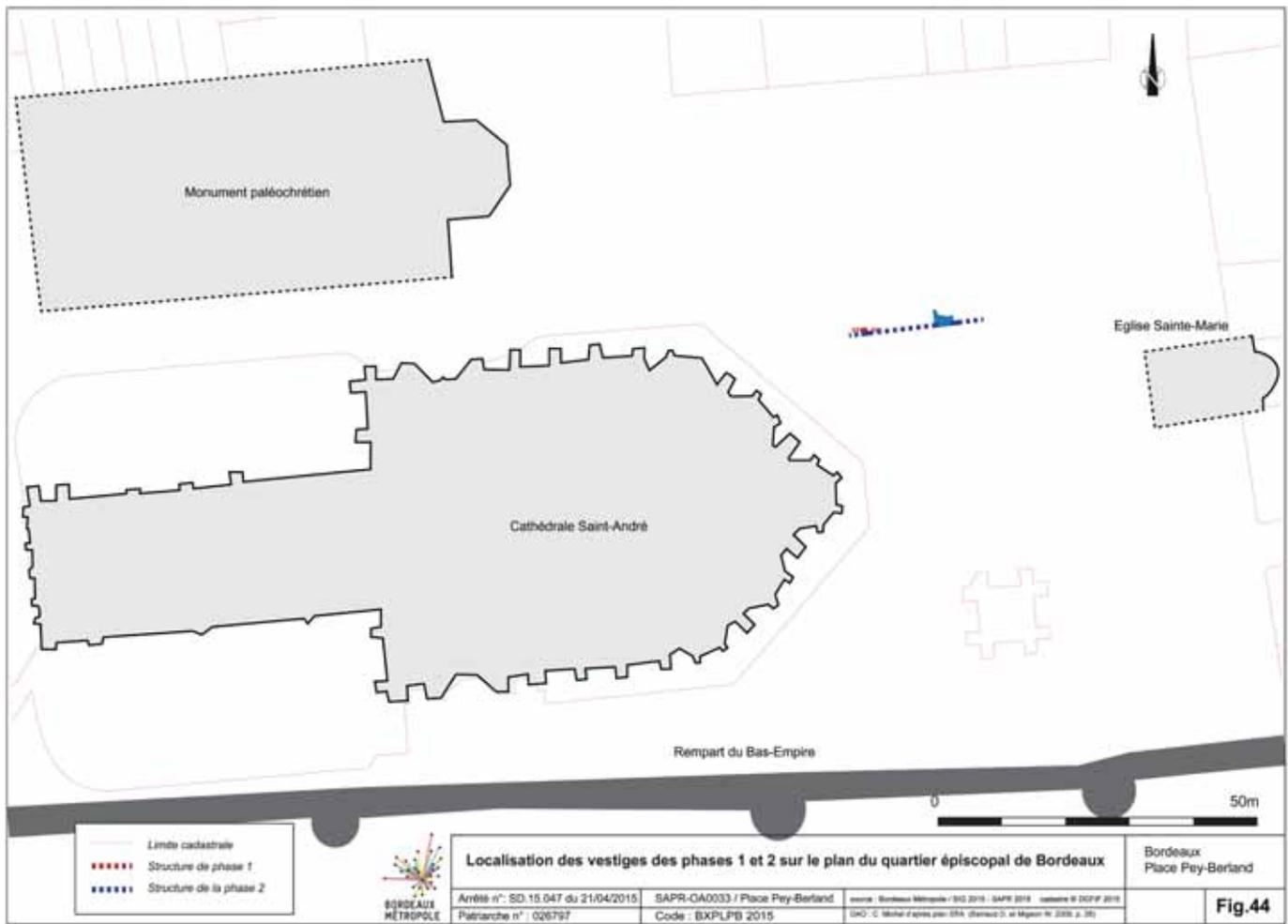


Fig. 7 Fouille 2015 : plan de synthèse (Michel 2015).

Elle n'est cependant pas de nature à interdire l'identification de la Sainte-Marie de Fortunat sous Notre-Dame de la Place.

2. REGARD CRITIQUE SUR LES DONNÉES HISTORIQUES ET ARCHÉOLOGIQUES

La fouille de 1983 n'a pas permis de répondre à toutes les questions entourant l'histoire des vestiges retrouvés sous Notre-Dame de la Place et le travail systématique de l'archéologie préventive a depuis apporté de nouvelles contributions. Les méthodes de travail, d'enregistrement, de présentation des données ont considérablement changé en quarante ans. Le temps écoulé depuis 1983 permet de prendre du recul sur les conclusions anciennes et de pointer les incohérences que l'enthousiasme suscité par la découverte a masquées.

Même s'il est clair que le monde paléochrétien a fortement marqué ce secteur proche de l'actuelle cathédrale, il reste bien des incertitudes, notamment en ce qui concerne la chronologie. La présente étude a pour objectifs, d'une part, de réexaminer les données disponibles avec un regard critique sur les arguments historiques et archéologiques et, d'autre part, d'acquérir des datations physiques sur les différentes phases de construction.

2.1. ANALYSE CRITIQUE DES ARGUMENTS HISTORIQUES DE CHRONOLOGIE

Le témoignage de Venance Fortunat est non pas contestable mais tellement allusif qu'il est parfaitement équivoque, c'est évident : il ne prend de signification topographique que dans l'interprétation qu'on veut bien lui donner. L'identification de Sainte-Marie ne peut être assurée; plusieurs « Notre-Dame » pourraient correspondre. Depuis le XVIII^e siècle, chacune des propositions s'appuie sur la découverte de vestiges antiques, plus ou moins significatifs. On peut éventuellement remarquer la modestie des vestiges découverts sous Notre-Dame de la Place et souligner le désaccord avec les vers emphatiques de Fortunat, mais ce ne saurait être rédhibitoire : on connaît bien la nature des licences poétiques.

Débordant même les propos du poète, on a voulu parfois faire de la chapelle Saint-Sauveur une jumelle de Sainte-Marie/Notre-Dame de la Place⁴⁶, éventuellement y reconnaître le baptistère évoqué par Fortunat. Or rien ne prouve l'existence

46. DROUYN 1874, p. 16-17, dresse ce panorama pour 1450 : « À l'est du clocher de Pey-Berland, dans la Sauvetat de Saint-André, les églises de Saint-Sauveur et de Notre-Dame de la Place nous présentent leurs deux modestes façades : la première est romane, et l'autre contemporaine de saint Louis. » Son plan trace en gris un Saint-Sauveur de la même taille que Notre-Dame de la Place, en noir celle-ci.

obtenu, égal à 1535 ± 90 BP, a été recalibré avec la courbe de calibration la plus récente, IntCal20⁴⁹. La datation en résultant donne un intervalle de [360; 660] de notre ère à 95 % de probabilité. Cette unique datation physique, avec un intervalle large, ne permet pas de questionner la chronologie archéologique.

Le deuxième charbon de bois provient d'un foyer situé contre un des contreforts immédiatement postérieurs à la construction de l'église Notre-Dame de la Place. L'âge radio-carbone de 585 ± 95 (1 σ) BP donne l'intervalle de dates [1257; 1488] de notre ère à 95 % de probabilité. Le charbon était estimé contemporain de la période d'abandon de l'église, alors envisagée entre le IX^e et le XI^e siècle. Le rapport de fouilles ne détaille néanmoins pas clairement les arguments permettant d'avancer cette hypothèse. Pour expliquer le désaccord avec leur hypothèse de départ, les auteurs⁵⁰ ont supposé que le foyer fût une structure temporaire réalisée par les ouvriers travaillant au fond de la tranchée de fondation lors de la reconstruction de la façade de l'église Notre-Dame de la Place. Notre absence de maîtrise sur les résultats et les incertitudes sur le contexte de provenance nous amènent à mettre de côté ces datations ¹⁴C dans notre modélisation chronologique.

2.3. ANALYSE CRITIQUE DES ARGUMENTS ARCHÉOLOGIQUES

Dans les années 1980, il était pour tous évident de trouver Sainte-Marie sous Notre-Dame de la Place. Jacques Gardelles, faute de mieux, voyait une esquisse d'abside dans le chœur de l'église gothique; impossible de dire si c'est à juste titre. Dany Barraud a trouvé une vraie abside sous le portail. La question qui conditionne tout le reste du raisonnement est : cette abside appartient-elle à une église? Sur le terrain, dès le premier jour, cela a semblé une évidence, qui n'a jamais été remise en question.

Lire dans l'abside une partie d'un plan de type basilical, avec une nef centrale et deux latérales, est la seule option pour imaginer une église : aucun mur ne la prolonge vers l'ouest. Que les retours n'aient pas été retrouvés, c'est l'exiguïté du terrain qui en est la cause. Mais au-delà de ce manque, regrettable mais inévitable, différentes difficultés apparaissent :

- La conception de ce chevet n'est pas usuelle : d'ordinaire l'abside est liée, chaînée, avec les épaulements; ici elle est collée sur un mur continu, alors que les fondations sont un seul ensemble, d'une puissance assez exceptionnelle par ailleurs.
- On peut se demander si le rôle des contreforts ajoutés n'est justement pas de pallier le défaut de stabilité qui découle de l'absence de liaison. Les remblais extérieurs, apparemment mis en place assez tôt, pouvaient déjà avoir le même rôle.
- Un très fort remblai - conservé sur plus de 80 cm - a été rapporté dans cette abside et aucun sol d'usage n'existait dans les niveaux conservés, ce qui implique un grand décalage entre les sols intérieur et extérieur.
- L'élévation considérable du mur de chevet - qui se prolongeait au-delà des parties conservées - dépasse largement

la fondation du seuil couramment observé dans une telle structure.

- Malgré les sondages menés au-delà du mur, aucun sol n'a été reconnu à l'emplacement des nefs supposées; il faut par conséquent admettre que c'est l'ensemble de l'édifice, et pas seulement l'abside, qui possédait un sol intérieur surélevé de près d'un mètre par rapport à l'extérieur.
- Les blocs reconnus en position de pilastres ne sont pas liés à la structure majeure.

Tout cela fait une construction particulièrement atypique.

Dans l'architecture romaine, on connaît d'autres cas d'exèdres semi-circulaires. Pour des thermes ou des pièces d'apparat, par exemple; le rapport avec les bassins sous-jacents aurait sans doute plaidé dans ce sens-là si on n'avait pas recherché une église. L'étrangeté de la conception vaut aussi pour de telles hypothèses. On connaît des absides en guise de contrefort pour des murs de soutènement; mais elles sont en général répétées; et, des contreforts soutenant des contreforts, cela fait quelque peu redondant. On trouve des exèdres semi-circulaires dans des lieux d'apparat, un *forum* par exemple; en ce cas, ils s'ouvrent au droit du mur périphérique.

Malgré tout, l'interprétation comme église reste donc une assez bonne possibilité, mais ne peut être considérée comme une certitude. Remarquons à nouveau que ces vestiges manquent d'apparat; et les contreforts irréguliers, bricolés dans un remblai, ne sont pas là pour contredire cette impression. Si c'est une église, ce n'est pas une belle église et elle ne semble pas dans l'orthodoxie de l'architecture romaine.

Y avait-il un espace suffisant pour développer les nefs à l'ouest du mur de chevet supposé? C'est la question que posent les vestiges observés en 2002, sans apporter non plus une réponse claire. On peut en tout cas souligner la permanence d'un axe nord-sud fort, qui n'est pas sans laisser penser à une voirie. Il semble d'ailleurs qu'ait existé une ruelle médiévale dans le prolongement de cet axe⁵¹. Cela peut évoquer la permanence d'autres murs : la façade XIII^e de Notre-Dame de la Place, le supposé mur de chevet et le mur sous-jacent attribué au II^e ou au III^e siècle. Et si cette seconde permanence marquait l'autre côté d'une rue? Elle serait sensiblement au milieu d'un îlot de l'urbanisme romain reconnu à Bordeaux, en direction de la Devèze et du bassin du port intérieur⁵²; on en connaît d'autres dans la même situation, tantôt en rive droite, tantôt en rive gauche. Une telle hypothèse ne résout pas la signification de l'abside, mais peut justifier certaines de ses étrangetés. Elle n'est certes pas plus probable que l'église, mais souligne le problème de l'espace nécessaire au développement des nefs.

On a volontiers considéré que les remblais recoupés par les contreforts contenaient les débris du décor de l'église à laquelle ils s'adossaient. Si le contrebutement par ces remblais suit de près l'achèvement de l'église, il est assez peu probable qu'ils proviennent de celle-ci : ils auraient été mis en place pour

51. DROUYN 1874, p. 315, interprétant un texte de 1262 : « Il existait aussi une ruelle entre la maison du sacriste de Saint-André et celle de Guillaume-Arnaud du Pian (Dopian). Elle était située entre la tour Gracilis [une tour de l'enceinte romaine à peu près située à l'angle sud-est de notre place Pey-Berland] et l'église Saint-Sauveur. Elle partait donc de la rue de la Saubetat [actuelle rue du Loup, à l'angle de laquelle se trouvait Saint-Sauveur] et se dirigeait, au sud, vers le mur romain. »

52. Voir en dernier lieu CHARPENTIER *et al.* 2016, p. 426-431.

49. REIMER *et al.* 2020.

50. BARRAUD 1983b.

sauver un édifice qui justement en était privé. L'argument de continuité d'une église à l'autre exclut tout hiatus : peut-on conserver un lieu de culte qui aurait perdu tout décor, tout faste ? Il faut peut-être envisager une étape intermédiaire, la provenance d'un autre édifice. Que le diagnostic de 2015 ait permis de retrouver des éléments analogues en avant du site plaide plutôt dans le même sens.

Il n'en demeure pas moins que tout le matériel contenu dans cette couche est sensiblement synchrone et provient sans doute d'un même lieu, ce qui maintient la validité des constructions chronotypologiques auquel il a donné lieu.

L'essentiel des raisonnements chronologiques tenus à propos de ces vestiges est fondé sur l'identification avec la Sainte-Marie de Léonce II. Dès le début du cahier de fouille, toute observation stratigraphique est immédiatement traduite en termes absolus de siècles et, une fois l'attribution donnée, on ne revient pas dessus. Néanmoins, les relevés de coupes et les notes prises à la volée sur le terrain sont bien là pour attester la validité de l'observation stratigraphique.

Dans ces conditions, à défaut de donner les précisions espérées, la reconnaissance des unités contenant de l'estampée reste significative d'un horizon chronologique assez bien défini, mais avec une fourchette globale de deux siècles et demi, dans la limite bien sûr du remaniement des couches et du brassage du matériel. Or une caractéristique notée pour les lots considérés est qu'il y avait peu de recollages⁵³, ce qui ne va pas dans ce sens. On peut néanmoins penser qu'il y a une bonne probabilité pour que les niveaux qui nous intéressent soient compris entre le début du v^e et la fin du vi^e siècle.

Le mobilier recueilli contient aussi quelques tessons de sigillées claires africaines et des fragments de verre, mais, sans étude de ces éléments, on ne peut que rester dans la même imprécision.

Pour résumer, on peut poser la probabilité de l'exactitude de la datation proposée pour l'abside par une cascade de conditions :

- si les vestiges sont ceux d'une église, il est plausible qu'il s'agisse de celle qu'évoque Fortunat. Plausible mais non certain car il reste assez fréquent de trouver des vestiges paléochrétiens sous des édifices romans ;
- s'il s'agit de la Sainte-Marie de Fortunat, il faut encore que le poète ait donné toute la signification que nous impliquons derrière le verbe *fundasti*, « tu as fondé ». Après tout, les deux autres édifices supposés bordelais ont été restaurés et le thème global de tout le poème est que Léonce a redonné du lustre à sa famille, à sa fonction, aux édifices cultuels⁵⁴ ;
- si les maçonneries n'ont pas été remaniées, car, même si des prélèvements systématiques de mortiers ont été pratiqués,

aucune étude du bâti comme on la conçoit aujourd'hui n'a été menée ;

alors l'abside et le mur transversal sont bien du milieu du vi^e siècle.

3. ÉTUDE ET DATATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

3.1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE ET CHOIX DES MÉTHODES

Afin de tester les hypothèses sur les datations historiques et archéologiques, plusieurs méthodes physiques ont été intégrées dans l'étude de matériaux de construction des vestiges dans le cadre de deux projets de recherche : le Groupe de recherche européen (GDRE) CNRS *Terres cuites architecturales et nouvelles méthodes de datation* entre 2005 et 2012⁵⁵ et le projet de recherche *Mortar dating in Aquitaine*⁵⁶ (MoDAQ).

La première phase de recherche à Notre-Dame de la Place, entre 2008 et 2011 dans le cadre du GDRE, avait pour but de tester le potentiel chronologique des terres cuites architecturales préservées en quelques rangées dans la construction de l'abside et de dater sa construction. À cette occasion, deux méthodes de datation ont été employées : par thermoluminescence et par archéomagnétisme. La datation de la brique permet de déterminer le moment de sa cuisson et délivre ainsi en toute rigueur un *terminus post quem* pour la construction du bâtiment. Dans la mesure où le emploi de briques est une pratique fréquente, les résultats de la datation de ces éléments doivent être interprétés avec une certaine prudence et en lien avec l'analyse archéologique de l'édifice. En particulier, c'est l'examen de l'homogénéité d'un lot de briques en termes de dimensions et de leur état de conservation (notamment présence/absence de traces de mortiers anciens) qui permet d'apporter des indices sur l'usage du emploi ou non, c'est-à-dire si elles proviennent de constructions antérieures ou, à l'inverse, si elles ont été produites pour la construction. En l'absence de traces visibles de emploi, c'est la convergence des résultats de datations qui permettra de conclure à l'absence de emploi, dans la limite des incertitudes des méthodes de mesure. Ainsi, grâce aux recherches du GDRE, il a été établi que le emploi était fréquent (environ la moitié des cas analysés) mais non systématique⁵⁷. Réciproquement, on peut donc affirmer que la production

53. « Dans l'ensemble il y a peu de recollage. Certains tessons sont très usés et pourraient témoigner de la présence de céramiques résiduelles ». SOULAS 1998.

54. VENANCE FORTUNAT, *Carmina*, v. 41-42 : *templa vetusta Dei reuocasti in culmine prisco / postque suum lapsumnunc meliora placent*, « vous avez rétabli les temples vétustes de Dieu dans leur grandeur d'antan : relevés plus beaux de leurs ruines, ils sont un enchantement ». V. 45 : *Vt tu plus ageres, incendia tecta cremarunt*, « pour vous donner plus d'ouvrage, un incendie brûla les toitures ». Etc. Dans le même ordre d'idées, on peut remarquer que certains dictionnaires donnent des acceptions secondaires à *fundare* un peu différentes de fonder : doter (du Cange), confirmer (Lewis), acceptions qui peuvent ne pas impliquer un rôle de constructeur, mais de restaurateur.

