



HAL
open science

Programme de datation de la construction de l'église Saint Romain à Saint- Romain-en-Gal (69)

Pierre Guibert, Sophie Blain, Virginie Moineau, Philippe Lanos, Philippe
Dufresne, Lucie Garnier, Claude Ney, Jean-François Reynaud

► To cite this version:

Pierre Guibert, Sophie Blain, Virginie Moineau, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, et al.. Programme de datation de la construction de l'église Saint Romain à Saint- Romain-en-Gal (69). [Rapport de recherche] CNRS IRAMAT-CRP2A. 2016. halshs-01745805

HAL Id: halshs-01745805

<https://shs.hal.science/halshs-01745805>

Submitted on 4 Apr 2018

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.

Programme de datation de la construction de l'église Saint Romain à Saint-Romain-en-Gal (69)

Pierre Guibert, Sophie Blain, Virginie Moineau, Philippe Lanos, Philippe Dufresne, Lucie Garnier, Claude Ney, Jean François Reynaud

Institut de recherche sur les archéomatériaux
IRAMAT-CRP2A UMR 5060 CNRS - Université Bordeaux Montaigne
Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie
Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles
33 607 Pessac cedex
Tel. (00 33/ 0) 5 57 12 45 49 Fax. (00 33/ 0) 5 57 12 45 50

correspondants :

Luminescence :

Pierre Guibert (CNRS) : pierre.guibert@u-bordeaux-montaigne.fr (05 57 12 45 49)

Archéomagnétisme :

Philippe Lanos (CNRS) : philippe.lanos@univ-rennes1.fr (02 23 23 56 39)

Philippe Dufresne (CNRS) : philippe.dufresne@u-bordeaux-montaigne.fr

Des échantillons de briques provenant du parement extérieur du mur sud de l'église Saint Romain à Saint-Romain-en-Gal ont été analysés au laboratoire du CRP2A de Bordeaux par luminescence optiquement stimulée et à l'antenne rennaise du CRP2A par archéomagnétisme. L'objectif était ici de dater leur dernière chauffe, afin de définir la période de production des terres cuites architecturales et ainsi fournir un terminus post quem (TPQ) à la construction ou la datation de la construction si on ne constatait aucun remploi de matériau.

1 Introduction

L'église Saint-Romain-en-Gal se situe à une trentaine de km au sud de Lyon, dans la région Rhône-Alpes.

D'après les études archéologiques menées par Reynaud, l'église pourrait être datée entre le V^e et le VII^e siècle. Peut-être s'agit-il même de l'église construite par l'évêque Mamert (cf annexe) à la fin du V^e siècle.

L'élévation primitive est intacte.



Figure 1 : mur sud de l'église de Saint-Romain-en-Gal (cliché SB)

2 La problématique archéologique et le projet de datation par OSL

Ce travail s'intègre dans les activités du Groupe de Recherche Européen « Terres Cuites Architecturales et Nouvelles Méthodes de Datation » (dir. Sapin et Guibert, 2005-2012) dont l'objectif général est de caractériser l'usage des TCA dans la construction du haut Moyen Âge et plus précisément, savoir si les bâtisseurs réutilisaient des matériaux remployés d'édifices gallo-romains, ou bien si nous assistions à une production de matériaux ad nove. Dans ce dernier cas, nous nous intéressons particulièrement à la chronologie de la construction dans la perspective d'établir pour les édifices du haut Moyen Âge une typologie chronologique des assemblages de TCA selon soit un appareil mixte pierre/brique pour les arcs, soit sous forme d'arases de brique. De nombreuses publications ont été réalisées au cours du fonctionnement de ce groupe (par ex., Blain et al., 2007 ; Bouvier et al., 2013).

Pour revenir à St Romain, nous nous attendons à ce qu'une datation du mur sud aiderait à établir une typochronologie des maçonneries mixtes de briques et de pierre de la région lyonnaise.

Il s'agit également de réévaluer les propositions chronologiques élaborées dans les années 1980-90 à partir des résultats issus d'une analyse archéomagnétique des briques réalisée par le groupe d'archéomagnétisme de Rennes alors dirigé par notre collègue Loïc Langouet : datation carolingienne (intervalle de 730 - 850 AD). Le but est donc de vérifier et surtout de compléter les données chronologiques existantes compte tenu de l'évolution de la courbe d'étalonnage depuis 25 ans.

3 Les prélèvements

La mission de prélèvements pour la datation s'est déroulée le 08 mars 2011 par une équipe de l'IRAMAT-CRP2A, constitué de Pierre Guibert, Sophie Blain, Claude Ney et Philippe Dufresne. Les prélèvements sont effectués à la carotteuse lubrifiée à l'eau dans deux zones, dans les vousoirs de l'arc de la porte sud de la nef: 3 prélèvements référencés Bdx14766-67 et 68 pour la luminescence et AM22, 23, 24 pour l'AM respectivement (Fig 2); et dans les rangées de briques de l'arase du mur sud de l'église, à l'est de la porte : 3 prélèvements référencés Bdx14769-70 et 71 pour la luminescence et AM4, 2, 17 pour l'AM (Fig 3 et 4).

Echantillon pour OSL	échantillon pour AM	Localisation	Phase chronologique
Bdx14766	AM22	arc d'entrée sud	V-VII ^e
Bdx14767	AM23		
Bdx14768	AM24		
Bdx14769	AM4	arase à droite de l'arc	
Bdx14770	AM2		
Bdx14771	AM17		

Tableau 1: Les prélèvements de Saint-Romain-en-Gal : référence, localisation et phase chronologique estimée d'après Reynaud.



Figure 2: Les prélèvements des claveaux de l'arc d'entrée sud Bdx14766/AM22, Bdx14767/AM23 et Bdx14768/AM24 (clichés : SB)

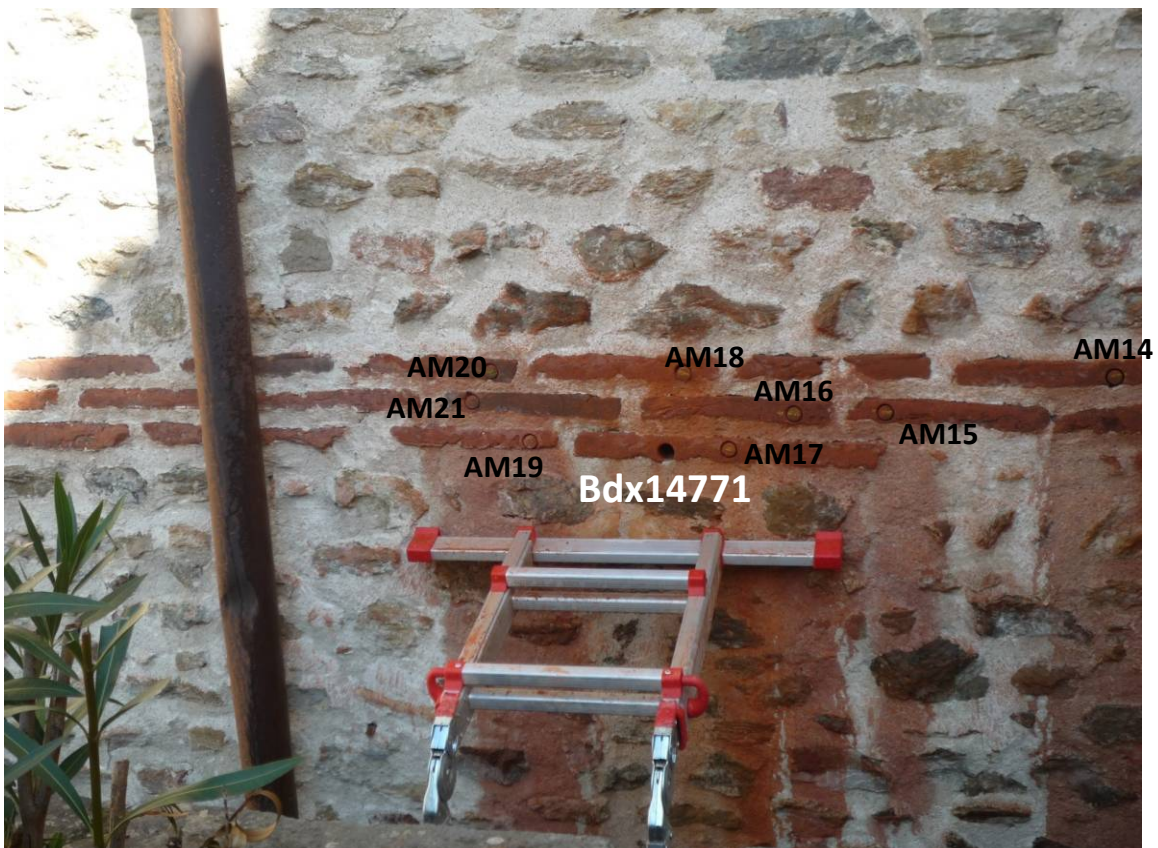


Figure 3 : Les prélèvements de la section gauche de l'arase à droite de l'arc (clichés : SB)



Figure 4: Les prélèvements de la section droite de l'arase à droite de l'arc (clichés : SB)

4 Méthodologie

4-1 Principe de la méthode

La méthode de datation par OSL est basée sur les phénomènes de luminescence et de radioactivité. En effet, les radioéléments contenus dans l'environnement émettent, lors de leur désintégration, des particules α , β et des rayonnements γ , lesquels, en conjonction avec les rayonnements cosmiques de l'environnement, irradient les cristaux de quartz contenus dans les briques. Les quartz ont la propriété d'absorber et de stocker les effets de cette irradiation sous forme d'électrons piégés dans les défauts du cristal, et de libérer cette énergie cumulée sous forme de photons (c'est la luminescence) lors d'un apport d'énergie suffisant, tel qu'un éclairage (on parle alors de luminescence stimulée optiquement : OSL). De plus, la dernière chauffe des grains (supérieure à 400 °C, au moment de la cuisson des briques) permet la remise à zéro du chronomètre, puisqu'elle vide les pièges des cristaux. Une fois cachés de la lumière, ces cristaux absorbent de nouveau les effets de la radioactivité environnante. Cette dernière étant considérée continue et constante au cours du temps, la dose totale absorbée par les grains de quartz (qu'on appelle paléodose), et donc l'intensité de la luminescence émise, est proportionnelle à la durée d'exposition de l'échantillon. Ainsi on peut considérer l'équation d'âge de la méthode :

$$T = P / I$$

Où T est le temps écoulé depuis la dernière exposition à la lumière ou dernière chauffe jusqu'à nos jours (années), P est la paléodose exprimée en Gy (1 Gy =1J/kg) et I, la dose fournie en un an par l'environnement des grains de quartz, exprimée en Gy/an.

La méthode de datation par OSL consiste donc à déterminer ces deux paramètres physiques.

4-2 Détermination de la paleodose

4.2.1. Préparation des échantillons

Les échantillons sont broyés et tamisés à 160 et 125 μm . Ces dimensions rendent plus aisée la manipulation des grains et donnent la possibilité de sélectionner uniquement la phase cristalline des quartz.

Une première attaque HCl permet d'éliminer les carbonates. Après plusieurs rinçages, un traitement à l' H_2O_2 (3-4 jours) détruit la matière organique, les carbonates et la matière organique étant susceptibles d'émettre des signaux parasites lors des mesures de la luminescence. Une attaque mixte H_2SiF_6 (31%) + HNO_3 (10%) pendant 3-4 jours permet ensuite de se débarrasser des feldspaths et autres alumino-silicates. Enfin, l'attaque à l'HF permet de retirer les 20 μm extérieurs aux grains de quartz, pour s'affranchir de la contribution alpha à l'irradiation.

Ces grains de quartz sont déposés sur des disques d'aluminium de 10 mm de diamètre et les mesures de luminescence sont réalisées sur ces disques en utilisant une machine d'OSL DayBreak 2200. L'OSL est émise à partir d'une source de stimulation constituée d'une diode bleue (515 nm; $\sim 30 \text{ mW cm}^{-2}$) et est détectée par un tube photomultiplicateur après passage à travers un filtre Hoya U340 (7.5 mm).

4.2.2. Caractéristiques du signal d'OSL

Le signal OSL obtenu en réponse à une stimulation optique se présente sous la forme d'une courbe décroissante en fonction de la durée d'illumination (Fig 5).