55. GUIBERT et SAPIN 2010. Groupe de Recherche Européen financé par le CNRS (2005-2012, dir. Christian Sapin, UMR 6298, et Pierre Guibert, UMR 5060) : le GDRE réunissait des archéologues du bâti, des historiens d'art et des spécialistes de la datation par luminescence, radiocarbone, archéomagnétisme et dendrochronologie pour l'étude de structures architecturales appartenant à une trentaine de bâtiments emblématiques du haut Moyen Âge situés dans le nord-ouest et le sud-ouest de la France, dans la région lyonnaise, le Piémont italien et le sud-est de l'Angleterre. Quatre nations européennes étaient représentées : Belgique, France, Italie, Royaume-Uni.

56. Projet de recherche multipartenaire, financé par le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine (2015-2019) avec des cofinancements de l'université Bordeaux Montaigne, de la DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine et du labex LaScArBx, dir. Pierre GUIBERT UMR 5060 IRAMAT-CRPAA de Bordeaux en collaboration avec l'institut Ausonius et la DRAC-SRA Nouvelle-Aquitaine.

57. GUIBERT *et al.* 2012 ; Guibert *et al.* 2018.

de terres cuites durant le haut Moyen Âge a été une activité continue, au moins à une échelle régionale.

La deuxième phase de recherche concernant les matériaux de construction du site est intervenue quelques années après la première, lorsque les recherches méthodologiques ont démontré la fiabilité de la datation de mortiers par luminescence optiquement stimulée selon la technique de « grain unique ». Les premiers instruments ont été disponibles à la toute fin des années 1990⁵⁸. Cependant, la complexité du traitement des données, car il s'agissait véritablement d'une révolution dans les concepts analytiques pour la communauté, a nécessité un temps de maturation pour que l'application aux mortiers devienne opérationnelle et fiable⁵⁹.

La possibilité de dater le mortier constitue une avancée essentielle pour les études du bâti. Celui-ci, contrairement aux autres matériaux de construction, ne peut pas être remployé sans être détruit mécaniquement et il représente ainsi un témoin direct de l'édification. De plus, il s'agit d'un matériau qui est bien plus systématiquement présent dans la construction que la brique. À Notre-Dame de la Place, le mortier est en effet présent dans toutes les phases de construction. La seconde intervention, qui a eu lieu entre 2016 et 2019, se donnait ainsi pour objectif de réexaminer la chronologie de l'ensemble des phases constructives clés de l'édifice à partir des mortiers.

L'intégration de trois méthodes de datation indépendantes et appliquées sur deux matériaux différents avait pour objectif d'aboutir à une chronologie robuste, en particulier pour dater la construction de l'abside. L'intérêt de l'usage des méthodes physiques de datation et de la luminescence en particulier se révèle pour les périodes peu documentées ou pour les situations pour lesquelles les sources historiques ou archéologiques sont insuffisantes pour une identification certaine de bâtiments ou de structures architecturales.

3.2. RAPPEL DES PRINCIPES DE MÉTHODES UTILISÉES

3.2.1. Datation par archéomagnétisme

L'archéomagnétisme repose sur la variation séculaire (aux échelles de 10 à 1 000 ans) du champ magnétique terrestre en direction (angles de l'inclinaison et de la déclinaison) et en intensité. Dans la pratique, la méthode exploite la capacité des oxydes de fer (magnétites et hématites) présents dans les terres cuites à acquérir une aimantation thermorémanente (ATR) parallèle et proportionnelle au champ géomagnétique environnant au moment du refroidissement consécutif à une cuisson de la terre cuite⁶⁰.

D'un point de vue archéomagnétique, les briques, comme les autres terres cuites architecturales (tuiles, carreaux de pavement), sont considérées comme des matériaux déplacés car leur emplacement dans la maçonnerie n'est pas le contexte dans lequel elles ont acquis leur ATR. Seule l'étude de l'intensité du champ géomagnétique est ainsi théoriquement envisageable.

Dans le cas des terres cuites parallélépipédiques, il est cependant possible de retrouver l'inclinaison sous certaines hypothèses mais la déclinaison reste toujours inaccessible⁶¹. Pour des raisons de commodité et de remplissage des fours, on peut supposer que les briques reposaient sur une de leurs faces planes, c'est-à-dire soit à plat, soit de chant, soit debout. La mémoire de l'inclinaison est donc conservée par l'une des faces des briques, à la condition que la sole du four ait été horizontale et plane. Or, aux latitudes tempérées, l'inclinaison de l'ATR portée par la brique n'est compatible avec la gamme de variation de l'inclinaison au cours des derniers millénaires (55-75° en France) que dans une seule des trois positions de cuisson possibles⁶².

Suivant ces principes, l'analyse archéomagnétique sur les briques de l'abside de Notre-Dame de la Place avait pour objectif de retrouver à la fois l'inclinaison et l'intensité du champ géomagnétique. Alors que l'inclinaison est utilisée à des fins de datation depuis plusieurs décennies, ce n'est que depuis très récemment le cas pour l'intensité⁶³ grâce aux améliorations très récentes de la base de données de référence de l'Europe occidentale au haut Moyen Âge⁶⁴. Cela représente un changement de paradigme par rapport à des études précédentes menées dans le cadre du GDRE⁶⁵, où l'objectif était d'apporter de nouvelles données de référence de l'intensité grâce aux datations TL et ¹⁴C associées.

3.2.2. Datation par luminescence

La luminescence optiquement stimulée (OSL) et la thermoluminescence (TL) sont des méthodes de datation paléodosimétrique qui exploitent les effets de la radioactivité naturelle sur les minéraux de quartz ou de feldspath. Leur utilisation pour la datation du bâti demeure pour l'instant relativement peu fréquente, malgré le potentiel croissant de ces approches pour étudier en particulier l'architecture alto-médiévale et médiévale⁶⁶.

Avec la TL, on date la dernière chauffe du matériau, tandis que l'OSL permet de dater non seulement la dernière chauffe, mais aussi le moment de la dernière exposition du matériau à la lumière. On peut ainsi appliquer la datation par TL ou par OSL à des terres cuites afin de dater leur cuisson. De plus, la datation par OSL peut s'appliquer au mortier. Dans ce cas, on date le moment où les grains de sable quartzueux ont été mélangés avec la chaux pour fabriquer le liant. On remonte ainsi au moment de la pose du mortier dans la maçonnerie.

En datant le matériau par TL ou par OSL, il est nécessaire d'évaluer deux paramètres pour calculer l'âge de l'échantillon : la dose archéologique, qui correspond à l'énergie en Gray absorbée par le matériau depuis sa dernière chauffe ou

58. DULLER *et al.* 1999.

59. URBANOVÁ et GUIBERT 2017 ; GUIBERT *et al.* 2017.

60. En termes généraux, un chauffage à haute température (>600-700 °C) est nécessaire.

61. LANOS 1994.

62. Cette méthode apporte aussi des informations sur les pratiques artisanales en identifiant les méthodes de chargement des briques dans les fours (Lanos 1990 et 1994).

63. GENEVEY *et al.* 2021.

64. Par exemple : GENEVEY *et al.* 2016 ; GENEVEY *et al.* 2019 ; GÓMEZ-PACCARD *et al.* 2016.

65. SAPIN *et al.* 2008 ; GÓMEZ-PACCARD *et al.* 2012.

66. SAPIN *et al.* 2008 ; BAILIFF *et al.* 2010 ; GUIBERT *et al.* 2012 ; BLAIN *et al.* 2014 ; ČAUŠEVIĆ-BULLY *et al.* 2018 ; STELLA *et al.* 2018 ; SÁNCHEZ-PARDO *et al.* 2018 ; URBANOVÁ *et al.* 2018 ; JAVEL *et al.* 2019 ; PANZERI *et al.* 2019 ; URBANOVÁ 2019.

sa dernière exposition à la lumière, et la dose annuelle, représentant le débit de dose en milliGray par an reçu par ce même matériau. Ces deux paramètres sont déterminés par des procédures analytiques complexes⁶⁷.

La condition essentielle pour que les grains de quartz présents dans les terres cuites ou les mortiers puissent servir de chronomètre est leur remise à zéro. Elle s'effectue par chauffage pour les terres cuites et par l'exposition à la lumière pour les mortiers, appelée plus spécifiquement « blanchiment » dans ce dernier cas. Cependant, tandis que la chauffe assure la remise à zéro uniforme de tous les minéraux contenus dans la terre cuite et rend la datation accessible facilement, le blanchiment du mortier par la lumière est souvent hétérogène en raison de la courte durée de l'exposition de certains grains de sable à la lumière lors de la fabrication du mortier. La datation du mortier nécessite ainsi une analyse plus sophistiquée. Il s'agit d'utiliser une technique de « grain unique » (*single grain* en anglais, SG-OSL)⁶⁸ qui permet d'étudier les grains extraits du mortier un par un et ainsi d'identifier par des considérations internes à la méthode les grains portant l'information chronologique sur l'édification d'une structure architecturale. C'est une condition essentielle pour obtenir un âge fiable du mortier. Toutefois, certaines études récentes continuent d'employer la technique classique de « multigrain »⁶⁹ pour dater les mortiers d'âge inconnu. Nous alertons avec insistance sur l'utilisation hasardeuse de cette approche car celle-ci risque d'introduire un biais dans la détermination d'âge, comme cela a été

plusieurs fois démontré⁷⁰. Ainsi, nous insistons sur l'emploi d'une technique de « grain unique » pour dater les mortiers afin de déterminer leur état de blanchiment. Si l'utilisation d'une technique « multigrain » est envisagée, son emploi doit être contrôlé par une procédure de « grain unique » afin de vérifier le degré de blanchiment des grains, ce qui n'est pas toujours effectué⁷¹.

3.3. DATATION DES MORTIERS PAR L'SG-OSL

3.3.1. Prélèvements des mortiers

La campagne d'échantillonnage des mortiers a pu être envisagée sur cinq unités stratigraphiques du site clairement identifiées : la maçonnerie de l'habitat antérieur à l'abside, l'abside, le mur nord-sud contre lequel l'abside est appuyée, le contrefort SSE et la maçonnerie du portail de l'église « médiévale ». Pour compléter le corpus, un échantillon de sédiment a été pris sous le contrefort SSE afin de fournir un *terminus post quem* pour l'édification du contrefort. L'ensemble des prélèvements, réalisés manuellement en prenant soin de ne pas exposer les échantillons à la lumière, est listé dans le tableau 2 et leur emplacement est indiqué sur la figure 9.

La datation de plusieurs niveaux archéologiques était un choix stratégique motivé par l'objectif de l'étude : établir un modèle chronologique robuste, en particulier pour confirmer la

Échantillon	Type de matériau	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO
Maçonnerie habitat antique							
BDX 21216-8	Mortier	44,5	44,1	5,6	2,3	1,7	0,9
BDX 21217-9	Mortier	44,8	44,6	5,4	2,2	1,6	0,5
Abside							
BDX 21213-4	Mortier	34,9	49,2	8,8	2,5	1,9	1,1
BDX 21214-10	Mortier	32,9	56,8	6,2	1,6	1,7	0,8
Mur nord-sud							
BDX 21218-12	Mortier	39,3	45,9	8,6	2,4	1,7	1,1
BDX 21219-13	Mortier	37,0	50,7	7,3	2,1	1,3	0,8
Sédiment sous le contrefort							
BDX 21211-2	Sédiment	39,4	46,6	7,4	2,5	1,7	0,8
Contrefort							
BDX 21210-1	Mortier	22,9	52,1	12,3	2,7	3,2	1,0
BDX 21212-3	Mortier	26,8	59,8	8,2	1,9	2,0	0,6
Maçonnerie médiévale							
BDX 21221-16	Mortier	36,3	51,9	6,9	1,7	1,9	0,7
Maçonnerie en emploi (pilastre nord)							
BDX 21222-19	Mortier	20,3	62,7	9,8	3,8	1,9	0,9
Sédiment du remblai							
BDX 21206-11	Remblai à l'intérieur de l'abside	36,9	48,3	6,6	2,8	1,7	0,9
BDX 21209-18	Remblai à l'extérieur de l'abside	45,0	42,9	6,3	2,3	1,7	0,6

Tableau 2 Liste des mortiers de jointoiement et des sédiments prélevés en 2018 dans les différentes maçonneries des vestiges sous l'église Notre-Dame de la Place. La partie droite du tableau donne les compositions élémentaires (teneurs en éléments majeurs, exprimées en pourcentage) obtenues à l'aide d'un microscope électronique à balayage couplé à un détecteur de rayons X.

67. AITKEN 1998 ; pour les mortiers URBANOVÁ *et al.* 2015, pour les briques BLAIN *et al.* 2010.

68. DULLER *et al.* 1999.

69. MOROPOULOU *et al.* 2018.

70. JAIN *et al.* 2004 ; FEATHERS *et al.* 2008 ; GOEDICKE 2011 ; PANZERI *et al.* 2017.

71. Par exemple MOROPOULOU *et al.* 2018 ; GUELI *et al.* 2021

date de construction de l'abside. Indépendamment de l'intérêt historique, dater plusieurs niveaux reliés en stratigraphie est un point crucial en modélisation chronologique car l'introduction de contraintes de chronologie relative entre les datations permet d'améliorer la précision des dates finales.

3.3.2. Note sur la caractérisation des mortiers

L'ensemble des mortiers prélevés a été étudié par microscopie optique et microscopie électronique à balayage couplée à un détecteur de rayons X (SEM-EDX) pour identifier d'éventuelles variations entre les mortiers provenant de différentes phases de construction. En composition élémentaire reportée au tableau 2, on constate que les mortiers sont constitués majoritairement de calcium (exprimé selon l'usage en pourcentage d'oxyde CaO), présent surtout dans le liant carbonaté, et de silicium (SiO₂) contenu dans la silice et les silicates du sable d'origine fluviatile. De plus, les échantillons contiennent de faibles pourcentages d'aluminium et de fer provenant de la source argileuse. La granulométrie de la majeure proportion de l'agrégat est comprise entre 500 µm et 2 mm. En accord avec les conclusions de l'étude de 1983, on constate que, « quelle que soit l'époque envisagée, la méthode de préparation des mortiers et des enduits semble avoir peu varié, compte tenu des modifications aléatoires, personnelles et involontaires dues à l'ouvrier »⁷². Il n'est alors pas possible de discerner les différentes phases de construction à partir de la caractérisation de mortiers car, pendant toute l'histoire du site, les bâtisseurs utilisaient des sources de matière première et des techniques de fabrication semblables (fig. 10).

3.3.3. Détermination de la dose archéologique des mortiers

L'ensemble des échantillons de mortier prélevés dans les différentes phases de construction a montré un comportement favorable pour la datation par luminescence. Les mortiers contenaient suffisamment de grains de quartz de la granulométrie requise, comprise entre 200 et 250 µm, qui émettaient une luminescence d'intensité suffisante et de qualité exploitable pour mettre en œuvre la procédure de « grain unique » (SG-OSL).

En fonction de l'échantillon et de ses propres caractéristiques, plusieurs milliers de grains de quartz ont été analysés individuellement pour chaque échantillon. Entre 2 et 5 % de ces grains analysés ont fourni de signaux luminescents utilisables pour la datation. La figure 11 montre les histogrammes

des doses équivalentes qui correspondent à la luminescence émise par les grains individuels. Pour l'ensemble de ces échantillons, on retrouve un pic de fréquence notable en début de distribution. Celui-ci témoigne de la présence de grains dont la remise à zéro par la lumière a été complète ou presque complète lors de la préparation du mortier. Tous les mortiers contiennent donc des grains qui portent l'information chronologique permettant de les dater. Cependant, pour l'ensemble des échantillons, on constate que les distributions présentent aussi des grains de forte dose résultant d'une remise à zéro partielle. Comme indiqué préalablement, il s'agit d'une conséquence prévisible et inévitable d'un éclairage hétérogène des grains lors de la préparation du mortier⁷³. Ceci indique que seule l'analyse individuelle des grains (SG-OSL) peut fournir une datation fiable car elle rend possible la distinction de grains bien blanchis et d'autres peu blanchis.

Le degré de blanchiment des mortiers étudiés varie en fonction de l'échantillon. On note une proportion prépondérante de grains bien remis à zéro dans le sédiment BDX 21211-2 (sous le contrefort) et dans les mortiers BDX 21213-4 (abside), BDX 21218-12 (mur nord-sud), BDX 21212-3 (contrefort) et BDX 212121-16 (mur médiéval). Le blanchiment est moins complet pour les échantillons restants. Toutefois, il demeure suffisant pour aboutir à une datation. Pour le calcul de la dose archéologique, on a employé le modèle d'exposition exponentielle (EED) qui repose sur des bases de physique statistique et dont la validité pour les mortiers a été démontrée sur des séries de datations de mortiers d'âge connu, et de divers états de blanchiment⁷⁴. L'ensemble des données est résumé dans le tableau 3.

3.3.4. Détermination de la dose annuelle des mortiers

La dose annuelle est la somme de plusieurs contributions différenciées selon l'origine de la radioactivité : la radioactivité environnementale (issues des matériaux des constructions environnant l'échantillon et du rayonnement cosmique), celle de l'échantillon et celle des grains qui ont servi aux mesures de dose archéologique. Les résultats sont présentés dans le tableau 4. Trois aspects méritent d'être discutés plus en détail, puisque leur évaluation peut influencer de manière significative sur la valeur finale de la dose annuelle ou bien de l'âge final. Il s'agit de la radioactivité provenant de l'environnement, de la radioactivité de l'échantillon et de l'effet de l'humidité.

72. BARRAUD 1983b.

73. GUIBERT *et al.* 2020.

74. GUIBERT *et al.* 2017 ; GUIBERT *et al.* 2020.



Fig. 9 Localisation des prélèvements des mortiers datés par luminescence optiquement stimulée (technique de single grain). a. Abside, vue de l'intérieur ; b. Mur nord-sud, vue de l'intérieur ; c. Contrefort sud-est (à gauche) soutenant l'abside (à droite), remblai et restes des murs de l'habitat antique ; d. Maçonnerie médiévale ; e. « Pilastre » en remploi (à gauche) et mur nord-sud (à droite).

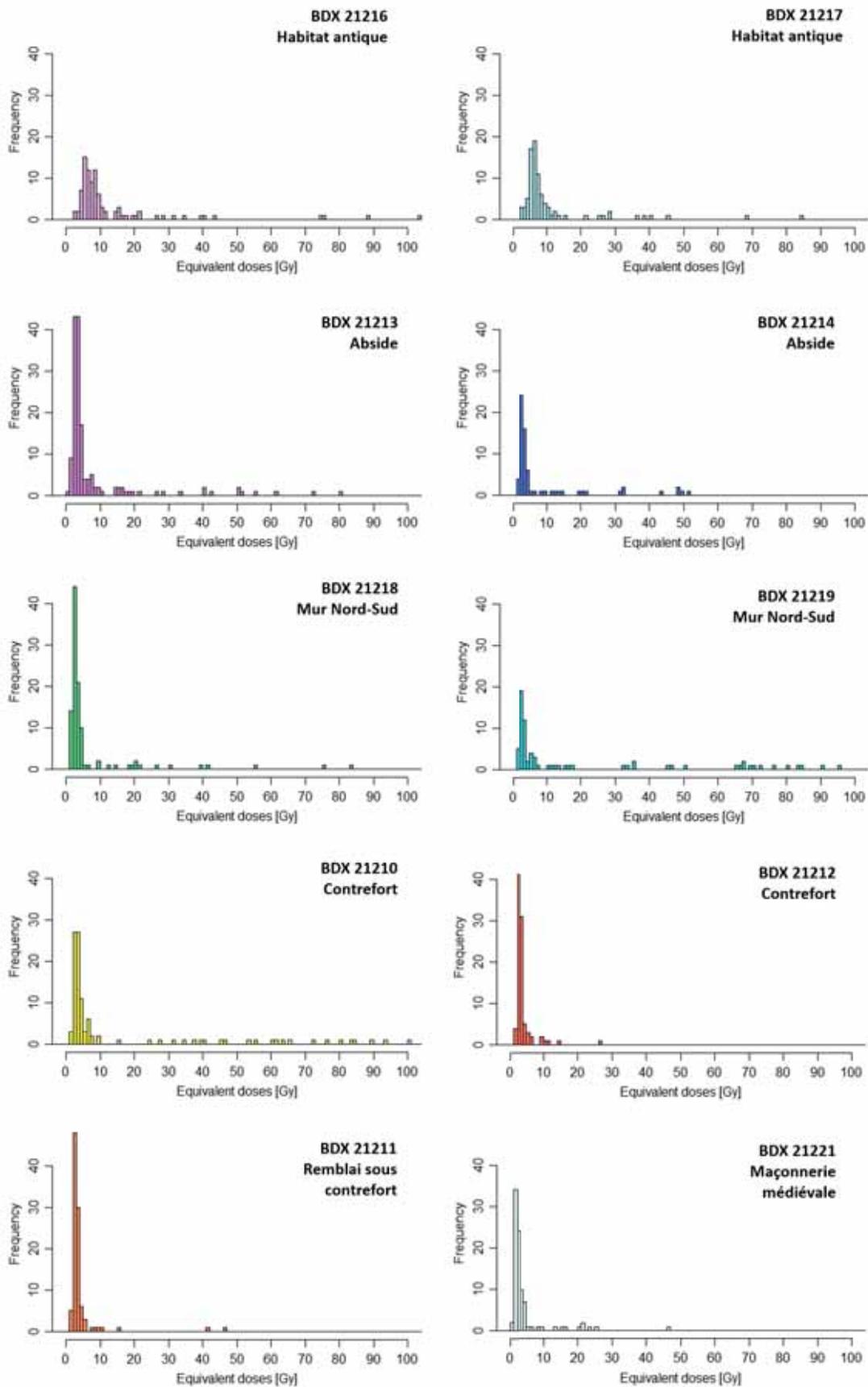


Fig. 11 Histogrammes des doses équivalentes correspondant à la luminescence émise par les grains individuels pour l'ensemble des mortiers datés. Les mesures ont été effectuées avec le lecteur TL/OSL DA20 Risø reader équipé d'un laser en appliquant le protocole SAR (Murray et Wintle 2000).

Échantillon	Type de matériau	Grains analysés	Grains avec signal	% de grains avec signal	Kappa	Sigma	État initial	Nb de grains pris en compte	Dose archéologique [Gy]
Maçonnerie habitat antique									
BDX 21216-8	Mortier	6175	100	1,6 %	8,50	0,30	0,70	83/98	6,48±0,18
BDX 21217-9	Mortier	5700	93	1,6 %	12,8	0,29	0,73	82/90	6,32±0,16
Abside									
BDX 21213-4	Mortier	3040	100	3,3 %	13,0	0,27	0,49	82/98	3,08±0,06
BDX 21214-10	Mortier	2945	71	2,4 %	5,6	0,15	0,47	61/98	2,47±0,07
Mur nord-sud									
BDX 21218-12	Mortier	5130	112	2,2 %	16,0	0,30	0,50	92/108	2,58±0,05
BDX 21219-13	Mortier	3705	81	2,2 %	5,3	0,18	0,84	38/75	2,43±0,06
Sédiment sous le contrefort									
BDX 21211-2	Sédiment	2090	110	5,3 %	35,0	0,23	0,32	95/100	2,92±0,05
Contrefort									
BDX 21210-1	Mortier	3800	105	2,8 %	8,5	0,26	0,57	78/102	2,93±0,07
BDX 21212-3	Mortier	2280	95	4,2 %	30,0	0,25	0,20	88/92	3,03±0,06
Maçonnerie médiévale									
BDX 21221-16	Mortier	3420	92	2,7 %	15,0	0,47	0,32	xx	2,03±0,06
Maçonnerie en emploi (pilastre nord)									
BDX 21222-19	Mortier	5606	191	3,4 %	4,6	0,38	0,81	86/180	2,60±0,10

Tableau 3 Ensemble de données utilisées pour la détermination de la dose archéologique des mortiers par la procédure de « grain unique ».

Le tableau reporte le nombre total de grains analysés, le nombre de grains émettant un signal de luminescence détectable, les paramètres du modèle d'exposition exponentielle (EED, GUIBERT et al. 2017) obtenus par l'analyse statistique de la distribution de dose entre les grains (le paramètre d'exposition kappa, le paramètre de la dispersion de dose annuelle sigma, l'état initial exprimé en fraction de l'état de saturation, le nombre de grains pris en compte pour le calcul de la dose archéologique à l'optimum de précision par rapport au nombre total de grains satisfaisant aux critères de sélection) et la dose archéologique pour chaque échantillon.

3.3.4.1 Radioactivité environnementale

La radioactivité environnementale a été déterminée par deux méthodes. Les valeurs obtenues par dosimétrie $Al_2O_3:C^{75}$ et gammamétrie montrent une très bonne cohérence. Pour le calcul d'âge, ce sont les valeurs obtenues grâce à la dosimétrie qui ont été prises en compte. Contrairement à la gammamétrie, dont la mesure s'effectue au niveau de la surface de la maçonnerie, les dosimètres, étant beaucoup plus petits, peuvent être insérés à l'intérieur des murs, à l'emplacement exact de l'échantillon prélevé. À Notre-Dame de la Place, lors de la dernière campagne d'étude, les dosimètres sont restés en place pendant 221 jours. En principe, les valeurs obtenues grâce à la dosimétrie sont alors les plus représentatives. La cohérence de celles-ci avec les mesures réalisées par gammamétrie nous indique qu'il y a peu de variation de la dose gamma entre les parties internes et superficielles des maçonneries étudiées.

Nous devons toutefois évaluer si les mesures effectuées aujourd'hui sont représentatives de la radioactivité environnementale moyenne à laquelle a été soumis l'échantillon au cours du temps, en raison des modifications successives des maçonneries, de leur enfouissement, puis des fouilles et des constructions récentes qui les surplombent. Des différences significatives de débit de dose peuvent exister si les matériaux

qui constituent les éléments de remplissage ou les éléments maçonnés successifs ont des radioactivités très différentes.

Les vestiges de Notre-Dame de la Place ont été ensevelis pendant un millénaire au minimum, tandis que la mesure de la radioactivité a été effectuée après le déblayage des couches de démolition et de remblai. Cependant, les mortiers ont été prélevés dans le cœur des murs et les dosimètres implantés précisément aux points de prélèvement. La dose gamma à 10 cm de profondeur dans la maçonnerie provient majoritairement, environ 85 %, de celle du mur⁷⁶ lui-même, dans lequel est implanté le dosimètre et le complément, soit 15 %, provient des autres composantes de l'environnement⁷⁷, telles que les autres structures maçonnées, les sédiments, etc. Par ailleurs, le sédiment du remblai que nous avons également analysé montre une composition radiochimique proche de celle des mortiers, à l'exception des mortiers romains, très riches en uranium.

Ces arguments nous amènent à considérer que la radioactivité environnementale mesurée aujourd'hui est suffisamment représentative de l'état moyen au cours du temps. Les potentielles variations de la dose gamma dans l'environnement proche de la maçonnerie dans le passé, liées à la destruction partielle des maçonneries, au remblaiement des espaces et aux nouvelles constructions auraient peu d'effet sur la valeur finale de la dose annuelle gamma.

76. Le mur doit être néanmoins suffisamment épais, plus de 40 cm.

77. GUIBERT et al. 1998.

75. KREUTZER et al. 2018.

Échantillon	Nature	Teneur en eau dans l'échantillon			K [%]	U (238U) [ppm]	U (226Ra) [ppm]	U (210Pb) [ppm]	Th [ppm]	Dose annuelle environnementale [mGy/an]
		À saturation	Au prélèvement	Moyenne estimée						
Maçonnerie habitat antique										
BDX 21216-8	Mortier	20	12	15 ± 3	1,03 ± 0,02	21,82 ± 0,55	17,54 ± 0,17	19,99 ± 1,97	2,55 ± 0,10	0,878 ± 0,007
BDX 21217-9	Mortier	20	12	15 ± 3	0,95 ± 0,02	18,32 ± 0,45	12,87 ± 0,13	13,38 ± 1,33	2,43 ± 0,08	0,878 ± 0,007
Abside										
BDX 21213-4	Mortier	15	5	9 ± 2	0,97 ± 0,02	4,09 ± 0,14	2,85 ± 0,03	3,17 ± 0,39	2,77 ± 0,05	0,767 ± 0,006
BDX 21214-10	Mortier	13	5	8 ± 2	1,02 ± 0,02	3,05 ± 0,13	2,61 ± 0,03	2,15 ± 0,36	2,65 ± 0,06	0,566 ± 0,005
Mur nord-sud										
BDX 21218-12	Mortier	20	3	12 ± 3	1,15 ± 0,02	7,39 ± 0,25	6,97 ± 0,08	7,69 ± 0,86	4,04 ± 0,09	0,639 ± 0,006
BDX 21219-13	Mortier	16	3	10 ± 2	0,78 ± 0,01	2,61 ± 0,11	2,61 ± 0,03	1,33 ± 0,20	2,09 ± 0,05	0,691 ± 0,006
Sédiment sous le contrefort										
BDX 21211-2	Sédiment	-	17	17 ± 4	0,83 ± 0,02	4,78 ± 0,16	3,51 ± 0,04	4,38 ± 0,51	2,83 ± 0,06	0,728 ± 0,006
Contrefort										
BDX 21210-1	Mortier	12	10	10 ± 2	1,31 ± 0,02	3,88 ± 0,14	2,91 ± 0,04	2,86 ± 0,39	2,95 ± 0,06	0,580 ± 0,005
BDX 21212-3	Mortier	11	9	9 ± 2	0,99 ± 0,02	3,89 ± 0,18	3,15 ± 0,04	2,03 ± 0,43	2,93 ± 0,08	0,701 ± 0,006
Maçonnerie médiévale										
BDX 21221-16	Mortier	10	6	7 ± 2	1,00 ± 0,02	2,57 ± 0,12	2,25 ± 0,03	2,41 ± 0,34	2,47 ± 0,06	0,819 ± 0,007
Maçonnerie en remploi (« pilastre nord »)										
BDX 21222-19	Mortier	15	14	14 ± 2	0,85 ± 0,02	1,97 ± 0,15	2,49 ± 0,04	3,60 ± 0,49	4,21 ± 0,09	0,463 ± 0,005
Sédiment du remblai										
BDX 21206-11	Remblai intérieur abside				0,96 ± 0,02	4,43 ± 0,15	3,28 ± 0,04	3,94 ± 0,47	3,27 ± 0,06	
BDX 21209-18	Remblai extérieur abside				0,75 ± 0,01	4,73 ± 0,16	3,43 ± 0,04	4,97 ± 0,56	2,56 ± 0,56	

Tableau 4 Ensemble de données utilisées pour la détermination de la dose annuelle des mortiers. De gauche à droite : numéro de l'échantillon, nature de l'échantillon, mesure de l'humidité à saturation (% de masse d'eau à saturation par rapport à la masse de matériau sec), humidité au prélèvement, humidité prise en compte dans le calcul d'âge, teneurs en Potassium (K), en Uranium-238 et ses descendants Radium-226 et Plomb 210 et en Thorium (Th) déterminées par spectrométrie gamma à bas bruit de fond, dose environnementale annuelle évaluée par dosimétrie.

3.3.4.2. Radioactivité intrinsèque à l'échantillon

La part de la radioactivité intrinsèque aux échantillons datés a été évaluée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond⁷⁸. En comparaison d'autres méthodes d'analyse utilisées par d'autres équipes de datation par luminescence⁷⁹, la spectrométrie gamma permet non seulement de déterminer la teneur ou l'activité des radioéléments, mais aussi d'évaluer l'état d'équilibre radioactif dans la chaîne de désintégration de l'uranium. Étant donné qu'un tel déséquilibre peut avoir des effets non négligeables sur l'âge final comme le démontrent de nombreuses études, il nous paraît important de contrôler cet aspect⁸⁰.

En effet, la composition radiochimique des mortiers étudiés indique un léger déséquilibre entre l'isotope de l'uranium (238U) et son descendant l'isotope du radium (226Ra), l'uranium

présentant une activité supérieure à celle du radium. Ce phénomène est commun à l'ensemble des échantillons analysés. Nous supposons qu'il s'agit ici d'un déséquilibre hérité de la matière première utilisée pour fabriquer les mortiers. On considère alors l'existence de ce déséquilibre comme constant sur toute la durée de l'existence des maçonneries en question.

De plus, on constate l'existence d'un déséquilibre significatif entre le radium (226Ra) et le plomb (210Pb) pour plusieurs échantillons. La teneur en plomb-210 (210Pb) reflète celle du radon-222 de l'échantillon sur la dernière trentaine d'années (qui est l'âge moyen des atomes de plomb-210). Pour évaluer l'influence de ce type de déséquilibre sur l'âge des échantillons, nous avons testé deux hypothèses extrêmes, en supposant que l'état d'origine était l'état d'équilibre séculaire. La première hypothèse considère que ce déséquilibre s'est produit après le dégagement des vestiges lors des fouilles de 1983 (modèle de la mobilité récente du radon). Dans ce cas, l'effet du départ de radon-222 sur la dose annuelle moyenne ou bien sur l'âge sera relativement négligeable dans le bilan dosimétrique et on ne

78. GUIBERT *et al.* 2009.

79. Par exemple PANZERI *et al.* 2017.

80. KRIBETSCHKEK *et al.* 1994 ; OLLEY *et al.* 1996 ; Guibert *et al.* 2009.

Échantillon	Dose archéologique [Gy]	Isotope de référence pour le radon (Modèle de déséquilibre)	Dose annuelle totale [mGy/an]	Âge [années]	Date de notre ère
Maçonnerie habitat antique					
BDX 21216-8	6.48 ± 0.18	226Ra (mobilité récente du radon)	3.782 ± 0.164	1713 ± 86 (57)	306 ± 86 (57)
		210Pb (mobilité continue et ancienne du radon)	3.932 ± 0.225	1648 ± 114 (73)	371 ± 114 (73)
BDX 21217-9	6.32 ± 0.16	226Ra	3.243 ± 0.135	1949 ± 93 (59)	70 ± 93 (59)
		210Pb	3.265 ± 0.165	1936 ± 123 (73)	83 ± 123 (73)
Abside					
BDX 21213-4	3.08 ± 0.06	226Ra	1.885 ± 0.052	1634 ± 61 (36)	385 ± 61 (36)
		210Pb	1.900 ± 0.054	1622 ± 82 (41)	397 ± 82 (41)
BDX 21214-10	2.47 ± 0.07	226Ra	1.656 ± 0.048	1491 ± 64 (46)	528 ± 64 (46)
		210Pb	1.615 ± 0.049	1529 ± 85 (52)	490 ± 85 (52)
Mur nord-sud					
BDX 21218-12	2.58 ± 0.05	226Ra	2.320 ± 0.093	1112 ± 49 (27)	907 ± 49 (27)
		210Pb	2.359 ± 0.111	1094 ± 65 (36)	925 ± 65 (36)
BDX 21219-13	2.43 ± 0.06	226Ra	1.570 ± 0.043	1547 ± 63 (42)	472 ± 63 (42)
		210Pb	1.474 ± 0.034	1648 ± 84 (46)	371 ± 84 (46)
Sédiment sous le contrefort					
BDX 21211-2	2.92 ± 0.05	226Ra	1.760 ± 0.075	1659 ± 74 (34)	360 ± 74 (34)
		210Pb	1.811 ± 0.079	1613 ± 90 (42)	406 ± 90 (42)
Contrefort					
BDX 21210-1	2.93 ± 0.07	226Ra	1.914 ± 0.056	1531 ± 62 (40)	488 ± 62 (40)
		210Pb	1.900 ± 0.058	1543 ± 82 (45)	476 ± 82 (45)
BDX 21212-3	3.03 ± 0.06	226Ra	1.846 ± 0.053	1641 ± 63 (38)	378 ± 63 (38)
		210Pb	1.759 ± 0.053	1723 ± 89 (48)	296 ± 89 (48)
Maçonnerie médiévale					
BDX 21221-16	2.03 ± 0.06	226Ra	1.853 ± 0.050	1095 ± 48 (34)	924 ± 48 (34)
		210Pb	1.856 ± 0.048	1094 ± 60 (36)	925 ± 60 (36)
Pilastre nord					
BDX 21222-19	2.60 ± 0.10	226Ra	1.368 ± 0.041	1901 ± 97 (78)	118 ± 97 (78)
		210Pb	1.436 ± 0.053	1811 ± 117 (83)	208 ± 117 (83)

Tableau 5 Récapitulatif des principaux paramètres nécessaires au calcul d'âge SG-OSL des mortiers. La dose annuelle a été calculée selon deux scénarios de déséquilibre de radon, comme explicité dans le texte. Le premier scénario ne considère aucune perte de radon : l'activité du radon et de ses descendants est basée sur la mesure de la teneur du Radium-226. Le deuxième scénario extrapole une perte du radon sur toute la durée archéologique : l'activité du radon et de ses descendants est déduite de la mesure actuelle de celle du Plomb-210. Les âges exprimés en années (par rapport à la date de l'analyse, 2019) et les dates sont associés à leur incertitude globale (un écart-type), elle aussi exprimée en années. Entre parenthèses, nous avons indiqué la composante statistique de l'écart-type.

le prend pas en compte⁸¹. La deuxième hypothèse extrapole le déséquilibre entre le radium (226Ra) et le plomb (210Pb) observé aujourd'hui sur toute la durée archéologique (modèle de la mobilité continue du radon). Son influence sur l'âge sera bien plus significative. Dans le tableau 5, les deux cas de figure sont présentés pour l'ensemble des échantillons. Pour la majorité d'entre eux, l'influence de ces deux hypothèses de déséquilibre sur l'âge final n'est pas significative, car le déséquilibre n'est pas très marqué. Cependant, pour quatre échantillons, la différence est plus importante. Par conséquent, pour les mortiers BDX 21219-13 (mur nord-sud) et BDX 21212-3 (contrefort), on constate un effet de vieillissement de 80 à 100 ans en extrapolant le déséquilibre entre le radium (226Ra) et le plomb (210Pb) observé aujourd'hui sur toute la durée archéologique (modèle de mobilité continue du radon). En revanche, un rajeunissement de 50 ans s'applique pour le sédiment BDX 21211-2 (sous le contrefort) et de 90 ans pour le mortier BDX 21222-19 (maçonnerie en remploi). Dans

la section 4, les âges sans et avec ce déséquilibre sont intégrés dans le modèle chronologique afin d'examiner l'impact des deux scénarios sur les datations finales qui, comme nous le verrons, seront minimes.