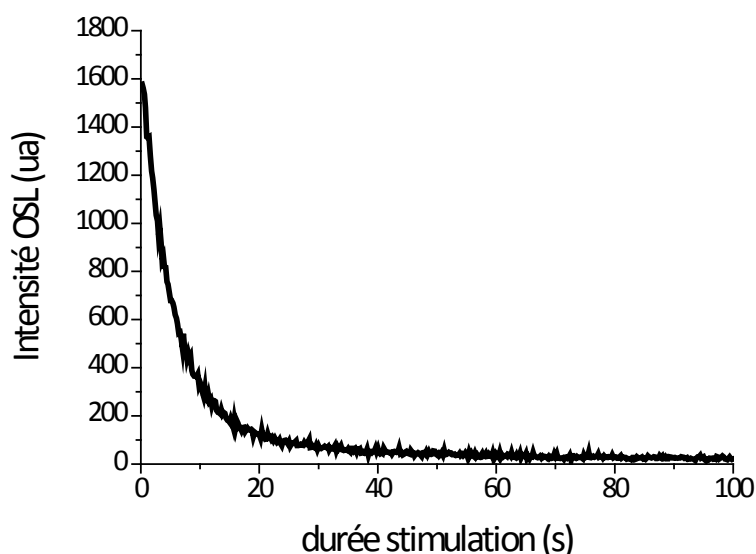


Figure 5 : signal de décroissance de l'OSL en fonction du temps.

4.2.3. Protocole SAR

Pour déterminer la valeur de la paléodose, le laboratoire de Bordeaux a utilisé la technique du SAR (*Single Aliquot Regeneration*) : procédure d'ajouts de dose et de régénération en utilisant une seule aliquote de cristaux. Ce protocole nous permet de comparer sur une même aliquote l'OSL naturelle (résultant de l'irradiation naturelle de l'échantillon) et celle obtenue après régénération du signal par des doses d'irradiation connues (Fig 6). Ces dernières sont choisies de manière à encadrer la dose naturelle et sont administrées au laboratoire à l'aide d'une source beta calibrée $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ de débit de dose de $0.1086 \pm 0.0024 \text{ Gy/s}^1$ au moment des expériences.

4.2.4. Paramètres expérimentaux

La séquence de paramètres définie dans la mise en œuvre du protocole SAR est donnée dans le tableau 2. Généralement, 7 cycles de mesure sont enchaînés sur une même aliquote en faisant varier la dose de régénération. Chaque mesure d'OSL est précédée d'une préchauffe permettant d'éliminer les charges issues des pièges instables. La température de préchauffe à affecter est donc généralement élevée (entre 180 et 240°C) et conduit à des changements de sensibilité du signal OSL à la dose. Afin de les corriger, le signal OSL résultant d'une dose d'irradiation administrée à chaque cycle, appelée dose test, est mesuré (Murray et Wintle, 2000). Le signal OSL normalisé correspond donc au rapport du signal issu de la dose de régénération précédente (L_x) et du signal de dose test (T_x). La dernière étape de chaque cycle prévoit la lecture d'un signal OSL à 280°C pendant 40 secondes afin de réaliser la remise à zéro total du signal à ce stade (Murray et Wintle, 2000). La valeur de la dose équivalente est donnée par l'interpolation du signal naturel (L_n/T_n) sur la courbe construite à partir des signaux de régénération (L_x/T_x).

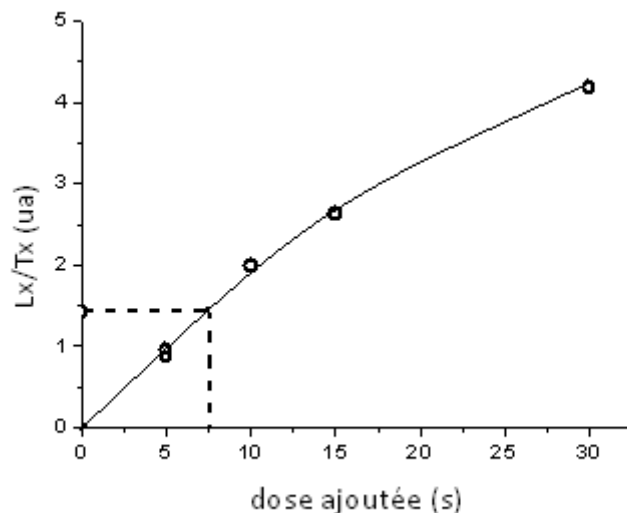


Figure 6 : Schéma représentant le protocole SAR: en abscisse : dose ajoutée (en seconde d'irradiation) et paléodose déduite par interpolation, en ordonnée : OSL normalisée : L_x/T_x (u.a.).

¹ Cette valeur du débit de dose est une moyenne obtenue à partir du débit de dose calculé pour des grains de quartz de l'abbaye de Savigny, blanchis au simulateur solaire et irradiés avec une dose connue à Gif-sur-Yvette.

étape	liste des paramètres	signaux exploités	
1	irradiation (nulle pour la mesure du signal nat.)		
2	Préchauffe		
3	mesure du signal OSL à 125°C pendant 100 s	Lx (ou Ln)	
4	dose test		
5	Préchauffe		
6	mesure du signal OSL à 125°C pendant 100 s	Tx (ou Tn)	
7	lecture du signal OSL à 280°C pendant 100s		
8	retour à l'étape 1		

Tableau 2 : Description du protocole SAR (d'après Murray et Wintle 2000). Le cycle de mesures détaillé ici est répété sept fois en faisant varier la dose de régénération (étape 1). La préchauffe de l'étape 2 (ou *Preheat*) est maintenue à une température donnée pendant 10s alors que celle de l'étape 5 prévoit une montée en température sans palier (c'est pourquoi elle est dénommée *Cutheat*).

A partir de ce protocole générique, il convient d'adapter le choix des températures de préchauffe à chaque échantillon. Egalement, des critères basés sur le taux de recyclage, le taux de récupération et la valeur déduite de l'administration d'une dose connue (*dose recovery*) permettent d'évaluer la fiabilité du protocole pour chaque échantillon.