3.3.4.3. Les effets d'humidité

Le dernier aspect à évaluer est l'humidité moyenne des échantillons datés. L'eau contenue dans la matrice des mortiers a la capacité d'absorber une partie du rayonnement ionisant reçu par l'échantillon. À cause de l'humidité, les grains exploités pour la datation vont donc être moins irradiés que dans le cas d'un échantillon sec. La teneur en eau est ainsi un facteur qu'il faut prendre en compte pour la détermination de la dose annuelle afin d'éviter une sous-estimation de l'âge. Ce paramètre dépend de la porosité de l'échantillon et des conditions hydrologiques. Ainsi, si nous pouvons considérer que des maçonneries en élévation et « hors d'eau » sont plutôt sèches en général, il n'en est pas de même pour des fondations, ou lorsque la maçonnerie se retrouve enfouie sous des sédiments ou des

81. Nous considérons alors que l'activité de Pb-210 est restée constante et égale à celle de Ra-226.

déblais urbains, comme cela a pu être le cas sur le site étudié, et de surcroît dans un contexte fluviatile (près du ruisseau de la Devèze, au cœur de Bordeaux). Pour de tels cas, la teneur en eau se trouve proche des valeurs de saturation.

L'ensemble des mortiers analysés dans cette étude a été prélevé manuellement (sans lubrification par l'eau lorsque nous utilisons un système de carottage). L'humidité de chaque échantillon au moment du prélèvement a donc pu être évaluée par différence de masse au prélèvement et après séchage. Par ailleurs, des mesures de saturation d'eau ont été aussi réalisées. La teneur d'eau à saturation correspond à la quantité maximale d'eau que peut intégrer le matériau et elle est directement liée à la porosité. Nous constatons que parmi les maçonneries aujourd'hui en élévation (depuis les fouilles de 1983), mur de l'abside et mur nord-sud sont les moins humides relativement à leur saturation, alors que les autres, qui se trouvent partiellement enfouies dans le substrat, sont proches de l'état saturé, comme la maçonnerie de l'habitat antique, le contrefort ou la maçonnerie médiévale. Il en est de même pour le sédiment sous-jacent au contrefort⁸².

On peut considérer que, pour les éléments aujourd'hui enfouies en totalité ou partiellement, la teneur en eau mesurée après prélèvement s'approche de leur humidité « archéologique » compte tenu de la durée supposée de leur ensevelissement, près de 1000 ans par exemple pour l'abside, plus de 1500 ans pour les reliquats de l'habitat antique. On a ainsi considéré qu'une teneur en eau correspondant à 75 ± 15 % de la saturation pour les maçonneries romaines et à 60 ± 15 % pour l'abside, le mur nord-sud et la maçonnerie médiévale représentait bien cette humidité moyenne. Nous avons affecté à cette estimation une incertitude élevée égale à 15 % de l'état de saturation, qui représente l'erreur possible d'estimation de l'humidité archéologique. L'ensemble de ces données figure au tableau 4 (colonnes 3 à 5).

3.3.5. Mise en perspective de la datation des mortiers

Après avoir évalué au mieux l'ensemble de facteurs nécessaires pour la détermination de la dose annuelle, on peut procéder au calcul des âges et des dates individuelles qui sont présentées dans le tableau 5⁸³. La distribution de probabilité des datations obtenues par OSL ou TL suit une loi gaussienne. Les dates annoncées correspondent aux dates les plus probables pour la fabrication des mortiers étudiés, dans l'intervalle de confiance défini. L'incertitude associée à ces dates correspond à un écart-type; les dates se trouvent dans le domaine d'un écart-type de la date centrale avec une probabilité de 68 %.

En se fondant uniquement sur la datation des mortiers, on peut déjà tirer quelques conclusions préliminaires qui seront réexaminées avec l'intégration des données acquises dans la modélisation chronologique. Premièrement, les résultats

indiquent que la construction de l'abside se situe entre le IV^e et le VI^e siècle. La date moyenne pondérée pour la construction de l'abside serait de 439 ± 55 de notre ère, ou 432 ± 78 de notre ère si on tient compte du déséquilibre au niveau du radon. En attribuant à la même phase le mortier BDX 21219-13 du mur nord-sud, la date moyenne de la construction du bâtiment à abside devient 448 ± 42 de notre ère, ou 416 ± 59 sans et avec déséquilibre, respectivement.

Le mortier BDX 21218-12, provenant également du mur nord-sud, fournit une date de 907 ± 49 et se révèle ainsi considérablement plus jeune. Il peut, en effet, être lié à la construction plus tardive de l'église Notre-Dame de la Place⁸⁴. Lors de la fouille en 1983, on a constaté que les maçonneries médiévales descendaient jusqu'au mur paléochrétien qu'elles avaient dérasé. Cette hypothèse est renforcée par le fait que le mortier BDX 21221-16, provenant de la maçonnerie sûrement médiévale qui repose directement sur le mur nord-sud, date également du début du X^e siècle de notre ère. Au début du X^e siècle, on détecte ainsi une activité de construction touchant ce secteur des vestiges.

En ce qui concerne le contrefort sud-sud-est, la date moyenne pondérée pour les deux mortiers échantillonnés est égale à 430 ± 56 de notre ère, ou 384 ± 81 de notre ère si on tient compte du déséquilibre lié au départ de radon. En chronologie relative, ces datations sont cohérentes avec la datation du dépôt du sédiment BDX 21211-2 du remblai sous le contrefort à 360 ± 74 de notre ère, ou 406 ± 90 de notre ère selon la prise en compte ou non du modèle de déséquilibre du radon. La datation du sédiment du remblai fournit un *terminus post quem* pour la construction du contrefort. En même temps, il est postérieur à la construction de l'abside. La résolution chronologique de l'OSL ne permet pas de distinguer la date de construction de l'abside de celle de la construction du contrefort et de celle du dépôt du sédiment, car les intervalles d'incertitude se recouvrent. Cela signifie que les trois événements se sont succédés dans un intervalle de temps assez court. Enfin, les résultats excluent la possibilité que la construction du contrefort soit survenue après le VI^e siècle.

Les mortiers provenant de l'habitat antique donnent les dates centrales de 306 ± 86 de notre ère pour BDX21216 et 70 ± 93 de notre ère pour BDX21217 (modèle de mobilité récente du radon). À 95 % de probabilité, les intervalles de datation se recouvrent et leur écart peut être considéré comme normal. Cependant, nous nous sommes interrogés sur une cause alternative d'un tel décalage. Comme le montre l'observation des lames minces sous microscope polarisant, il s'agit de mortiers grossiers et contenant de nombreux fragments de roche polyminérale. Les fortes teneurs en uranium et le faciès pétrographique de ces deux échantillons laissent penser qu'il s'agit de matériaux très hétérogènes au niveau radiochimique à l'échelle millimétrique, ce qui pourrait provoquer des biais dans l'évaluation de la dose annuelle et de son incertitude, ce que d'autres auteurs ont pu observer dans d'autres situations⁸⁵.

82. L'état de saturation du sédiment n'a pas été mesuré mais, en général, on atteint cet état pour des teneurs voisines de 22-25 % d'eau pour ce type de matériau.

83. Pour certains échantillons, les datations présentées ici diffèrent légèrement des résultats préliminaires publiés dans GUIBERT *et al.* 2021 en raison de quelques analyses complémentaires réalisées entre-temps. Ces variations n'influent pas sur les conclusions de l'étude.

84. Compte tenu des variations faibles dans les recettes de fabrication des mortiers du site durant toute son histoire, il ne nous a pas été possible de détecter à l'œil nu une différence significative entre l'échantillon en question et d'autres mortiers provenant du mur nord-sud. Cependant, l'échantillon BDX21218-12 datant du début du X^e siècle montre un degré de blanchiment semblable au mortier du mur médiéval. Aussi, son état de blanchiment est considérablement meilleur que celui du mortier BDX21219-13, datant du V^e siècle.

85. MAYYA *et al.* 2006.

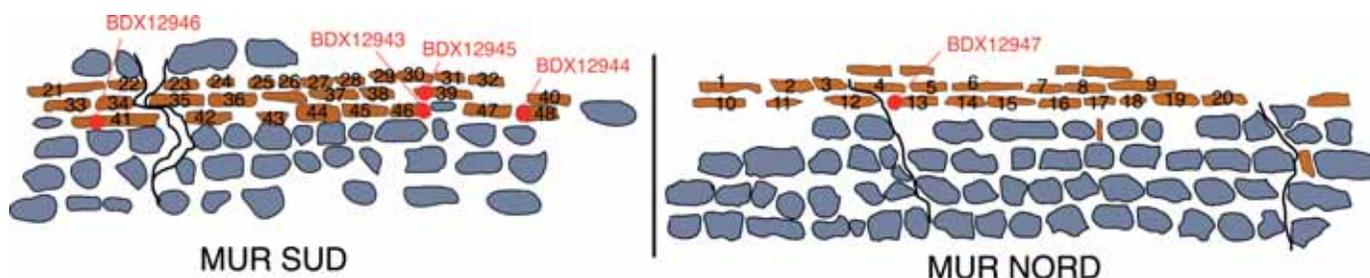


Fig. 12 Localisation des prélèvements des briques datées par thermoluminescence et archéomagnétisme. Relevé pierre à pierre de l'abside vue de l'intérieur.

Échantillon	Facteur k	Teneur en eau		K [%]	U (238U) [ppm]	U (226Ra) [ppm]	U (210Pb) [ppm]	Th [ppm]	Dose annuelle environnement [mGy/an]
		Saturation	Prise en compte						
BDX 12943	0,065 ± 0,003	20	12 ± 3	2,42 ± 0,03	3,21 ± 0,19	2,90 ± 0,04	3,08 ± 0,29	12,54 ± 0,15	0,91 ± 0,04
BDX 12944	0,070 ± 0,004	17	10,2 ± 2,5	2,44 ± 0,03	2,88 ± 0,14	2,68 ± 0,03	2,89 ± 0,22	12,31 ± 0,12	0,91 ± 0,04
BDX 12945	0,100 ± 0,020	27	16,2 ± 4,1	1,24 ± 0,02	2,27 ± 0,13	2,32 ± 0,03	2,16 ± 0,19	9,64 ± 0,10	0,99 ± 0,03
BDX 12947	0,070 ± 0,012	14	8,4 ± 2,1	1,89 ± 0,02	2,63 ± 0,13	2,32 ± 0,03	2,00 ± 0,20	9,67 ± 0,10	0,89 ± 0,02

Tableau 6 Ensemble des données utilisées pour la détermination de la dose annuelle des briques. De la gauche à droite : numéro de l'échantillon, coefficient d'efficacité des particules alpha k, mesure de l'humidité à saturation (% de masse d'eau à saturation par rapport à la masse de matériau sec), humidité prise en compte dans le calcul d'âge, teneurs en Potassium (K), Uranium-238 et ses descendants Radium-226 et Plomb 210, et Thorium (Th) déterminées par spectrométrie gamma à bas bruit de fond, dose environnementale annuelle évaluée par dosimétrie.

Enfin, le mortier de scellement provenant du bloc en position de pilastre nord (BDX 21222-19), dont l'interprétation archéologique est incertaine, est daté à 118 ± 97 ou 208 ± 117 de notre ère si on prend en compte le déséquilibre lié au départ de radon. Cette datation antique est tout à fait cohérente avec l'origine de ces blocs contenant des éléments en emploi, mais ne permet pas de faire un rapprochement avec la construction de l'abside.

3.4. DATATION DE TERRES CUITES PAR THERMOLUMINESCENCE

3.4.1. Prélèvements des terres cuites pour la thermoluminescence

L'ensemble des terres cuites prélevées dans les vestiges archéologiques sous Notre-Dame de la Place provient de la maçonnerie de l'abside, le seul élément architectural de l'édifice contenant ce matériau. Cinq prélèvements ont été réalisés dans trois zones de l'abside à l'aide d'une carotteuse lubrifiée à l'eau d'un diamètre 25 mm⁸⁶. Leur localisation est indiquée sur la figure 12.

3.4.2. Détermination de la dose archéologique des terres cuites

Quatre échantillons de terre cuite ont été datés par thermoluminescence (TL)⁸⁷. La détermination de la dose archéologique a été effectuée sur un mélange polyminéral de petites inclusions

de granulométrie comprise entre 4 et 11 μm . Le protocole de mesure utilisé est celui de TL classique d'ajout de doses suivi de régénération⁸⁸. À la différence de ce qui se passe pour les mortiers, la remise à zéro des minéraux contenus dans les briques par la chauffe au moment de leur cuisson est forcément homogène, ainsi le risque d'un blanchiment insuffisant ne se pose pas. Les doses archéologiques déterminées pour chaque échantillon sont présentées dans la colonne 2 du tableau 7.

3.4.3. Détermination de la dose annuelle des terres cuites

Les méthodes d'évaluation des différentes contributions à la dose annuelle selon l'origine de la radioactivité suivent les mêmes principes que pour les mortiers. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau 6. Les mêmes considérations s'appliquent ainsi sur la détermination de la dose environnementale dont les valeurs pour les terres cuites sont légèrement plus élevées que pour les mortiers. Cela paraît logique, puisqu'une proportion importante des rayonnements gamma provient de terres cuites, fabriquées à partir de l'argile qui présente des teneurs en radioéléments plus élevées que les composants du mortier.

La part de la radioactivité intrinsèque aux échantillons datés a été évaluée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. La teneur en thorium pour les briques est cinq à six fois plus élevée que pour les mortiers, ce qui reflète bien la composition des argiles. Comme pour les mortiers, les analyses montrent un léger déséquilibre des séries de l'uranium pour trois échantillons de terre cuite. On peut ici incriminer l'uranium comme source de ce léger déséquilibre, ce qui n'a aucun impact sur la variation de la dose annuelle depuis la cuisson des briques, étant donnée la période des isotopes mis en jeu et l'ordre de grandeur de l'âge

86. Quatre laboratoires de datation par luminescence ont intégré le projet GDRE Terres cuites architecturales et nouvelles méthodes de datation. Pour le site Notre-Dame de la Place, seul le laboratoire de Catane a pu fournir la datation TL pour deux échantillons de briques provenant de l'abside. Les données sont publiées dans Stella *et al.* 2013.

87. BOUVIER 2011.

88. GUIBERT *et al.* 1996.

Échantillon	Dose Archéologique [Gy]	Isotope de référence pour le radon (Modèle de déséquilibre)	Dose annuelle totale [mGy/an]	Âge [année]	Date [année]
BDX 12943	7.08 ± 0.49	226Ra (mobilité récente du radon)	4.35 ± 0.19	1626 ± 131 (115)	385 ± 131 (115)
		210Pb (mobilité continue et ancienne du radon)	4.38 ± 0.20	1615 ± 143 (115)	396 ± 143 (115)
BDX 12944	7.19 ± 0.62	226Ra	4.41 ± 0.18	1630 ± 155 (143)	381 ± 155 (143)
		210Pb	4.41 ± 0.19	1630 ± 165 (142)	385 ± 165 (142)
BDX 12945	5.34 ± 0.52	226Ra	3.53 ± 0.30	1514 ± 167 (151)	497 ± 167 (151)
		210Pb	3.49 ± 0.30	1528 ± 175 (150)	483 ± 175 (150)
BDX 12947	5.35 ± 1.13	226Ra	3.75 ± 0.20	1428 ± 311 (307)	583 ± 311 (307)
		210Pb	3.69 ± 0.20	1450 ± 315 (307)	561 ± 315 (307)

Tableau 7 Récapitulatif des principaux paramètres nécessaires pour le calcul d'âge TL des briques. La dose annuelle été calculée selon deux scénarios de déséquilibre de radon, comme explicité dans le texte. Le premier scénario ne considère aucune perte de radon : l'activité du radon et de ses descendants est basée sur la mesure de la teneur du Radium-226. Le deuxième scénario extrapole une perte du radon sur toute la durée archéologique : l'activité du radon et de ses descendants est déduite de la mesure actuelle de la teneur du Plomb-210. La dose archéologique a été déterminée par thermoluminescence. Les âges et les dates exprimés en années (par rapport à la date de l'analyse, 2011) sont associés à leur incertitude globale (estimée à un écart-type), elle aussi exprimée en années. Entre parenthèses, nous avons indiqué la composante statistique de l'écart-type.

des échantillons datés. En revanche, on constate globalement un bon accord entre les concentrations en uranium déduites à partir de U(226Ra) et celles déduites à partir de U(210Pb), ce qui indique qu'aucune perte significative de radon *in situ* ne s'est produite au cours des dernières décennies.

L'ensemble de terres cuites se montraient assez poreuses, avec les valeurs de la saturation en eau égales à 14 à 27 % du poids. Pour le calcul d'âge, on a considéré 60 ± 15 % de la valeur de la saturation, la valeur retenue de l'humidité moyenne de l'abside pour les mortiers.

3.4.4. Mise en perspective de la datation des terres cuites par TL

Les résultats obtenus, résumés dans le tableau 7, montrent une bonne cohérence des dates, malgré l'imprécision de celle obtenue sur BDX 12947. Du point de vue statistique, on peut ainsi considérer que tous ces échantillons appartiennent bien à une seule phase de construction. La convergence des dates TL nous autorise à les regrouper afin de calculer la moyenne pondérée égale à 419 ± 100 ou 424 ± 113 de notre ère si on tient compte du déséquilibre lié au départ de radon.

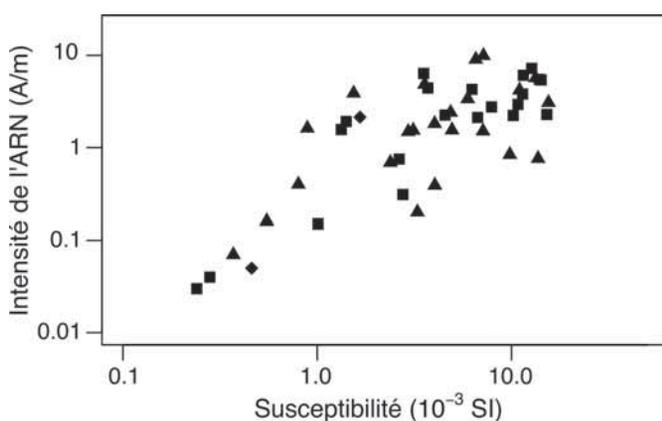


Fig. 13 Variation de l'intensité de l'aimantation rémanente naturelle (ARN) en fonction de la susceptibilité en champ faible. Seuls les spécimens utilisés pour l'analyse directionnelle (cf. tableau 2 de l'annexe) sont représentés.

3.5. DATATION DE TERRES CUITES PAR ARCHÉOMAGNÉTISME

3.5.1. Prélèvements des terres cuites pour l'archéomagnétisme

L'analyse archéomagnétique a porté sur 48 briques, ce qui représente la quasi-totalité des briques préservées dans l'abside (fig. 12). Sur les terres cuites déplacées par rapport à l'endroit de leur production, l'analyse de la direction n'a de signification que si l'aimantation thermorémanente (ATR) est mesurée dans un repère associé à l'objet. Pour cette raison, les briques ont été carottées⁸⁹ perpendiculairement à la tranche visible correspondant soit à leur petit côté, soit à leur grand côté. La distinction n'est souvent pas possible, surtout lorsque seul un fragment de la brique a été utilisé dans la maçonnerie.

3.5.2. Détermination de l'archéodirection et l'archéointensité

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de paléomagnétisme de Rennes. Les carottes ont tout d'abord été débitées en spécimens de 22 mm de longueur, taille standard pour la mesure des aimantations rémanentes sur le magnétomètre cryogénique (2G) du laboratoire. La première étape est la mesure de l'aimantation rémanente totale du spécimen, qu'on appelle aimantation rémanente naturelle (ARN). Cette mesure apporte de premières informations sur l'homogénéité du lot de briques et sur la stabilité du signal d'aimantation. L'intensité de l'ARN est ici comprise entre environ 10^{-2} et 10 A/m (fig. 13). Cette variabilité est aussi observée sur les susceptibilités en champ faible, mesurées sur un susceptibilitémètre MS2 de chez Bartington Instruments. Les deux grandeurs dépendent principalement de la nature, de la taille et du nombre des grains ferromagnétiques. Ces paramètres sont eux-mêmes liés aux caractéristiques de l'argile utilisée pour la

89. Le carottage a été réalisé sous circulation d'eau à l'aide d'une foreuse portative munie d'un foret diamanté de 25 mm de diamètre. Après le prélèvement, les trous ont été rebouchés par un mortier de couleur analogue à celle de la brique.

fabrication des briques, ainsi qu'à l'intensité et aux conditions d'oxydo-réduction de la chauffe. La variabilité de l'intensité de l'ARN et de la susceptibilité peut donc s'expliquer à la fois par la présence de plusieurs productions différentes de briques ou par la variation des conditions de chauffe dans le four.

L'hypothèse de départ est que cette ARN correspond à l'ATR acquise lors de la cuisson des briques. Mais d'autres composantes d'aimantation perturbatrices peuvent s'ajouter, comme une aimantation rémanente visqueuse ou bien une ATR secondaire acquise lors d'un réchauffage de la brique, par exemple lors d'un incendie. Comme test préliminaire, un spécimen de chaque brique a été désaimanté par champ alternatif afin de déterminer le nombre de composantes d'aimantation rémanente. La méthode consiste à appliquer des champs alternatifs d'intensité croissante entre 5 et 80 mT. La grande majorité des briques (37/48) porte une seule composante d'aimantation (fig. 14a) qui est l'ATR acquise au cours de la cuisson de la brique. Sur presque toutes les autres briques (9/48), cette composante d'ATR est retrouvée après avoir enlevé une composante secondaire⁹⁰ (fig. 14b). Les deux composantes sont peu distinctes sur deux briques (numéros 16 et 22) qui ont alors été exclues de la suite de l'étude.

L'archéodirection et l'archéointensité du champ géomagnétique lors de la cuisson des briques ont été déterminées par le protocole de Thellier-Thellier⁹¹. Celui-ci consiste en une série de chauffes successives en présence d'un champ de laboratoire d'intensité connue. Au fur et à mesure des paliers de température, l'ARN acquise lors de la cuisson de briques se désaimante et est remplacée par une nouvelle ATR parallèle et proportionnelle au champ de laboratoire. Le rapport entre les intensités de l'ARN et de l'ATR de laboratoire donne l'archéointensité, alors que l'archéodirection est déduite de l'évolution de la direction de l'ARN.

Le protocole de Thellier-Thellier a été appliqué à 46 spécimens avec 10-16 chauffes entre 100 et 630 °C sous un champ contrôlé de 50 μ T suivant les modalités habituelles du laboratoire de Rennes⁹² avec des chauffes de contrôle (pTRM-checks), une correction de l'effet d'anisotropie et une correction de la vitesse de refroidissement. Les résultats sont présentés sur les diagrammes d'Arai et de Zijderveld de la figure 15. Un bon résultat se caractérise par un alignement des points sur les deux diagrammes, la pente sur le diagramme d'Arai étant proportionnelle au champ ancien lors de la cuisson (fig. 15a-b). Ce comportement concerne la plupart des spécimens (37/46) avec de très bonnes valeurs des critères de qualité (Tableau A de l'annexe). Un diagramme d'Arai chaotique est la principale raison du rejet des autres spécimens (fig. 15c), presque tous appartenant aux briques avec une composante secondaire importante en désaimantation par champ alternatif (fig. 14b).

L'ATR peut être déviée par rapport au champ magnétique terrestre environnant lors de la cuisson de la brique, ce qui

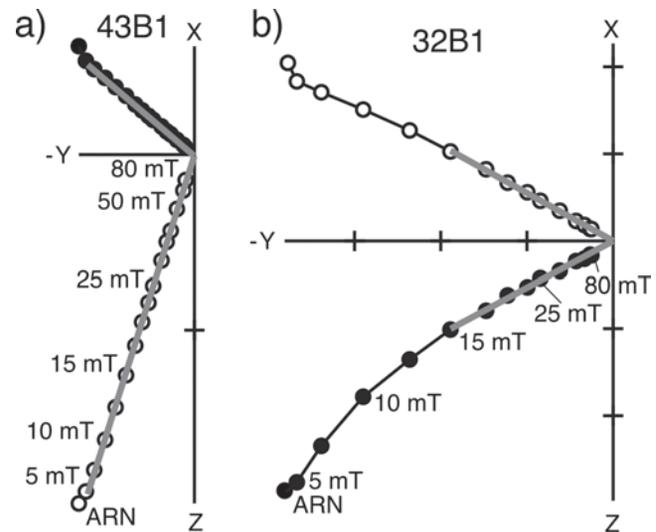


Fig. 14 Résultats de désaimantation par champ alternatif avec un exemple de spécimens portant une seule (a) ou deux (b) composantes d'aimantation. Le graphique, appelé diagramme de Zijderveld, est l'assemblage de deux projections en coordonnées cartésiennes du vecteur aimantation sur le plan horizontal (cercles noirs) et sur le plan vertical (cercles blancs). Un alignement de points met en évidence une composante d'aimantation rémanente. L'ATR acquise lors de la cuisson de la brique est indiquée par le trait gris et sa direction est calculée par analyse en composante principale. L'échelle des axes est en A/m.

impacte à la fois l'archéodirection et l'archéointensité. Cet effet d'anisotropie est corrigé en déterminant le tenseur d'ATR de chaque spécimen⁹³. La correction a pu être appliquée à 28 spécimens, les autres ne respectant pas le critère du taux de dérive de $\pm 5\%$ (Tableau A de l'annexe). Le taux d'anisotropie des 28 spécimens acceptés est compris entre 4 et 35%. L'intensité de l'ATR varie aussi en fonction de la vitesse du refroidissement. Or, au cours des étapes du protocole de Thellier-Thellier, l'ATR est acquise sur une durée d'environ une heure, ce qui est plus rapide que le refroidissement initial à la cuisson de la brique. Pour apporter une correction, une étape supplémentaire avec un refroidissement sur environ 24 heures a été réalisée. Le facteur de correction (%corrVR, Tableau A de l'annexe) a été appliqué lorsqu'il était inférieur à la dérive de l'aimantation (%altVR). Sur les 20 spécimens respectant ce critère, l'effet de refroidissement se révèle faible avec des valeurs en général inférieures à $\pm 5\%$.

En ce qui concerne la détermination de l'archéodirection, seules les valeurs des 28 spécimens pouvant être corrigés de l'anisotropie sont utilisées. Pour les autres briques, les directions retenues sont celles obtenues sur les spécimens-frères désaimantés par champ alternatif après correction par un tenseur d'anisotropie moyen⁹⁴. L'ensemble des 46 directions est listé dans le tableau B de l'annexe.

90. Les faibles coercitivités (< 15 mT) de cette composante secondaire amènent à l'interpréter comme une aimantation rémanente visqueuse (ARV). Comme les 9 briques (numéros 10, 12, 24, 26, 32, 37, 40, 42 et 46) ne proviennent pas de la même zone de l'abside, on peut exclure que cette composante soit une ATR secondaire liée à la présence d'un foyer. Les résultats d'archéointensité sur les spécimens-frères confirment l'hypothèse de l'ARV car la composante secondaire est portée par les grains de température de déblocage inférieures à 150-200 °C.

91. THELLIER et THELLIER 1959.

92. Par exemple : CHAUVIN *et al.* 2000 ; HERVÉ *et al.* 2013.

93. Pour déterminer le tenseur d'anisotropie d'ATR, six chauffes supplémentaires à 500 °C ont été effectuées sous un champ de 50 μ T appliqué successivement selon les axes Z+, Z-, X+, X-, Y+ et Y- des échantillons. Une ultime chauffe selon Z+ sert à contrôler l'absence d'évolutions minéralogiques au cours de ces six chauffes à haute température et par conséquent à vérifier la justesse du tenseur. La limite d'acceptation sur le taux de dérive a été fixée à $\pm 5\%$.

94. Le tenseur d'anisotropie moyen, calculé sur les 28 bons spécimens du protocole de Thellier-Thellier, a pour caractéristiques $F_{xz}=1,105$ et $F_{xy}=1,056$.

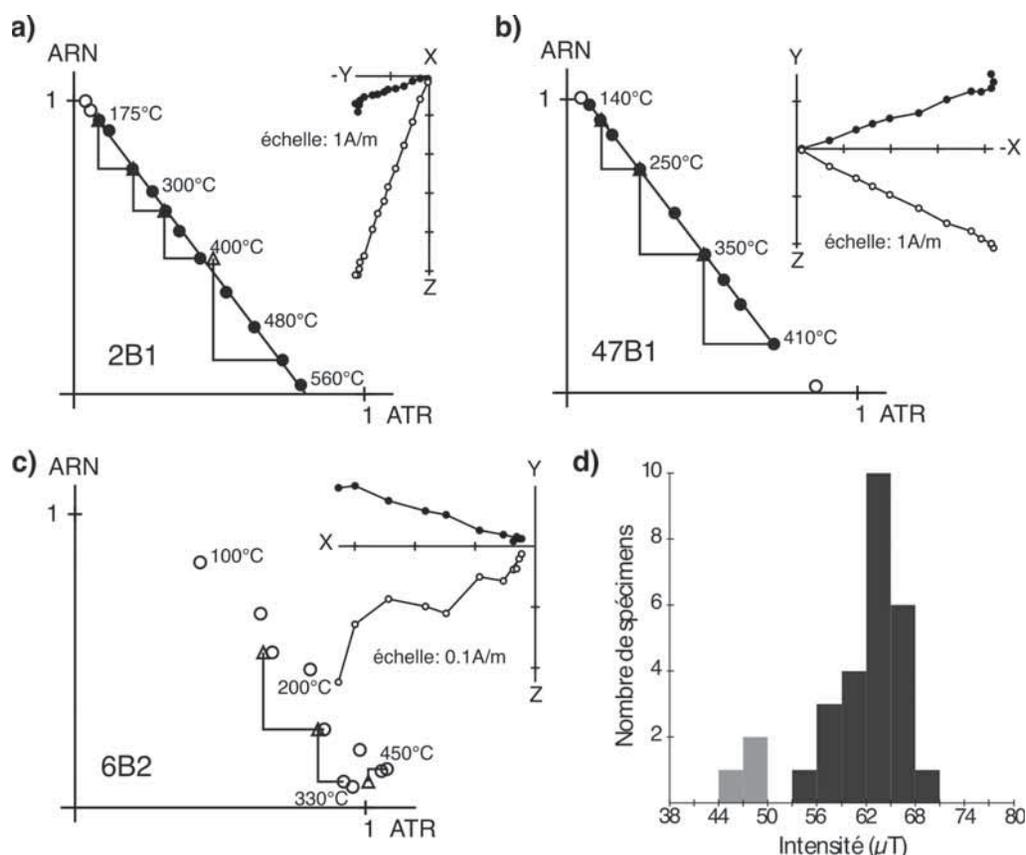


Fig. 15 Résultats d'intensité avec des exemples représentatifs de spécimens acceptés (a-b) et rejetés (c) et un histogramme des valeurs acceptées d'archéointensité après correction d'anisotropie et de vitesse de refroidissement (d). En (a-b-c), chaque résultat est illustré par un diagramme ARN-ATR (aussi appelé diagramme d'Arai) et un diagramme de Zijderveld. Les diagrammes ARN-ATR montrent la diminution de l'ARN au fur et à mesure des paliers de température et son remplacement progressif par l'ATR acquise dans le champ de laboratoire. Les étapes sélectionnées pour le calcul de l'archéointensité sont indiquées en noir. Les triangles correspondent à des tests de réaimantation à des températures inférieures (pTRM-checks) afin de contrôler l'absence de transformations de la minéralogie magnétique au cours du protocole. Sur les diagrammes de Zijderveld, les cercles noirs et blancs sont respectivement les projections sur les plans horizontal et vertical. Sur l'histogramme, les valeurs en gris clair sont considérées comme hors-tendance et exclues du calcul de l'archéointensité moyenne.

3.5.3. Calcul des moyennes de direction et d'intensité

Avant de calculer les moyennes d'inclinaison et d'intensité qui seront utilisées lors de la datation archéomagnétique, il faut s'interroger sur l'homogénéité du lot en étudiant la distribution des valeurs individuelles. La figure 15d présente un histogramme des 28 valeurs d'archéointensité acceptées. Elles sont très majoritairement regroupées entre 56 et 68 μT , excepté pour trois spécimens (1B2, 36B2 et 45B2) qui se distinguent par une valeur plus faible, autour de 45-50 μT .

Le diagramme stéréographique de la figure 16a représente les directions dans le repère de la brique, où la déviation est l'angle de la composante horizontale de l'ATR avec le bord de la brique. Les directions sont ensuite repliées de manière automatique de telle sorte que l'inclinaison soit dans la gamme de valeurs possible (55-75°) ou du moins la plus proche possible (fig. 16b). 23 briques apparaissent cuites en position debout et 21 de chant. Nous pensons que la distinction de ces deux ensembles est liée au fait que les briques ont été carottées à la fois dans le sens de la largeur et de la longueur et n'a donc pas de signification archéologique. Enfin, l'inclinaison des deux dernières briques est plus compatible avec une cuisson à plat.

Les directions repliées tendent à se distribuer en deux agglomérats de déviations autour de -90/-50° et 0/40°. Ces deux groupes de déviation complémentaires suggèrent un rangement en damier des briques au moment de leur cuisson dans le four⁹⁵. Néanmoins, la dispersion entre les directions amène à se demander s'il n'y aurait pas un mélange de productions différentes. Un moyen d'identifier la possibilité de sous-lots est une analyse croisée des valeurs de direction, d'intensité, des propriétés de minéralogie ferromagnétique (fig. 13)⁹⁶ et de la position des briques dans l'absise. Aucune tendance n'apparaît et, en l'absence d'éléments contraires, nous concluons à une homogénéité du lot de briques, en concordance avec les résultats de thermoluminescence sur 4 des briques étudiées en archéomagnétisme (numéros 13, 39, 46 et 48). La dispersion des directions s'explique probablement par les incertitudes sur

95. LANOS 1994.

96. La nature des grains porteurs de l'ATR a aussi été investiguée par des courbes de variation de la susceptibilité entre 20 et 600 °C et par des courbes d'acquisition rémanente isotherme (ARI) jusqu'à 1 T. Les résultats mettent en évidence une minéralogie complexe avec trois phases présentes en proportion variable selon les spécimens. Les points de Curie d'environ 200-300 °C, 400-450 °C et 550 °C et les faibles coercitivités permettent de les attribuer à des titanomagnétites plus ou moins riches en titane.

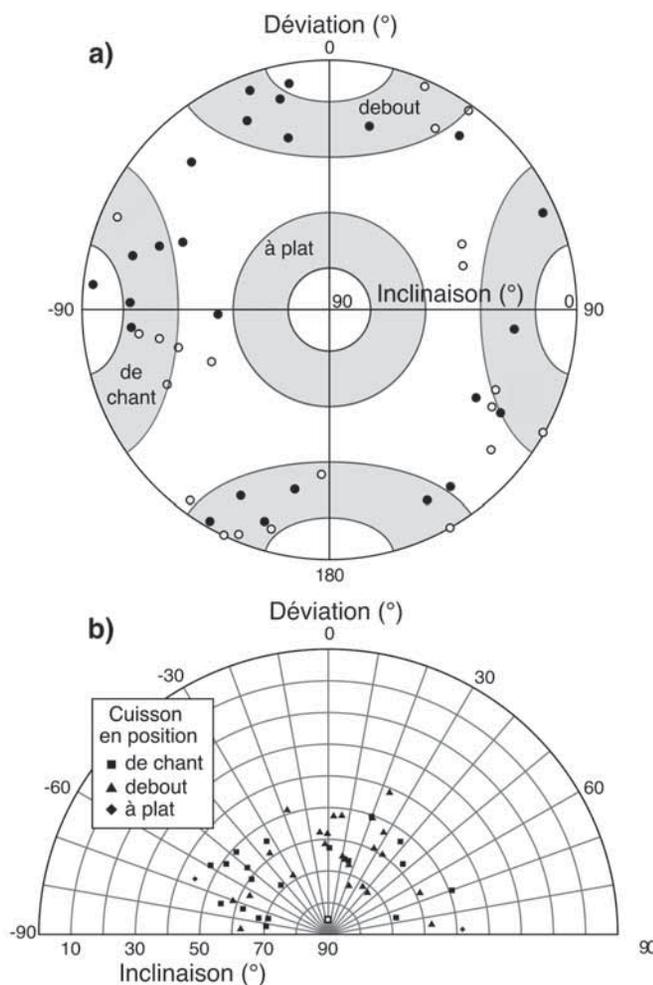


Fig. 16 Diagramme de pointage des directions de l'ATR des briques dans le repère conventionnel de la brique (a) et après repliement dans la position de cuisson (b). En (a), les zones en grisé indiquent les gammes de valeur théoriques pour les trois positions différentes. En (b), les carrés, triangles et losanges correspondent respectivement aux briques cuites de chant, debout et à plat. L'échantillon représenté par un carré blanc (36B2) avec une direction hors-tendance n'est pas pris en compte dans le calcul de l'inclinaison moyenne.

l'orientation des carottes dans la brique : les briques ne sont pas forcément posées bien à plat dans le mur et il n'est pas toujours évident de carotter bien perpendiculairement à la surface de la brique. Quant à la variabilité des intensités d'ARN et des susceptibilités, elle traduit vraisemblablement la variation des conditions de chauffe dans le four⁹⁷.