Test de recyclage

Il est nécessaire de vérifier l'efficacité de la correction des changements de sensibilité par le signal induit par la dose test. Le protocole prévoit l'administration d'une même dose de régénération en début et en fin de séquence (cycles 2 et 7). Cette valeur, appelée taux de recyclage, est considérée acceptable pour des valeurs comprises entre 0.9 et 1.1 (Murray et Wintle, 2000 ; Wintle et Murray, 2006). Cependant ce critère doit être nuancé pour des échantillons de faible sensibilité ou présentant un faible signal d'OSL. En effet l'incertitude statistique pour de tels échantillons peut être supérieure à 10% auquel cas, il faut considérer l'éloignement du rapport de recyclage de la valeur 1 de plus de deux écarts-types pour invalider la mesure et l'échantillon.

Test de récupération

Le sixième cycle d'une séquence SAR prévoit la mesure d'une dose de régénération nulle. Le signal normalisé qui en résulte devrait être égal à 0. La proportion de ce signal par rapport au signal naturel peut être exprimée en pourcentage, dont la valeur maximale acceptable est fixée à 5 % (Murray et Wintle, 2000 ; Wintle et Murray, 2006). De la même manière que pour le test de recyclage, il faut tenir compte de l'incertitude statistique des mesures avant d'utiliser strictement un critère énoncé pour des applications pour le Paléolithique. Ainsi, si l'incertitude relative est supérieure à 5%, devons nous prendre en compte l'éloignement de

la valeur nulle (cas idéal) de plus de deux écarts-types du rapport signal de récupération/signal naturel.

4-3 Détermination de la dose annuelle

Les différentes contributions de la dose annuelle émanent du matériau lui-même (briques) et de son environnement immédiat (le reste de la maçonnerie, les rayonnements cosmiques, etc...). La contribution du matériau est déterminée à partir des mesures de concentrations en potassium (K), uranium (U) et thorium (Th) des échantillons de brique par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Ces concentrations sont ensuite converties en dose annuelle correspondante. Finalement, les contributions gamma et cosmiques de l'environnement de l'échantillon sont évaluées par dosimétrie in situ et/ou gammamétrie de terrain. Pour la gammamétrie, une sonde constituée d'un détecteur à scintillation NaI:TI et d'un tube photomultiplicateur est placée face à la zone de prélèvement. Cette sonde permet d'obtenir le spectre de l'énergie reçue par les rayonnements gamma dont est déduite la teneur en radioéléments de l'environnement de l'échantillon. Il est également possible d'estimer individuellement la composante due au rayonnement cosmique. Les mesures durent environ une heure et ont une précision de l'ordre du pourcent. La dosimétrie in situ, quant à elle, consiste à déposer au lieu de prélèvement pendant une période de quelques mois, des dosimètres qui emmagasinent les effets cumulatifs de la dose environnementale. Après récupération, leur lecture au laboratoire permet de retranscrire la dose environnementale effectivement reçue par l'échantillon. Dans le cas de Saint-Romain-en-Gal, les types de dosimètres utilisés ont été le $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ et l' $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$.

5. Résultats

5.1 Mesure de la paléodose

Pour déterminer la paléodose, une vingtaine de lectures du signal d'OSL par SAR ont été réalisées pour chaque échantillon, sur des grains de quartz de fraction granulométrique comprise entre 125 et 160 μm .

Echantillon	Température de préchauffage (°C)	CH	P (Gy) $\pm\sigma$	Recycl.	Récup.
Bdx14766	180°C/10s	180°C/10s	4.96 \pm 0.13	-	-
Bdx14767	180°C/10s	180°C-0s	5.92 \pm 0.16	0.93	0.06
Bdx14768	180°C/10s	180°C/10s	4.46 \pm 0.13	0.99	-
Bdx14769	180°C/10s	180°C-0s	4.86 \pm 0.13	0.95	0.04
Bdx14770	180°C/10s	180°C/10s	4.43 \pm 0.14	0.98	-
Bdx14771	180°C/10s	180°C/10s	4.88 \pm 0.10	0.97	-

Tableau 3: Température de préchauffage (pendant 10s), de cut heat en (°C), valeur de la paléodose, incertitude associée, taux de recyclage et taux de récupération.

5.2 Détermination de la dose annuelle

5.2.1. Contribution de l'humidité

Les échantillons ont fait l'objet d'une mesure de leur humidité, compte tenu de la possibilité qu'ils aient été saturés en eau au cours de leur histoire. L'étude de l'état d'humidité de ces briques a été réalisée par la mesure de leur teneur en eau à sec, après passage de l'échantillon à l'étuve à 45°C pendant plusieurs jours, et celle du taux maximal d'eau susceptible d'être absorbé (humidité dite "à saturation"), après immersion pendant une semaine. Les valeurs exprimées en pourcentage massique d'eau à saturation par rapport au matériau sec, sont présentées dans le tableau 4.

Echantillon	Masse saturée en eau (g)	Masse sèche (g)	Pourcentage à saturation moyen
Bdx14766	24.30	19.98	21.3%
Bdx14767	20.12	16.70	20.52%
Bdx14768	18.00	14.76	22.0%
Bdx14769	8.19	7.26	12.81%
Bdx14770	14.91	13.36	11.6%
Bdx14771	16.83	14.93	12.7%

Tableau 4 : Humidité des briques, exprimée en pourcentage massique d'eau par rapport aux matériaux secs ([masse saturée en eau – masse sèche / masse sèche] x100).

On remarque deux groupes de briques : celles de l'arc, plus poreuses, et celles de l'arase. En fonction de ces résultats, il a été choisi comme valeurs standards pour la contribution de l'humidité $8\pm 5\%$ pour les briques de l'arc (Bdx 14766, 14767, 14768) et $5\pm 3\%$ pour celles de l'arase (Bdx 14769, 14770, 14771).

5.2.2. Détermination de la dose annuelle interne par spectrométrie gamma à bas bruit de fond

Le tableau 5 reprend les valeurs des concentrations en K, U et Th mesurées en spectrométrie gamma à bas bruit de fond pour chaque échantillon.