L'intensité moyenne, calculée sur 25 spécimens sans les trois valeurs hors-tendance (1B2, 36B2 et 45B2), est égale à 62,8 μT avec une déviation standard de 3,6 μT (erreur standard = 0,7 μT). L'inclinaison moyenne est calculée par la statistique de McElhinny et McFadden⁹⁸ à partir de 45 spécimens en excluant le spécimen 36B2 également hors-tendance pour ce paramètre. Elle est égale à 56,0° avec un paramètre de regroup-

pement de 51 (ksans biais) et une erreur à 95 % de confiance de 2,9° (α_{95} équivalent Fisher).

3.5.4. Datation archéomagnétique de la cuisson des briques

Le principe de la datation archéomagnétique est le même que celui de la calibration 14 C. Le report des valeurs de l'inclinaison et de l'intensité sur une courbe de référence fournit une distribution de date, sur laquelle sont définis des intervalles de date à 95 % de confiance. Les référentiels utilisés sont les versions les plus récentes des courbes de variation séculaire françaises. Celle de l'inclinaison a été publiée par Le Goff⁹⁹, après une amélioration très significative de la base de données de référence, tout particulièrement pour le haut Moyen Âge. Dans le cas de l'intensité, la courbe utilisée, encore inédite, a été calculée par une approche bayésienne à partir de l'ensemble des données de référence disponibles en Europe occidentale respectant les standards actuels de qualité expérimentale. Les deux courbes de référence sont définies à Paris, ce qui nécessite une relocalisation de l'inclinaison moyenne des briques par le modèle du dipôle axial centré et de l'intensité moyenne via le moment dipolaire axial virtuel (VADM). On obtient respectivement 63,5° et 65,4 μT . Par souci de cohérence avec la modélisation chronologique, la période considérée pour la datation a été définie entre 500 avant notre ère et 1800.

Les datations avec l'inclinaison et l'intensité sont respectivement présentées en figure 17a et 17b. Dans les deux cas, les oscillations observées sur la variation séculaire résultent en des distributions multimodales et en plusieurs intervalles de date. Les deux distributions de date sont en très bon accord, ce qui rend possible leur combinaison (fig. 17c) et aboutit à une datation robuste. Trois intervalles de date à 95 % de confiance sont obtenus : [-30; 185], [326; 467] et [945; 1034]. Le contexte archéologique et les dates TL amènent à privilégier le second intervalle aux IV^e et V^e siècles de notre ère.

4. INTERPRÉTATIONS ET MISE EN CONTEXTE DES DATES OBTENUES

4.1. MODÉLISATION CHRONOLOGIQUE

Afin de mettre en perspective l'ensemble des données acquises, un modèle chronologique a été construit en utilisant le logiciel de statistique bayésienne Chronomodel 2.0.18¹⁰⁰. L'objectif est d'intégrer les datations obtenues via les différentes méthodes et de les combiner en introduisant les contraintes relationnelles entre les unités stratigraphiques. Le logiciel est basé sur le concept de date d'événement (*Event*), la date cible à laquelle se rattachent une ou plusieurs datations que l'on suppose contemporaines. La période temporelle considérée dans le modèle a été fixée entre 500 avant notre ère et 1800.

97. L'impact de la variation des conditions de chauffe au sein d'un même four (température atteinte et conditions d'oxydo-réduction) sur la minéralogie magnétique des terres cuites à l'intérieur a été mis en évidence à plusieurs reprises en archéologie expérimentale (Hervé *et al.* 2019).

98. McELHINNY et McFADDEN 2000.

99. LE GOFF *et al.* 2020.

100. LANOS et DUFRESNE 2019.

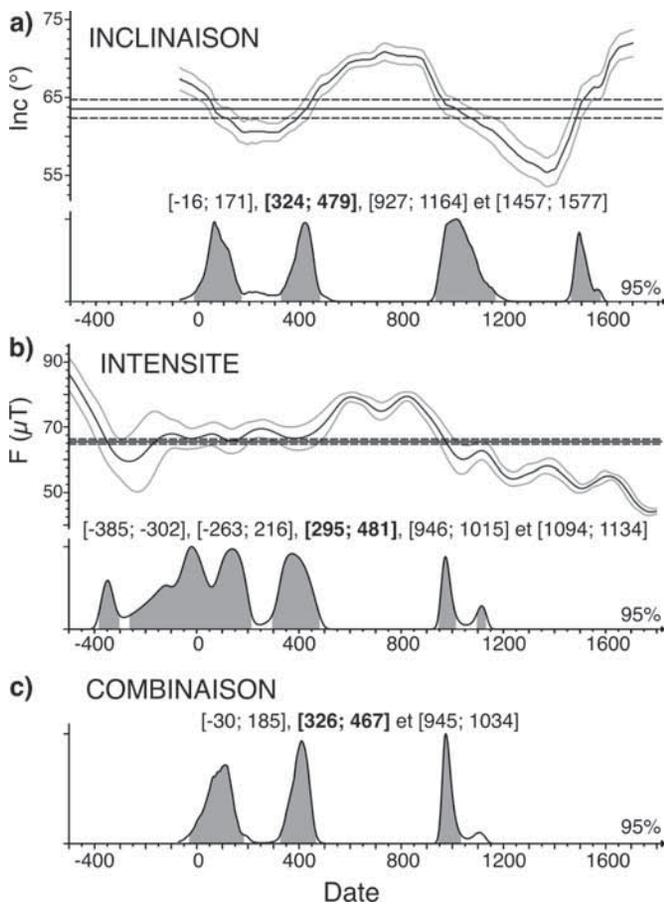


Fig. 17 Datation archéomagnétique des briques de l'abside avec (a) l'inclinaison, (b) l'intensité et (c) la combinaison des deux paramètres. La courbe de référence de l'inclinaison est la courbe française publiée par LE GOFF et al. 2020. Celle de l'intensité est inédite et a été calculée à partir des données disponibles en Europe occidentale. Le report sur les courbes des valeurs moyennes relocalisées à Paris fournit deux distributions de date, sur lesquelles sont définis des intervalles de date à 95 % de confiance. La combinaison est le produit des deux distributions de date. L'intervalle de date privilégié par le contexte archéologique est indiqué en gras.

4.1.1. Modélisation avec les datations sur les mortiers

Notre premier modèle noté Modèle 1 inclut seulement les datations des mortiers, marqueurs chronologiques des phases d'édification. Leur structuration est équivalente avec sept événements (fig. 17a). Le plus ancien est l'événement «habitat antique», auquel sont associés les mortiers BDX 21216 et 21217. Il précède la construction de l'abside (mortiers BDX 21213 et 21214), le dépôt du remblai appuyé contre l'abside (sédiment BDX 21211-2), la construction du contrefort sud-est (mortiers BDX 21210 et 21212) et celle du mur nord-sud (mortier BDX 21219). L'état actuel des connaissances sur la stratigraphie ne permet pas de relier directement les constructions de l'abside et du mur nord-sud. La mise en place du remblai sous le contrefort sud-est (sédiment BDX 21211) fournit un *terminus post quem* à sa construction. En même temps, il est indéniablement postérieur à la construction de l'abside car il recouvre l'enduit extérieur de l'abside. Cet événement s'intercale donc entre ceux de l'abside et de son contrefort. Les phases de construction médiévale sont également intégrées au le modèle. Le mur médiéval (mortier BDX 21221)

recoupant à la fois l'abside et le mur nord-sud est affiché comme plus récent dans le modèle. Enfin, deux bornes (*bounds*) ont été intégrées dans le modèle afin de délimiter la période d'étude. L'achèvement de la conquête des Gaules en 52 avant notre ère représente la date la plus ancienne de la séquence¹⁰¹. La première mention textuelle de l'église paroissiale Notre-Dame de la Place en 1173 clôt la séquence chronologique.

Le modèle décrit ci-dessus a été appliqué sur deux séries de données TL/OSL qui se distinguent par la prise en compte ou non des déséquilibres entre le radium (226Ra) et le plomb (210Pb) et qu'on appelle respectivement Modèle 1A et Modèle 1 B. Les résultats du Modèle 1A sont présentés sur la figure 18b par les distributions de probabilité *a posteriori* de chaque événement et leur intervalle de date à 95 % de confiance. Les deux cas de figure sont également résumés dans le tableau 8. Les fourchettes chronologiques proposées sont assez proches pour l'ensemble des événements reliés en stratigraphie, ce qui montre la robustesse des intervalles de date proposés. Pour la construction de l'abside, le modèle tenant compte des déséquilibres donne l'intervalle [229 ; 493] à 95 % de confiance avec un maximum de densité de probabilité en 371 de notre ère et le modèle sans déséquilibres [249 ; 483] et un maximum de densité en 375. L'habitat antique est daté en [18 ; 347] et [20 ; 339] selon les modèles. Il est aussi important de souligner que la contrainte relationnelle entre les deux événements a très peu d'influence sur les intervalles de date des deux structures. Les résultats du contrefort sud-est indiquent qu'il a été vraisemblablement construit peu de temps après l'abside.

Les différences les plus significatives sur la prise en compte du déséquilibre ou non sont observées sur les deux événements qui ne sont pas reliés en stratigraphie avec la séquence abside-remblai-contrefort : la maçonnerie en remploi et le mur nord-sud. La variation possible sur la datation de ces deux structures n'a cependant aucun effet sur celle de l'abside.

4.1.2. Modélisation avec les datations sur les mortiers et les terres cuites

Par la suite, le modèle chronologique établi a été modifié afin d'intégrer les datations des terres cuites obtenues par thermoluminescence et par archéomagnétisme et de tester l'influence de différents faits sur les datations finales. Deux solutions sont possibles : soit les datations de terres cuites sont considérées comme contemporaines de la construction, soit elles constituent un *terminus post quem* à la construction de l'abside si l'on admet qu'elles aient pu être réemployées. En réalité, il existe une très bonne cohérence entre les datations SG-OSL de mortiers et les datations TL et AM de briques, dans la limite des incertitudes associées. Il est ainsi très probable que les briques aient été produites pour alimenter la construction de l'édifice. Néanmoins, nous avons testé les deux hypothèses, contemporanéité (fig. 19) ou antériorité (fig. 20) des briques par rapport à la construction et aux mortiers. En pratique, sur Chronomodel, les datations sur mortiers et briques sont incluses dans le même événement dans le premier cas appelé Modèle 2, alors qu'elles figurent dans deux événements séparés avec une contrainte relationnelle dans le second cas appelé Modèle 3. Comme il n'y

101. DOULAN 2013, p. 48-49 ; CHARPENTIER et al. 2016 ; LAVAUD 2009.

Événement daté	Modèle 1A	Modèle 1B	Modèle 2	Modèle 3
Maçonnerie médiévale	[719 ; 1130] MAP 919	[751 ; 1105] MAP 921	[718 ; 1124] MAP 925	[722 ; 1131] MAP 931
Contrefort sud-est	[345 ; 663] MAP 485	[373 ; 609] MAP 487	[360 ; 665] MAP 489	[377 ; 679] MAP 506
Remblai sous contrefort	[292 ; 563] MAP 421	[307 ; 531] MAP 430	[318 ; 560] MAP 432	[333 ; 580] MAP 449
Abside	[226 ; 492] MAP 372	[249 ; 483] MAP 375	[275 ; 483] MAP 378	[290 ; 516] MAP 396
TPQ abside	-	-	-	[147 ; 467] MAP 349
Mur nord-sud	[167 ; 658] MAP 383	[266 ; 692] MAP 475	[168 ; 658] MAP 377	[172 ; 667] MAP 387
« Pilastre » en remploi	[-23 ; 602] MAP 203	[-18 ; 474] MAP 122	[-64 ; 609] MAP 196	[-23 ; 607] MAP 210
Habitat antique	[-23 ; 356] MAP 205	[20 ; 339] MAP 196	[-19 ; 362] MAP 205	[12 ; 366] MAP 221

Tableau 8 Synthèse des résultats de modélisation chronologique avec les intervalles de date à 95 % de confiance et l'année du maximum de densité de probabilité a posteriori (MAP) par événement. Le Modèle 1 prend en compte seulement les datations SG-OSL des mortiers. Le modèle 1A extrapole une mobilité du radon sur toute la durée archéologique, tandis que le deuxième ne considère qu'une mobilité récente du radon depuis les fouilles de 1983. Les modèles 2 et 3 intègrent les datations sur les briques de l'abside, soit dans le même événement que les datations sur les mortiers (modèle 2), soit comme un terminus post quem à la construction de l'abside (modèle 3). Les datations des mortiers retenues dans ces Modèles 2 et 3 sont celles extrapolant une mobilité du radon sur toute la durée archéologique.

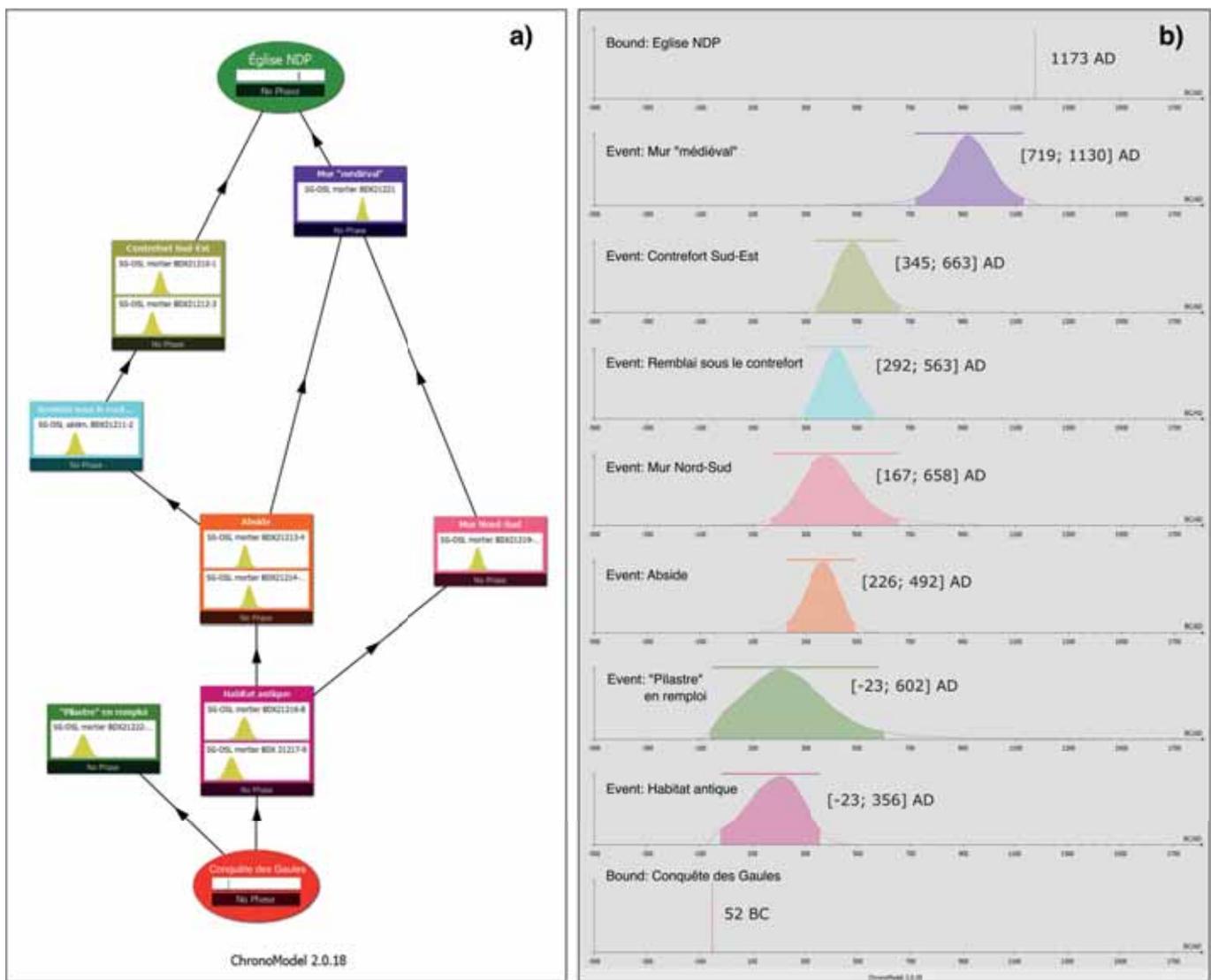


Fig. 18 Modèle chronologique 1A, intégrant l'ensemble des datations SG-OSL sur mortiers, sans les datations TL et archéomagnétiques sur les briques. Les âges intégrés dans le Modèle 1A considèrent le déséquilibre entre le radium (226Ra) et le plomb (210Pb) observé aujourd'hui sur toute la durée archéologique. A. Séquence chronologique du modèle. Les dates sont regroupées par structure, c'est-à-dire par événement (Event) dans le formalisme bayésien de Chronomodel. Les relations d'antéro-postériorité entre les événements sont définies par la stratigraphie. Le modèle est enfin contraint par la borne (Bound) que constitue la première mention de l'église Notre-Dame de la Place. B. Résultats du modèle 1A avec les courbes de distribution de date de chaque événement et les intervalles de date à 95 % de confiance.