Echantillon	U (^{238}U) (ppm)	U (^{226}Ra) (ppm)	U (^{210}Pb) (ppm)	K (%)	Th (ppm)
Bdx14766	3.11±0.14	3.31±0.03	4.09±0.26	1.74±0.02	14.15±0.13
Bdx14767	3.33±0.17	3.43±0.04	3.27±0.20	1.81±0.03	14.90±0.50
Bdx14768	3.19±0.17	3.48±0.04	3.72±0.30	1.74±0.03	14.57±0.14
Bdx14769	2.58±0.14	2.37±0.03	2.23±0.20	1.87±0.02	14.77±0.13
Bdx14770	2.17±0.15	2.17±0.03	2.19±0.25	1.96±0.03	14.86±0.14
Bdx14771	2.71±0.17	2.62±0.04	2.66±0.30	1.88±0.03	14.66±0.15

Tableau 5 : Composition radiochimique des briques de Saint-Romain -en-Gal mesurée dans le spectromètre Ge puits du CRP2A, où U (^{238}U) représente la tête de série de l'uranium donnée, teneur donnée par ^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$ et ^{235}U et U (^{226}U) correspond aux descendants directs de ^{226}Ra donnés par ^{214}Pb et ^{214}Bi , en supposant l'équilibre entre ^{222}Rn et ^{226}Ra .

5.2.3. Etude du déséquilibre des chaînes de l'uranium

Les rapports U/Th et Ra/Th ne montrent pas de déséquilibre notable entre uranium et radium qui aurait pu indiquer une altération en radioéléments de longue période au cours de l'histoire de ces matériaux (Fig 7). Pour ce qui concerne ^{210}Pb , à l'exception de BDX 14766, il n'y a pas de différence significative d'activité avec son parent, ^{226}Ra , ce qui indique une relative stabilité du radon à l'intérieur du matériau.

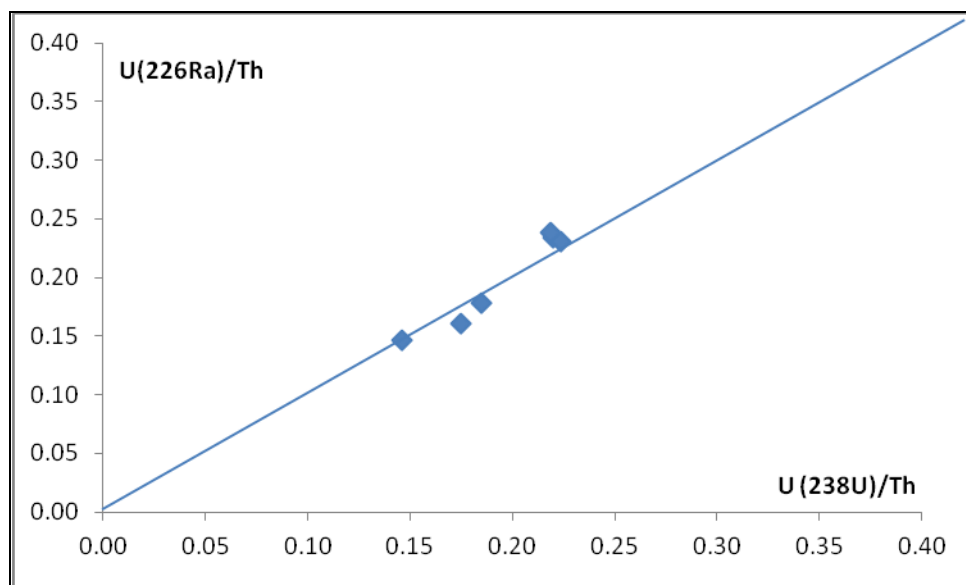


Figure 7 : équilibre des séries de l'uranium par l'analyse de U(238U)/Th et U(^{226}Ra)/Th.

5.2.4. Détermination de la dose annuelle totale

Dans la mesure où, au vu de la granulométrie choisie, la couche externe des grains a pu être dissoute par attaque chimique, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la contribution de l'irradiation alpha externe à la dose annuelle reçue par les grains.

Les différentes contributions à la dose annuelle calculées grâce à la spectrométrie gamma à bas bruit de fond et aux dosimètres implantés dans le mur sud de Saint-Romain en Gal sont reportées dans le tableau 6.

Echantillon	$I_{\beta} \pm \sigma$	$I_{\text{env}} \pm \sigma$	$I_{\text{tot}} \pm \sigma$
Bdx14766	1.91±0.10	1.33±0.02	3.24±0.21
Bdx14767	2.03±0.01	1.22±0.02	3.25±0.19
Bdx14768	1.93±0.01	1.15±0.02	3.08±0.19
Bdx14769	1.97±0.01	1.37±0.02	3.34±0.17
Bdx14770	2.00±0.01	1.43±0.02	3.43±0.29
Bdx14771	2.00±0.01	1.29±0.02	3.29±0.15

Tableau 6 : Calcul de la dose annuelle totale (I_{totale}) exprimée en mGy/an à partir des contributions internes (I_{β}) et environnementale (I_{env}).

5.3 Datation : calcul de l'âge et de la date de la production des briques

Les résultats obtenus par OSL sont résumés dans le tableau 7, et à la figure 8. Les âges sont exprimés en années. La date de la dernière cuisson est calculée par soustraction de l'année de la prise des mesures au laboratoire (2011). Les valeurs obtenues sont accompagnées des incertitudes totales σ et statistiques σ_{stat} qui représentent chacune un écart-type.

Localisation	Echantillon	Age (ans) $\pm \sigma$	Date (AD) $\pm \sigma$ (σ_{stat})
Arc de l'ouverture	Bdx14766	1525 \pm 141	487 \pm 141 (105)
	Bdx14767	1819 \pm 108	191 \pm 108 (51)
	Bdx14768	1447 \pm 92	565 \pm 92 (43)
arase	Bdx14769	1454 \pm 86	556 \pm 86 (40)
	Bdx14770	1289 \pm 118	723 \pm 118 (43)
	Bdx14771	1483 \pm 74	529 \pm 74 (32)

Tableau 7 : Résultats de la datation par OSL des briques de Saint-Romain-en-Gal.