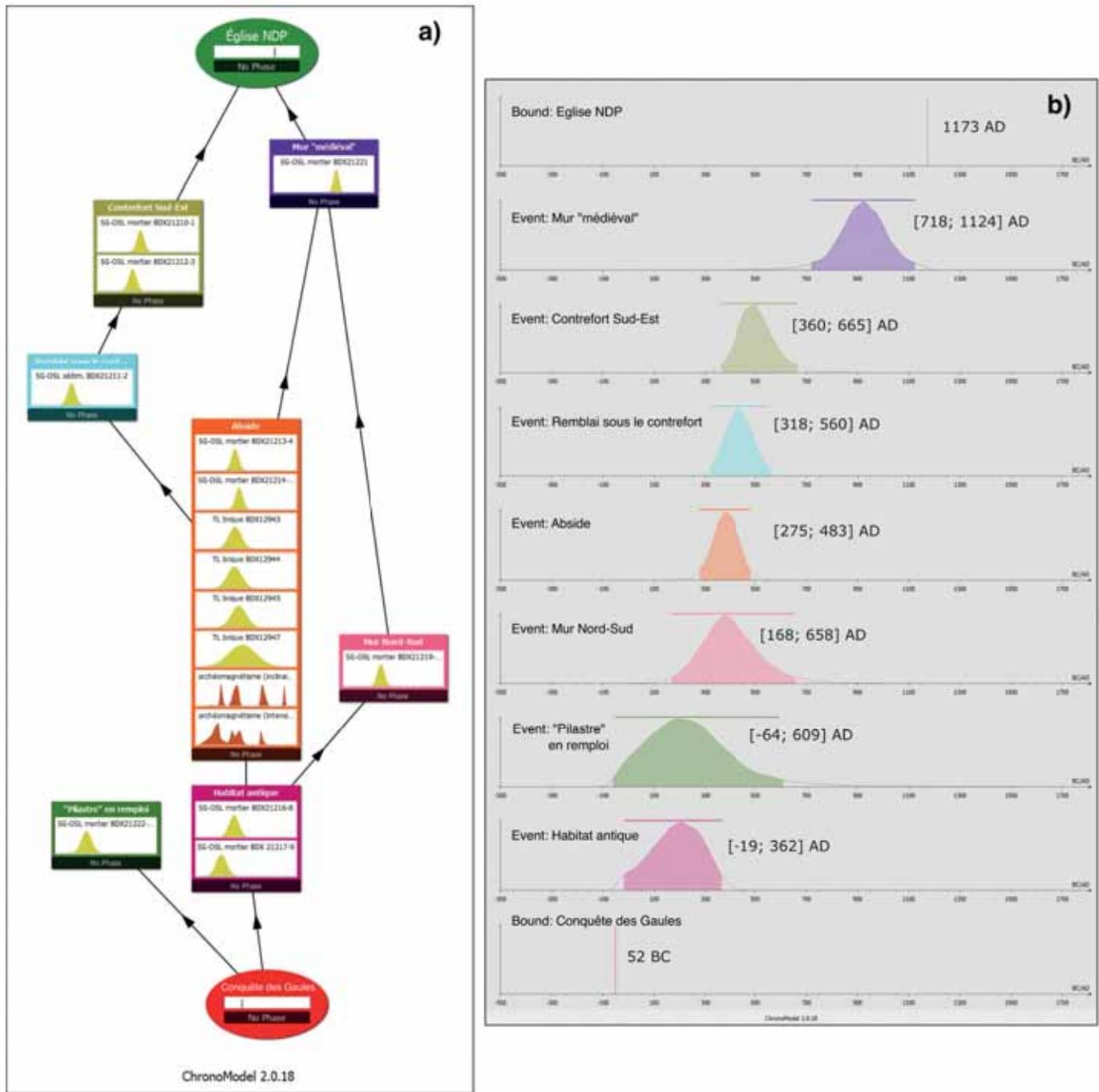


Fig. 19 Modèle chronologique 2, intégrant l'ensemble des datations SG-OSL sur mortiers et TL et archéomagnétiques sur les briques. Les briques sont ici considérées comme contemporaines de la construction et ainsi intégrées dans le même événement que les mortiers.

a pas de relation chronologique entre la production des terres cuites et la construction de l'habitat antique, les deux événements sont considérés comme indépendants dans le Modèle 3.

Dans l'hypothèse d'une contemporanéité, l'intervalle chronologique obtenu pour la construction de l'abside est [278; 482] (fig. 19). L'intégration des datations des terres cuites restreint légèrement la largeur de l'intervalle chronologique proposé avec les mortiers seuls¹⁰². La configuration en

deux événements séparés date la cuisson des terres cuites en [146; 466] et la construction de l'abside en [290; 514] (fig. 20). La prise en compte de la deuxième hypothèse induit ainsi un rajeunissement de l'âge de construction de l'abside de 51-57 ans.

Si l'on synthétise les intervalles de date obtenus avec les trois modèles testés (tableau 8), la construction de l'abside n'a pas pu survenir après le premier quart du VI^e siècle de notre ère à 95 % de confiance. Les courbes de distribution de date suggèrent que la période la plus probable est située entre la deuxième moitié

102. Après leur intégration des datations TL du laboratoire de Catane dans la modélisation chronologique, on obtient un intervalle chronologique [323, 516] pour la construction de l'abside. L'intégration de ces datations a ainsi peu

d'effet sur le résultat final, ce qui démontre encore une fois la robustesse du modèle.

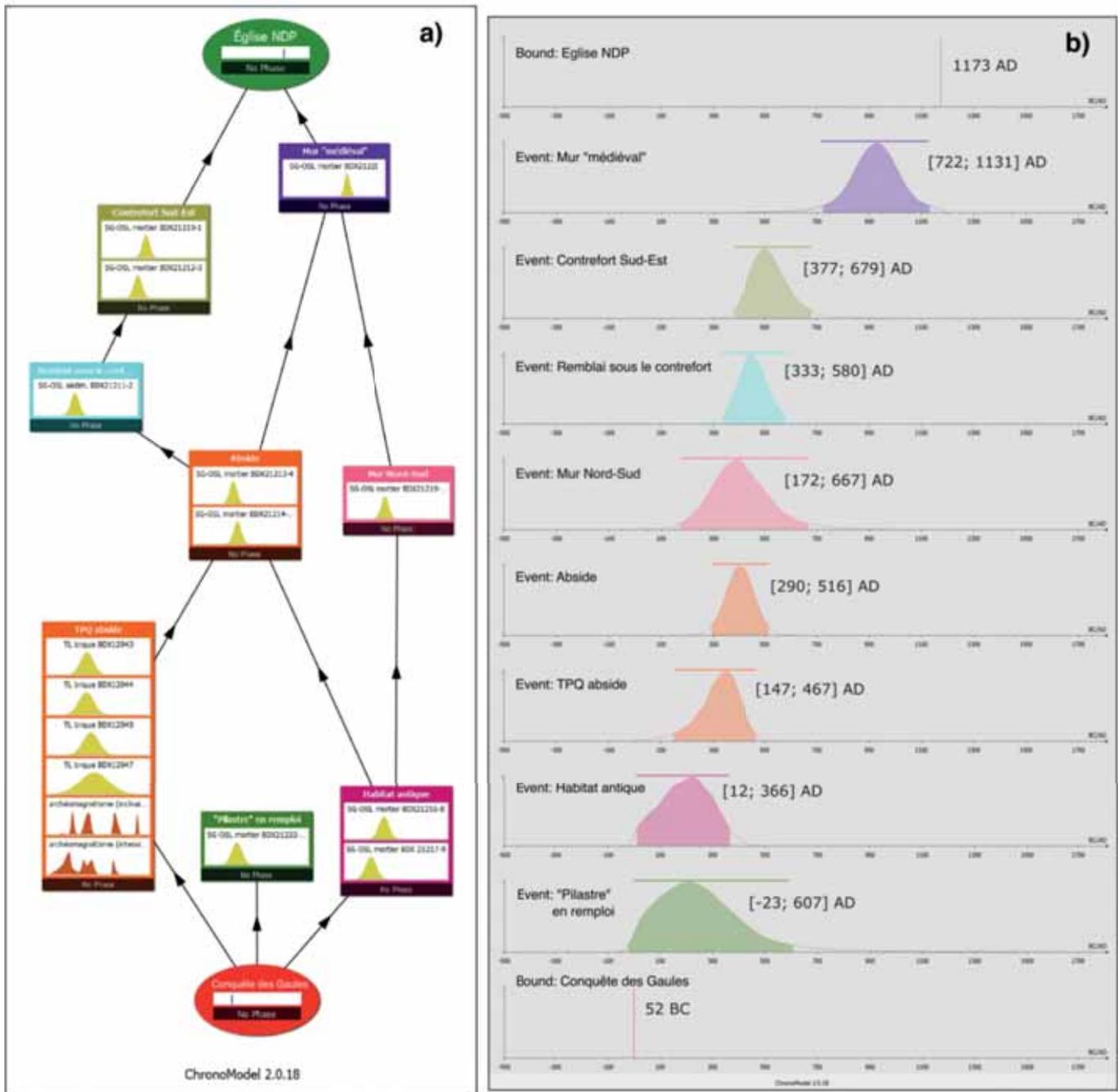


Fig. 20 *Modèle chronologique 3, intégrant l'ensemble des datations SG-OSL sur mortiers et TL et archéomagnétiques sur les briques. Les briques sont ici considérées comme un terminus post quem à la construction de l'abside et mises dans un événement séparé, précédant l'événement « Abside ».*

du IV^e et la première moitié du V^e siècle de notre ère. Le mur nord-sud daterait de la même période mais les incertitudes sur les dates ne permettent pas de conclure sur la relation chronologique entre ce mur et l'abside. En ce qui concerne le contrefort, le maximum de densité de probabilité pour la construction se situe dans la deuxième moitié du V^e siècle, soit un siècle environ après la construction de l'abside. Il est très peu probable que cet élément de soutènement ait été construit après la fin du VI^e siècle.

La maçonnerie « médiévale », qui repose directement sur l'abside et le mur nord-sud, a été construite entre la deuxième moitié du VIII^e siècle et le XI^e siècle avec un maximum de probabilité dans la première moitié du X^e siècle.

5. LA CHRONOLOGIE REVISITÉE PAR L'ARCHÉOLOGIE DES MATÉRIAUX : QUELQUES CONSÉQUENCES ET PERSPECTIVES

Les nouvelles recherches sur le site Notre-Dame de la Place remettent en cause les conclusions anciennes. Les incertitudes de l'interprétation historique, les traits architecturaux atypiques et surtout les nouvelles données chronologiques nous imposent de reconsidérer l'identification du bâtiment à abside. La datation de sa construction, par un croisement de méthodes

Annexe 2 Résultats directionnels par spécimen. Colonne de droite à gauche : Numéro de la brique ; Dimension mesurée sur la face exposée sur le mur de l'abside ; Nom du spécimen ; Protocole : paléointensité (PI) ou désaimantation par champ alternatif (AF) ; Et_{min} - Et_{max} : intervalle de température sur lequel est calculée la direction ; Inclinaison Inc et déviation Dev dans le repère de la brique avant repliement ; Mad : Maximum Angular Deviation quantifiant la linéarité de la direction ; Position de cuisson de la brique ; Inclinaison Inc_{replie} et déviation Dev_{replie} après repliement dans la position de cuisson ; Inclinaison Inc_{ani} et Dev_{ani} corrigées de l'anisotropie après repliement.

Brique	Dim. exposée	Spéc.	NRM (A/m)	Susc. (10 ⁻³ SI)	PI/AF	Et_{min} - Et_{max}	Inc (°)	Dev (°)	Mad (°)	Position	Inc _{replie} (°)	Dev _{replie} (°)	Inc _{ani} (°)	Dev _{ani} (°)
1	21 cm	1B2	1,5	2,9	PI	140-400 °C	-2,8	-157,8	1,7	debout	67,7	-82,5	62,7	-86,5
2	21 cm	2B1	4,3	6,3	PI	175-560 °C	-20,3	-97,2	0,6	de chant	68,6	-71,3	70,7	-75,0
3	11 cm (frag)	3B2	0,3	2,8	PI	140-630 °C	-6,1	-66,6	1,1	de chant	65,9	15,0	65,9	15,1
4	21 cm	4B2	9,1	6,6	PI	175-390 °C	-2,5	23,3	1,2	debout	66,6	6,2	65,0	10,2
5	16 cm	5B1	2,1	6,7	PI	175-450 °C	17,6	120,9	1,5	de chant	54,9	-31,7	54,9	-33,1
6	29 cm	6B1	0,2	3,3	AF	7,5-80 mT	12,1	-13,3	0,4	debout	72,1	42,8	72,1	42,8
7	15 cm (frag)	7B2	1,6	1,3	PI	140-440 °C	17,8	-95,1	0,5	de chant	71,6	74,5	68,3	75,9
8	17 cm (frag)	8B1	0,4	0,8	AF	10-80 mT	15,7	-23,7	0,4	debout	61,8	35,0	59,7	33,8
9	27 cm	9B2	3,9	1,5	PI	140-450 °C	-4,8	-143,6	1,9	debout	53,5	8,4	52,3	6,4
10	18 cm	10B1	0,2	1,0	AF	10-80 mT	-27,4	-99,6	0,8	de chant	61,1	-72,2	62,3	-73,0
11	19 cm	11B2	1,6	4,9	PI	140-440 °C	22,4	12,4	1,2	debout	64,6	-62,5	62,7	-63,5
12	20 cm	12B1	1,5	7,1	AF	20-80 mT	10,3	-162,8	2,0	debout	70,1	-31,6	68,4	-30,4
13	21 cm	13B2	3,1	15,5	PI	175-370 °C	-8,4	-165,0	2,7	debout	72,9	29,7	73,4	22,8
14	17 cm (frag)	14B2	0,1	0,3	PI	250-630 °C	-21,4	120,7	1,2	de chant	53,2	37,5	53,1	37,4
15	21 cm	15B2	1,8	4,0	PI	140-500 °C	24,2	-169,0	1,2	debout	63,6	-67,0	58,5	-70,4
17	14 cm (frag)	17B2	0,1	0,5	PI	140-560 °C	-43,3	-113,7	0,6	à plat	43,3	-66,3	45,0	-67,1
18	12 cm	18B1	6,1	11,5	PI	140-450 °C	31,5	-65,5	0,6	de chant	50,9	-56,0	51,2	-55,0
19	18 cm (frag)	19B1	7,2	12,7	PI	140-450 °C	-36,4	63,9	1,1	de chant	46,3	-59,2	47,4	-59,2
20	17 cm	20B2	0,7	2,4	PI	140-450 °C	7,3	-10,2	2,3	debout	77,5	36,0	71,6	35,4
21	15 cm (frag)	21B1	2,3	4,6	AF	7,5-80 mT	-25,2	-114,6	1,2	de chant	55,4	-48,5	57,2	-50,1
23	16 cm	23B1	0,0	0,2	AF	5-100 mT	22,5	96,0	0,5	de chant	66,8	-75,9	67,7	-76,6
24	13 cm	24B1	3,8	11,4	AF	12,5-80 mT	-23,1	115,6	1,3	de chant	56,0	44,7	57,9	46,2
25	15 cm	25B1	0,2	0,6	AF	5-80 mT	12,6	145,4	0,8	debout	53,5	21,5	50,9	20,6
26	10 cm	26B1	0,4	4,0	AF	12,5-80 mT	11,6	37,0	0,4	debout	51,4	-18,8	48,8	-18,1
27	15 cm (frag)	27B1	1,5	3,1	AF	7,5-80 mT	-0,2	150,8	0,5	debout	60,7	-0,5	58,2	-0,4
28	14 cm	28B1	2,4	4,9	AF	5-80 mT	6,0	-20,1	0,5	debout	69,1	16,9	67,2	16,2
29	12 cm	29B1	0,8	2,6	AF	7,5-80 mT	-39,0	72,0	0,5	de chant	47,6	69,1	49,1	70,1
30	17 cm (frag)	30B3	2,9	10,8	AF	10-80 mT	-12,6	130,7	1,0	de chant	47,8	18,9	50,4	19,9
31	12 cm	31B2	2,8	7,9	PI	140-450 °C	17,6	-88,0	1,3	de chant	72,3	-83,9	70,5	-82,5
32	16 cm (frag)	32B2	4,2	11,0	PI	250-450 °C	-14,3	30,5	2,1	debout	56,6	26,7	53,5	28,1
33	18 cm	33B2	5,4	14,2	PI	140-520 °C	5,0	65,8	0,8	de chant	65,3	12,0	65,7	12,0
34	15 cm (frag)	34B3	0,8	9,8	AF	15-80 mT	2,4	-150,3	0,5	debout	60,2	-4,9	57,7	-4,7
35	22 cm	35B2	0,1	0,4	PI	250-630 °C	-30,6	-177,2	0,9	debout	59,3	85,3	57,7	84,5
36	20 cm	36B2	4,4	3,7	PI	250-560 °C	3,7	-84,0	0,9	de chant	82,9	-31,9	85,3	-1,4
37	21 cm	37B3	0,8	13,7	AF	10-80 mT	17,0	-43,3	1,0	debout	44,1	24,0	41,4	23,1
38	15 cm	38B3	2,1	1,7	AF	5-80 mT	49,5	-92,4	0,4	à plat	49,5	87,6	48,2	87,8
39	15 cm	39B2	1,9	1,4	AF	10-70 mT	24,2	-69,7	0,3	de chant	58,8	-52,3	60,5	-53,8
40	17 cm	40B3	5,5	13,9	AF	10-80 mT	28,0	120,8	0,6	de chant	49,3	-46,2	51,3	-47,7
41	31 cm	41B2	5,7	13,3	PI	175-500 °C	12,8	152,6	1,7	debout	60,0	26,2	59,4	27,7
42	20 cm	42B2	2,2	10,2	PI	200-450 °C	-33,5	-104,0	1,5	de chant	54,0	-69,9	55,2	-73,7
43	20 cm	43B2	6,4	3,5	PI	140-560 °C	16,0	-74,8	0,5	de chant	68,0	-47,5	68,6	-43,4
44	20 cm	44B2	1,6	0,9	PI	140-440 °C	26,4	-13,6	0,8	debout	60,6	64,7	58,7	65,3
45	21 cm	45B2	3,4	6,0	PI	140-450 °C	-0,4	-154,7	2,2	debout	64,7	1,0	61,5	-2,0
46	21 cm	46B2	2,3	15,2	PI	300-520 °C	-0,7	119,7	1,4	de chant	60,3	-1,4	62,7	0,7
47	21 cm	47B1	4,9	3,6	PI	140-410 °C	15,8	-154,3	0,7	debout	60,1	-33,1	58,6	-35,4
48	17 cm	48B2	9,9	7,2	PI	140-390 °C	-2,3	35,2	0,7	debout	54,8	4,0	52,7	2,6

BIBLIOGRAPHIE

SOURCES

Archives historiques du département de la Gironde, XIII, Bordeaux, Charles Lefebvre, 1871-1872.

GRÉGOIRE DE TOURS
1974, *Historia Francorum, Histoire des Francs*, 2 vol., trad. Latouche R., Paris, Les Belles lettres.

VENANCE FORTUNAT
1994, *Poèmes, livres I-IV*, éd. et trad. Reydellet M., Paris, Les Belles lettres (rééd. 2002).

ÉTUDES

AITKEN M.J.
1998, *An introduction to optical dating: the dating of Quaternary sediments by the use of photon-stimulated luminescence*, Oxford, New York, Oxford University Press.

BAILIFF I.K., BLAIN S., GRAVES C.P., GURLING T. et SEMPLE S.
2010, « Uses and recycling of brick in medieval and Tudor English buildings: insights from the application of luminescence dating and new avenues for further research », *Archaeological Journal*, 167, 1, p. 165-196.

BARRAUD D.
1983a, 33- *Bordeaux – Notre-Dame de la Place* 1983, *Cahier de fouille*, Service archéologique municipal-Direction des Antiquités historiques d'Aquitaine.

1983b, *Bordeaux, fouille de sauvetage de Notre-Dame de la Place, 17 place Pey-Berland, avril-août 1983, Rapport de fouille*, Service archéologique municipal-Direction des Antiquités historiques d'Aquitaine.

1996, « Bordeaux ; église Notre-Dame de la Place », dans *Les premiers monuments chrétiens de la France*, t. 2 : *Sud-Ouest et Centre*, Paris, Picard, p. 31-34.

BAUREIN J.
1784, *Variétés Bordeloises ou essai historique et critique sur la topographie ancienne et moderne du diocèse de Bordeaux, Bordeaux 1784-1786*, Chez les frères Labottière, rééd. Bordeaux, Féret et

filis, 1876. [en ligne : <http://1886.u-bordeaux-montaigne.fr/>]

BLAIN S., BAILIFF I.K., GUIBERT P., BOUVIER A. et BAYLÉ M.
2010, « An intercomparison study of luminescence dating protocols and techniques applied to medieval brick samples from Normandy (France) », *Quaternary Geochronology*, vol. 5, n° 2-3, p. 311-316.

BLAIN S., BAILIFF I., GUIBERT P., SAPIN C., PRIGENT D., BAYLÉ M. et BOUVIER A.
2014, « Chapter 25. Luminescence dating of ceramic building materials: application to the study of early medieval churches in north-western France and south-eastern England », dans Martinón-Torres M. (dir.), *Craft and science: International perspectives on archaeological ceramics*, [Doha], Hamad bin Khalifa University Press (UCL Qatar Series in Archaeology and Cultural Heritage, 1), p. 235-242. <https://doi.org/10.5339/uclq.2014.cas.ch25>

BOUVIER A.
2011, *Production et utilisation des terres cuites architecturales au début du haut Moyen Âge : apport de la chronologie par luminescence*, Thèse de doctorat, Bordeaux 3.

CARAMAN P.
1912, « Recherches sur l'église Notre-Dame de la Place à Bordeaux et ses différentes appellations », *Revue historique de Bordeaux et de la Gironde*, 5^e année, p. 219-220.

ČAUSJEVIĆ-BULLY M., BULLY S., URBANOVÁ P., CHEVALIER P. et PRIGENT V.
2018, « Les sites ecclésiastiques et monastiques de l'archipel du Kvarner (Croatie), campagne 2017 : Martinščica (île de Cres) », *Chronique des activités archéologiques de l'École française de Rome*, <https://doi.org/10.4000/cefr.2205>.

CHARPENTIER X., DOULAN C., HOURCADE D., REGALDO SAINT-BLANCARD P. et LALLAU É.
2016, « La monumentalisation de *Burdigala* (Bordeaux), chef-lieu de cité et capitale provinciale, sous le Haut-Empire », dans Bouet A. (dir.), *MONUMENTAL ! La monumentalisation des villes de l'Aquitaine et de l'Hispanie septentrionale durant le Haut-Empire*, VI^e colloque Aquitania,

Villeneuve-sur-Lot, septembre 2015, Bordeaux, Pessac, Fédération Aquitania, Ausonius éditions, p. 419-451.

CHAUVIN A., GARCIA Y., LANOS P. et LAUBENHEIMER F.
2000, « Paleointensity of the geomagnetic field recovered on archaeomagnetic sites from France », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 120, 1-2, p. 111-136.

DOULAN C.
2013, *Bordeaux 33/2, Carte archéologique de la Gaule*, Paris, Académie des inscriptions et belles-lettres.

DROUYN L.
1874, *Bordeaux vers 1450, description topographique*, Bordeaux, Imprimerie G. Gounouilhou.

DULLER G.A.T., BØTTER-JENSEN L., MURRAY A.S. et TRUSCOTT A.J.
1999, « Single grain laser luminescence (SGLL) measurements using a novel automated reader », *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 155, 4, p. 506-514.

FEATHERS J.K., JOHNSON J. et RODRIGUEZ KEMBEL S.
2008, « Luminescence Dating of Monumental Stone Architecture at Chavín De Huántar, Perú », *Journal of Archaeological Method and Theory*, 15, 3, p. 266-296.

GARDELLES J.-L.
1980, *Église Notre-Dame de la Place à Bordeaux. Rapport sur les recherches effectuées en 1980, Rapport de fouille*, DRAC Aquitaine.

GARMY P.
1985, « Aquitaine », *Gallia*, t. 43, fasc. 2, p. 221-243 ; www.persee.fr/doc/galia_0016-4119_1985_num_43_2_2832.

GENEVEY A., GALLET Y., JESSET S., THÉBAULT E., BOUILLON J., LEFÈVRE A. et LE GOFF M.

2016, « New archeointensity data from French Early Medieval pottery production (6th–10th century AD). Tracing 1500 years of geomagnetic field intensity variations in Western Europe », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 257, p. 205-219.

- GENEVEY A., GALLET Y., THÉBAULT E., LIVERMORE P.W., FOURNIER A., JESSET S., LEFÈVRE A., MAHÉ-HOURLIER N., MAROT E. et REGNARD S.
2021, « Archeomagnetic intensity investigations of French medieval ceramic workshops: Contribution to regional field modeling and archeointensity-based dating », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 318, p. 106750.
- GENEVEY A., PRINCIPE C., GALLET Y., CLEMENTE G., LE GOFF M., FOURNIER A. et PALLECCHI P.
2019, « Refining the high-fidelity archaeointensity curve for western Europe over the past millennium: analysis of Tuscan architectural bricks (Italy) », *The Geological Society, London, Special Publications*, 497, 1, p. 73-88.
- GOEDICKE C.
2011, « Dating mortar by optically stimulated luminescence: A feasibility study », *Geochronometria*, 38, 1, p. 42-49.
- GÓMEZ-PACCARD M., CHAUVIN A., LANOS P., DUFRESNE P., KOVACHEVA M., HILL M.J., BEAMUD E., BLAIN S., BOUVIER A. et GUIBERT P.
2012, « Improving our knowledge of rapid geomagnetic field intensity changes observed in Europe between 200 and 1400 AD », *Earth and Planetary Science Letters*, 355-356, p. 131-143.
- GÓMEZ-PACCARD M., OSETE M. L., CHAUVIN A., PAVÓN-CARRASCO F.J., PÉREZ-ASENSIO M., JIMÉNEZ P. et LANOS P.
2016, « New constraints on the most significant paleointensity change in Western Europe over the last two millennia. A non-dipolar origin? », *Earth and Planetary Science Letters*, 454, p. 55-64.
- GUELI A.M., LIUZZO M., MARGANI G., PASQUALE S., POLITI G., STELLA G.
2021, « An interdisciplinary approach for the investigation and dating of Roman thermal buildings: the Indirizzo baths at Catania, Sicily », *TEMA: Technologies Engineering Materials Architecture*, 7, 1, p. 43-66 ; DOI: 10.30682/tema0701e
- GUIBERT P., VARTANIAN E., BECHTEL F. et SCHVOERER M.
1996, « Non linear approach of TL response to dose: polynomial approximation », *Ancient TL*, 14, n° 2, p. 7-14.
- GUIBERT P., BAILIFF I., BAYLÉ M., BLAIN S., BOUVIER A., BÜTTNER S., CHAUVIN A., DUFRESNE P., GUELI A.-M., LANOS P., MARTINI M., PRIGENT D., SAPIN C., SIBILIA E., STELLA G. et TROJA O.
2012, « The use of dating methods for the study of building materials and constructions: state of the art and current challenges », dans CARVAIS R., GUILLERME A., NEGRE V., SAKAROVITCH J. (dir.), *Nuts and bolts of construction history, Culture, technology and society*, t. 2, 4th International Congress on Construction History in Paris, Paris, Picard, p. 469-480.
- GUIBERT P., BECHTEL F., SCHVOERER M., MÜLLER P. et BALESCU S.
1998, « A new method for gamma dose-rate estimation of heterogeneous media in TL dating », *Radiation Measurements*, 29, 5, p. 561-572.
- GUIBERT P., CHRISTOPHE C., URBANOVÁ P., GUÉRIN G. et BLAIN S.
2017, « Modeling incomplete and heterogeneous bleaching of mobile grains partially exposed to the light: Towards a new tool for single grain OSL dating of poorly bleached mortars », *Radiation Measurements*, 107, p. 48-57.
- GUIBERT P., LAHAYE C. et BECHTEL F.
2009, « The importance of U-series disequilibrium of sediments in luminescence dating: A case study at the Roc de Marsal Cave (Dordogne, France) », *Radiation Measurements*, 44, 3, p. 223-231.
- GUIBERT P. et SAPIN C.
2010, « Groupement de recherche européen (GdRE) du CNRS "Terres cuites architecturales et nouvelles méthodes de datation", bilan 2009 », *Bulletin du Centre d'études médiévales d'Auxerre*, 14, p. 77-82 ; <https://doi.org/10.4000/cem.11606>
- GUIBERT P., URBANOVÁ P., HERVÉ G., DUFRESNE P., LANOS P., BOUVIER A., REGALDO SAINT-BLANCARD P. et CHARPENTIER X.
2021, « Étude chronologique de l'église Sainte-Marie Notre-Dame de la Place, Bordeaux », *Bilan scientifique de la région Nouvelle Aquitaine 2018*, Bordeaux, DRAC-SRA, p. 256.
- GUIBERT P., URBANOVÁ P., JAVEL J.-B. et GUÉRIN G.
2020, « Modeling Light Exposure of Quartz Grains During Mortar Making: Consequences for Optically Stimulated Luminescence Dating », *Radiocarbon*, 62, 3, p. 693-711.
- GUIBERT P., URBANOVÁ P., LANOS P. et PRIGENT D.
2018, « La détection du remploi de matériaux dans la construction ancienne. Quel rôle pour les méthodes de datation ? », *Ædificare. Revue internationale d'histoire de la construction*, 2, 4, p. 89-117.
- HERVÉ G., CHAUVIN A. et LANOS P.
2013, « Geomagnetic field variations in Western Europe from 1500 BC to 200 AD. Part II: New intensity secular variation curve », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 218, p. 51-65.
- HERVÉ G., CHAUVIN A., LANOS P., ROCHETTE P., PERRIN M. et PERRON D'ARC M.
2019, « Cooling rate effect on thermoremanent magnetization in archaeological baked clays: an experimental study on modern bricks », *Geophysical Journal International*, 217, 2, p. 1413-1424.
- HIGOUNET C.
1963, *Histoire de Bordeaux*, tome II, *Bordeaux pendant le haut Moyen Âge*, Bordeaux, Fédération historique du Sud-Ouest.
- JAIN M., THOMSEN K.J., BØTTER-JENSEN L. et MURRAY A.S.
2004, « Thermal transfer and apparent-dose distributions in poorly bleached mortar samples: results from single grains and small aliquots of quartz », *Radiation Measurements*, 38, 1, p. 101-109.
- JAVEL J.-B., URBANOVÁ P., GAILLARD H. et GUIBERT P.
2019, « Chronological study of the Saint-Jean-Baptiste de la Cité chapel in Périgueux, France: the contribution of mortar luminescence dating to the history of local Christianity », *Archeologia dell'architettura*, XXIV, p. 97-114.
- KRBETSCHKE M.R., RIESER U., ZÖLLER L. et HEINICKE J.
1994, « Radioactive disequilibria in palaeodosimetric dating of sediments », *Radiation Measurements*, 23, 2-3, p. 485-489.
- KREUTZER S., MARTIN L., GUÉRIN G., TRIBOLO C., SELVA P. et MERCIER N.
2018, « Environmental dose rate determination using a passive dosimeter: Techniques and workflow for α -Al 2 O 3 :C chips », *Geochronometria*, 45, 1, p. 56-67.
- LANOS P.
1990, « La datation archéomagnétique des matériaux de construction d'argile cuite : apports chronologiques et techno-

- logiques », *Gallia*, 47, p. 321-341 ; <https://doi.org/10.3406/galia.1990.2914>
- 1994, « Pratiques artisanales des briquetiers et archéomagnétisme des matériaux d'argile cuite. Une histoire de positions de cuisson », *Histoire & Mesure*, 9, 3/4, p. 287-304 ; <https://doi.org/10.3406/hism.1994.1442>
- LANOS P. et DUFRESNE P.
2019 s. d., *ChronoModel - Chronological Modelling of Archaeological Data* ; <https://chronomodel.com/>
- LAVAUD S. (dir.)
2009, *Bordeaux, Sites et monuments*, Bordeaux, Ausonius Éditions (Atlas historique des villes de France).
- LEGAZ A.
2015, « Bordeaux – 17 place Pey-Berland » [notice archéologique], *ADLFI. Archéologie de la France - Informations* [En ligne], <http://journals.openedition.org/adlfi/24755>
- LE GOFF M., GALLET Y., WARMÉ N. et GENEVEY A.
2020, « An updated archeomagnetic directional variation curve for France over the past two millennia, following 25 years of additional data acquisition », *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 309, 106592 ; <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2020.106592>
- MAILLÉ A. DE
1960, *Recherches sur les origines chrétiennes de Bordeaux*, Paris, Picard.
- MARQUETTE J.-B.
1978, « Paroisses dédiées à Notre-Dame et occupation du sol en Bordelais et en Bazadais au Moyen Âge (v^e-x^e siècle) », *Annales du Midi*, 90, 136, p. 3-23 ; <https://doi.org/10.3406/anami.1978.1703>.
- MAURIN L. et NAVARRO CABALLERO M.
2010, *Inscriptions Latines d'Aquitaine*, Bordeaux, Ausonius Éditions.
- MAYYA Y.S., MORTHEKAI P., MURARI M.K. et SINGHVI A.
2006, « Towards quantifying beta microdosimetric effects in single-grain quartz dose distribution », *Radiation Measurements*, 41, 7-8, p. 1032-1039.
- McELHINNY, M.W. et MCFADDEN P.L.
2000, *Paleomagnetism: continents and oceans*, San Diego, Academic press (International geophysics series 73).
- MICHEL C.
2015, *Bordeaux, place Pey-Berland. Diagnostic d'archéologie préventive, Rapport*, Bordeaux Métropole.
- MIGEON W.
2006, « Le groupe épiscopal de Bordeaux (Gironde) », *Gallia*, 63, p. 117-119 ; <https://doi.org/10.3406/galia.2006.3289>
- MOROPOULOU A., ZACHARIAS N., DELEGOU E.T., APOSTOLOPOULOU M., PALAMARA E. et KOLAITI A.
2018, « OSL mortar dating to elucidate the construction history of the Tomb Chamber of the Holy Aedicule of the Holy Sepulchre in Jerusalem », *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, p. 80-91.
- MURRAY A.S. et WINTLE A.G.
2000, « Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol », *Radiation Measurements*, 32, 1, p. 57-73.
- OLLEY J.M., MURRAY A. et ROBERTS R.G.
1996, « The effects of disequilibria in the uranium and thorium decay chains on burial dose rates in fluvial sediments », *Quaternary Science Reviews*, 15, 7, p. 751-760.
- PANZERI L., CANTÙ M., MARTINI M. et SIBILIA E.
2017, « Application of different protocols and age-models in OSL dating of earthen mortars », *Geochronometria*, 44, 1, p. 341-351.
- PANZERI L., CAROSELLI M., GALLI A., LUGLI S., MARTINI M. et SIBILIA E.
2019, « Mortar OSL and brick TL dating: The case study of the UNESCO world heritage site of Modena », *Quaternary Geochronology*, 49, p. 236-241.
- PIGANEAU É.
1879, « Notice sur l'ancienne église Notre-Dame de la Place », *Société archéologique de Bordeaux*, VI, p. 173-183.
- RABANIS J.-F.
1852, « Église Saint-Sauveur de Bordeaux », *Compte-rendu des travaux de la commission des monuments et documents historiques*, XIII, p. 19-22.
- REIMER P.J., AUSTIN W.E.N., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDAS I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KROMER B., MANNING S.W., MUSCHELER R., PALMER J.G., PEARSON C., PLICHT J. VAN DER, REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNER C.S.M., WACKER L., ADOLPHI F., BÜNTGEN U., CAPANO M., FAHRNI S.M., FOGTMANN-SCHULZ A., FRIEDRICH R., KÖHLER P., KUDSK S., MIYAKE F., OLSEN J., REINIG F., SAKAMOTO M., SOOKDEO A. et TALAMO S.
2020, « The IntCal20 Northern Hemisphere Radiocarbon Age Calibration Curve (0-55 cal kBP) », *Radiocarbon*, 62, 4, p. 725-757.
- RIGAL D.
2006, *Bordeaux, place Pey-Berland, trémie Saint-Christoly, Document final de synthèse de sauvetage urgent*, Inrap-SRA Nouvelle-Aquitaine.
- SÁNCHEZ-PARDO J.C., BLANCO-ROTEA R., SANJURJO-SÁNCHEZ J. et GONZÁLEZ-GARCÍA A.C.
2018, « Cronotipología y datación absoluta de iglesias altomedievales en Galicia. Primeros resultados del proyecto EMCHAHE », *Hortus Artium Medievalium*, 24, p. 90-105.
- SAPIN C., BAYLÉ M., BÜTTNER S., GUIBERT P., BLAIN S., LANOS P., CHAUVIN A., DUFRESNE P. et OBERLIN C.
2008, « Archéologie du bâti et archéométrie au Mont-Saint-Michel, nouvelles approches de Notre-Dame-sous-Terre », *Archéologie médiévale*, 38, p. 71-122 ; <https://doi.org/10.4000/archeomed.21054>
- SION H.
1994, *La Gironde, 33/1, Carte archéologique de la Gaule*, Paris, Académie des inscriptions et Belles-Lettres.
- SOULAS S.
1998, *La céramique estampée tardive à Bordeaux*, thèse de doctorat, université Bordeaux 3.
- STELLA G., FONTANA D., GUELI A.M., TROJA S.O.
2013, « Historical mortars dating from OSL signals of fine grain fraction enriched in quartz. » *Geochronometria*, 40,3, p. 153-164. Doi:10.2478/s13386-013-0107-8.
- STELLA G., ALMEIDA L., BASÍLIO L., PASQUALE S., DINIS J., ALMEIDA M. et GUELI A.M.
2018, « Historical building dating: A multi-disciplinary study of the Convento de São Francisco (Coimbra, Portugal) », *Geochronometria*, 45, 1, p. 119-129.

THELLIER E. et THELLIER O.

1959, « Sur l'intensité du champ magnétique terrestre dans le passé historique et géologique », *Annales de Géophysique*, 15, p. 285-376.

URBANOVÁ P.

2019, « Luminescence dating of mortars by single grain procedure and its potential for building archaeology », *Archeologia dell'architettura*, XXIV, p. 81-96.

URBANOVÁ P. et GUIBERT P.

2017, « Methodological study on single grain OSL dating of mortars: Comparison of five reference archaeological sites », *Geochronometria*, 44, 1, p. 77-97.

URBANOVÁ P., MICHEL A., CANTIN N., GUIBERT P., LANOS P., DUFRESNE P. et GARNIER L.

2018, « A novel interdisciplinary approach for building archaeology: The integration of mortar "single grain" luminescence dating into archaeological research, the example of Saint Seurin Basilica, Bordeaux », *Journal of Archaeological Science: Reports*, vol. 20, p. 307-323.

URBANOVÁ P., NEY C., GUIBERT P. et HOURCADE D.

2015, « Sources of uncertainties in OSL dating of archaeological mortars: the case study of the Roman amphitheatre "Palais-Gallien" in Bordeaux », *Radiation Measurements*, vol. 72, p. 100-110.