La dispersion des datations est supérieure à ce que l'on pourrait attendre des seules incertitudes statistiques, dont l'évaluation se base uniquement sur la reproductibilité des mesures intra-échantillon. En effet l'écart type entre ces 6 datations s'élève à 160 années. Des incertitudes liées à la structure même de l'échantillon et à son assemblage minéral sont susceptibles d'élargir les écarts entre les datations, en raison du fait que la mesure d'OSL est réalisée à partir de grains de quartz dont la sensibilité peut être extrêmement variable au sein d'un échantillon, ce que montrent les mesures effectuées sur des sédiments et des mortiers par la technique *single grain* qui permet de mesurer individuellement la luminescence de grains de quartz (Duller et Murray, 2000 ; Urbanova et al., 2015 ; Martin et al., 2015 ...). Nous n'avons pas pu mettre en œuvre cette technique à l'époque en 2011 pour contrôler la variabilité de la réponse OSL des grains. Aussi la dispersion liée à des effets microdosimétriques hétérogènes (Guibert et al., 2006 ; Martin et al., 2015) reste-t-elle une hypothèse forte, dans la mesure où seuls quelques grains par disque émettent la majorité de la luminescence.

Il semble cependant que BDX 14767 provenant de l'arc soit à l'origine de la dispersion majeure de ces résultats. Si on exclut cet échantillon, l'écart-type entre les 5 autres datations s'élève à 80 années, ce qui est largement amélioré, mais reste cependant supérieur à la dispersion moyenne attendue. Si l'on considère comme l'avait proposé Sophie Blain que BDX 14767 est en remploi, alors la chronologie de la construction reposera sur celle de la production des 5 autres briques. Nous trouvons, en combinant les résultats, une datation moyenne de 1433 \pm 89(38) années avant l'analyse (2011) soit une date OSL calendaire de :

579 \pm 89 (38) AD

Les incertitudes représentent un écart-type et entre parenthèses nous avons indiqué la contribution de l'incertitude statistique qui intègre la composante de dispersion inter-échantillon. L'incertitude globale, 89 années, intègre outre cette incertitude statistique, l'impact sur l'âge de l'incertitude estimée sur la calibration des sources radioactives, celle des systèmes de mesure de radioactivité ainsi que l'incertitude sur l'état d'humidité archéologique.

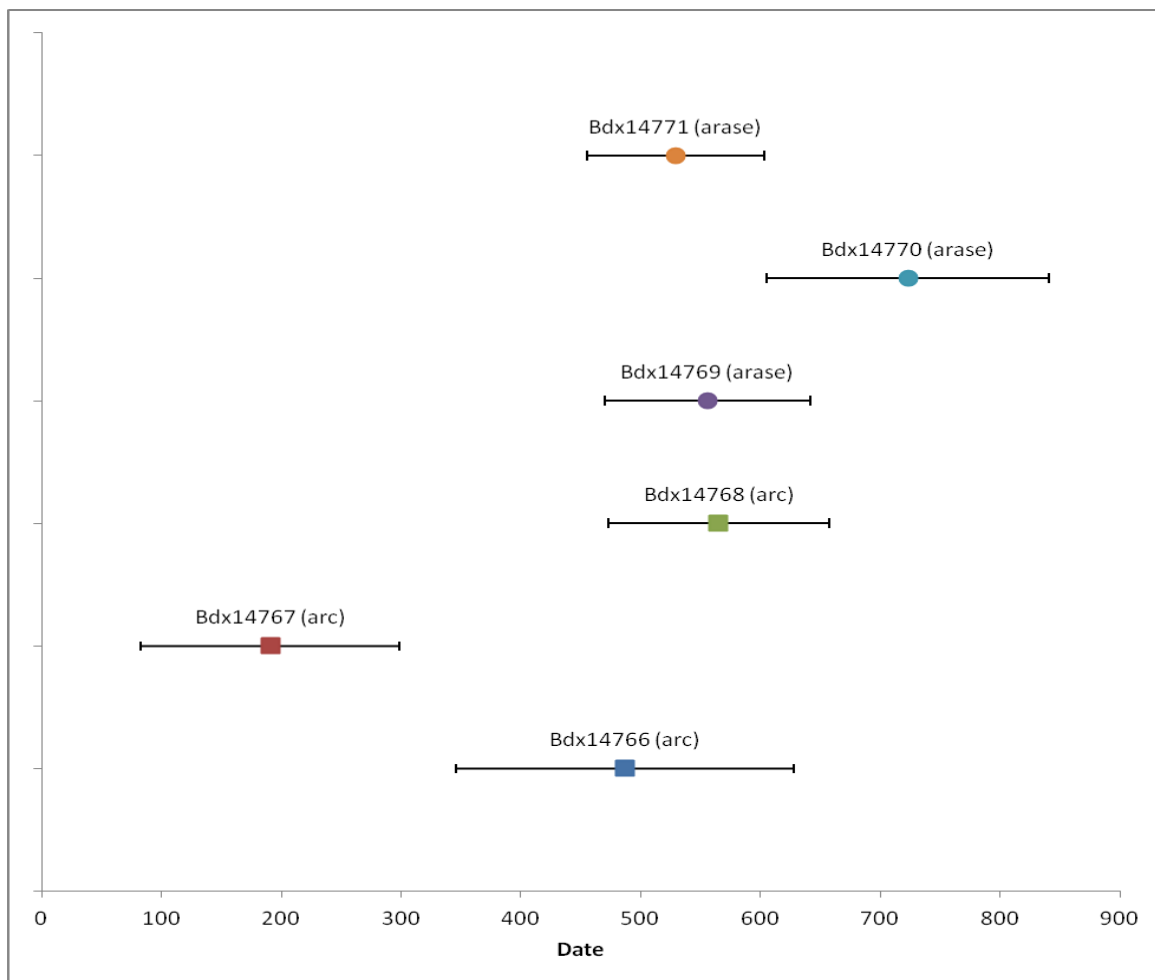


Figure 8 : diagramme illustrant les résultats de datation OSL des échantillons de brique de l'église St Romain à St Romain en Gal. Bdx 14767 est considéré comme un remploi des structures gallo-romaines présentes à proximité.

6. Datation par Archéomagnétisme

Des datations par archéomagnétisme ont été réalisées simultanément à l'étude de luminescence. Elles ont fait l'objet d'un rapport (Lanos et al., 2014) dont nous rappelons ici les éléments essentiels.

La série d'échantillons prélevée en 2011 est venue compléter le travail entrepris par le groupe d'archéomagnétisme rennais en 1990 au niveau des mesures d'inclinaison du champ magnétique. Nous disposons de surcroît sur la nouvelle série d'échantillons de mesures d'intensité qui permettent, en ajoutant un paramètre au système chronologique, de mieux préciser la datation archéomagnétique de la production des terres cuites. Parmi les échantillons tests, une seule brique issue de l'arc, montre une double aimantation qui pourrait indiquer un réchauffement potentiel dans le passé. En général, les mesures d'inclinaison montrent une disposition régulière en damier des briques lors de leur cuisson, témoignage de la continuité de la tradition technique briquetière gallo-romaine.

L'échantillon BDX 14767 considéré comme un remploi porte dans le rapport la référence magnétique 23B. On constate que cet échantillon montre une inclinaison un peu éloignée du groupe global, mais un positionnement dans le four compatible avec un arrangement stérique en damier. La position marginale de son aimantation par rapport au groupe de terres cuites analysées est un argument qui renforce l'hypothèse de remploi, cependant il ne s'agit que d'une tendance forte, non d'une certitude absolue.

Compte tenu du contexte archéologique, les mesures d'inclinaison sur l'ensemble des briques échantillonnées à St Romain (séries de 1990 et de 2011) permettent de privilégier l'intervalle :

365-524 AD à 95% de probabilité

Les mesures d'intensité fournissent un intervalle chronologique très large. Il exclut cependant la période de forte intensité du Haut Moyen Âge caractéristique de l'époque 650-950 AD.

7. Modèle chronologique

A l'exception de BDX 14767 considéré comme un remploi, nous avons intégré l'ensemble des mesures archéomagnétiques et par luminescence dans un même fait ou événement intitulé « briques mur sud ». Ce modèle chronologique ne contient qu'un seul fait regroupant l'ensemble des datations et aucune autre donnée externe indépendante n'a été mise en place pour restreindre l'intervalle chronologique.

Une combinaison statistique de ces données a été réalisée grâce à la procédure CHRONODEL (Lanos et al., 2015). La figure 9 montre le processus d'évaluation chronologique. La figure 9A présente la distribution de probabilité de l'événement recherché. Le traitement de l'ensemble de ces données fournit l'intervalle de confiance suivant :

420-620 AD à 95% de probabilité

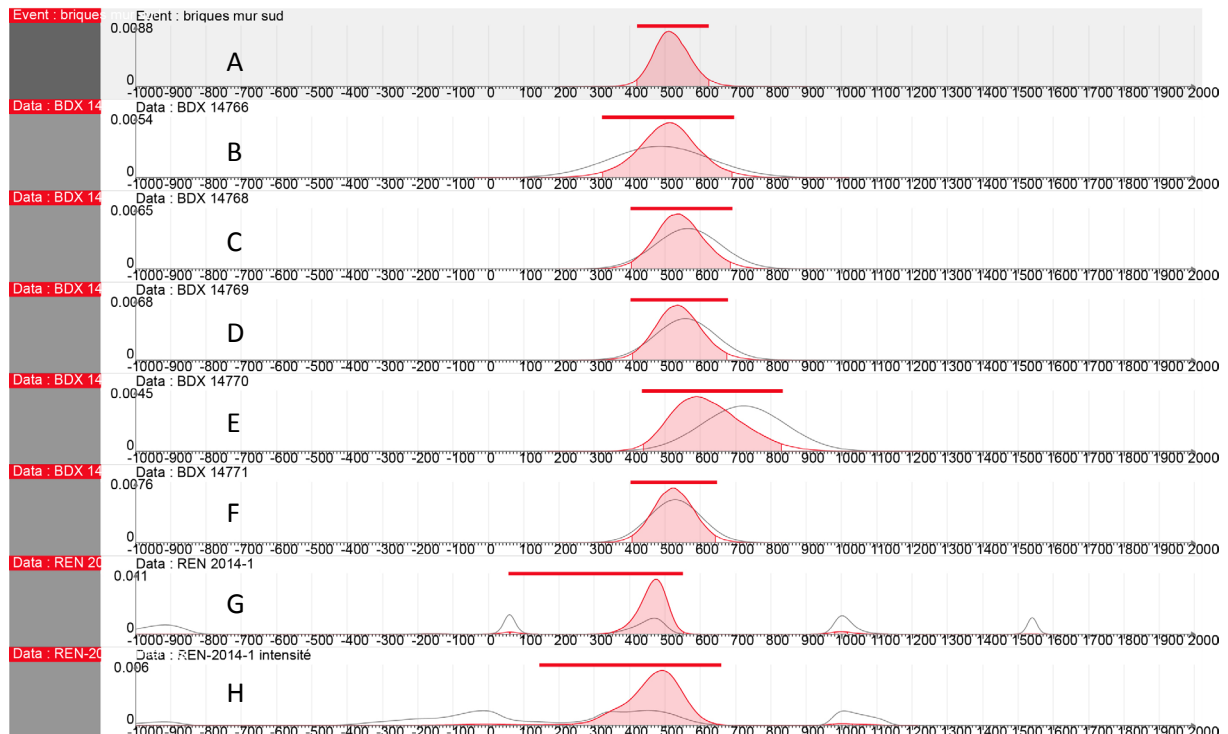
Les autres graphes de la figure 9, de 9B à 9H, présentent pour chaque datation les éléments qui suivent :

- La distribution de probabilité a priori correspondant strictement aux résultats des datations pris isolément,
- La distribution de probabilité a posteriori après combinaison de l'ensemble des résultats ; le remplissage coloré de la zone correspond à l'intervalle de confiance à 95% de probabilité.

En ajoutant le résultat OSL de BDX 14767, le nouvel intervalle chronologique se décale d'une vingtaine d'années vers une datation plus haute : 400-600 AD à 95% de probabilité. Prendre en compte ou non cet élément dans l'approche statistique a relativement peu d'effet sur le résultat compte tenu de l'intervalle global, sa position d'*outlier*² par rapport aux autres résultats, l'ayant relativement pénalisé.

² "outlier" (angl.) : anomalie (fr)

Nous retiendrons ainsi que les données fournies par l'OSL et l'archéomagnétisme situent la production des briques employées dans la construction du mur sud de l'église Saint-Romain entre la première moitié du 5^e siècle et la première moitié du 7^e siècle.



Figures 9: St Romain en Gal, datations par OSL et par archéomagnétisme de briques du mur sud, modélisation chronologique selon le protocole CHRONOMODEL. L'intervalle de confiance à 95% de probabilité pour la production des terres cuites architecturales s'établit à 420-620 AD (graphe A). Graphes B à H, représentations des densités de probabilités respectives de BDX 14766 (OSL), BDX 14768 (OSL), BDX 14769 (OSL), BDX 14770 (OSL), BDX 14771 (OSL), du lot d'échantillons REN-2014-1 par archéomagnétisme inclinaison (G), intensité (H).

Références bibliographiques

Blain S., Guibert P., Bouvier A., Vieilleveigne E., Bechtel F., Sapin C. and Baylé M., 2007. TL-dating applied to building archaeology: The case of the medieval church Notre-Dame-Sous-Terre (Mont-Saint-Michel, France). *Radiation Measurements* 42(9): 1483-1491, DOI 10.1016/j.radmeas.2007.07.015.

Bouvier A., Reynaud J.-F., Guibert P., Blain S., 2013. Interdisciplinary study of the early building phases of St Irénée's church (Lyons, France): the contribution of luminescence dating, *Archeosciences*, 37, 155-171.

Duller, G. A. T., Murray, A. S., 2000. Luminescence dating of sediments using individual mineral grains. *Geologos*, 5: 88-106.

Guibert P., Grici S., Bechtel F., Daniel F., Gourdon-Platel N., 2006, Datation par thermoluminescence (TL) d'une structure de combustion granitique à Javols (Lozère) : quelques considérations sur la microdosimétrie des irradiations naturelles, *Archéosciences - revue d'archéométrie*, 30, 119-128.

Lanos P, Dufresne P., Garnier L., 2014. Saint-Romain-en-Gal (69) Église, Mur Sud de la nef, Analyse archéomagnétique. Rapport de recherche REN-2014-1, 16p.

Lanos, P., Philippe, A., Vibet, M.A., Dufresne, P., 2015. User's manual of ChronoModel (version 1.1) [Online]. Available from: <http://www.chronomodel.fr> [Accessed: 3rd May 2015]

Martin, L., Mercier, N., Incerti, S., Lefrais, Y., Pecheyran, C., Guérin, G., Jarry, M., Bruxelles, L., Bon, F., Pallier, C., 2015. Dosimetric study of sediments at the beta dose rate scale: Characterization and modelization with the DosiVox software. *Radiation Measurements*, 81, 134-141.

Murray A.S. & Wintle A.G., 2000, « Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol », *Radiation Measurements* 32, 57-73.

Urbanova P., Guibert P., 2015. New Insights Into The Dating Of Roman And Medieval Mortars By Optically Stimulated Luminescence [OSL]: Comparison Of Case Studies. *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History Chicago June 2015*, Ed. Brian Bowen, Donald Friedman, Thomas Leslie, and John Ochsendorf. ISBN 978-1-329-15035-5, Vol.3, 499-508.

Urbanova P., Hourcade D., Ney C., Guibert P., 2015. Sources of uncertainties in OSL dating of archaeological mortars: the case study of the Roman amphitheatre "Palais-Gallien" in Bordeaux, *Radiation Measurements*, 72, 100-110.

Wintle A.G., Murray A.S., 2006. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. *Radiation Measurements*, 41(4): 369-391.

Annexe :

Notice de JF Reynaud

L'hypothèse des auteurs qui ferait de l'édifice de Saint-Romain en Gal le mausolée de saint Ferréol se tient quant à la chronologie, quant à l'évolution de l'édifice (le transfert des tombes, l'abandon de l'édifice sont troublants) et quant à sa situation au débouché du pont nord de la ville. L'idée d'un abandon partiel du mausolée lors du transfert du corps du martyr dans la basilique de Mamert est plausible si la date retenue pour le déplacement des reliques (fin Ve début VIe siècle) peut s'élargir pour inclure l'épiscopat de Mamert. Il faut pourtant oublier la *Passio* 2912 qui mentionne la construction d'un mausolée par Castalius (au début du IVe siècle) en suivant les historiens qui considèrent que le culte des martyrs ne commence qu'au début du Ve siècle et J-P Reboul, avec qui les archéologues ont travaillé, qui estime tardives (VII-VIIIe siècle) et douteuses les interpolations de ce texte. Sidoine Apollinaire (*Ep.* VII, 1) parle bien d'une translation des reliques par Mamert et Grégoire de Tours (*Lib. er de Passione et virtutibus sancti Juliani martyris*) de la construction d'une nouvelle église (vers 582 pour J-P Reboul).

Reste toutefois un élément difficile à expliquer: les deux édifices se trouvaient dans une zone inondable depuis les changements climatiques des V-VIe siècles, le sol du mausolée (qui était celui de la piscine des thermes) étant peu plus bas que celui de la basilique des bords du Rhône (151,80 contre 152,50m.), celui le sol à l'extérieur du mausolée étant à peu près au même niveau (environ 152,50m.) mais le mausolée était plus éloigné du Rhône (80m contre 40m) et donc un peu plus à l'abri des inondations. Surtout l'on comprend mal que le deuxième édifice, le martyrium de Mamert théoriquement installé à l'abri des inondations ait été construit au bord du fleuve. Je dois avouer n'avoir pas réfléchi à ce problème lors de ma fouille de sauvetage en 1978 et avoir identifié trop rapidement cette grande basilique funéraire à celle de Mamert (Reynaud 1978, p.44-51).

Un seul édifice de ce secteur est à l'abri des inondations. Lors de ma conférence pour les Amis de Vienne sur l'évêque Mamert (2009), j'ai émis l'hypothèse que l'évêque soucieux de la sécurité de son église l'avait construite sur une terrasse dominant la plaine d'une vingtaine de mètres. Cette église serait donc l'actuelle église de Saint-Romain en Gal que j'ai aussi étudiée mais non fouillée, et dont par prudence j'avais daté les vestiges entre le VIIe et le Xe siècle (Jannet, Lauxerois, Reynaud 1986, p.65-66) pour suggérer finalement une fourchette plus resserrée entre le Ve et le VIIe siècle (Topographie Chrétienne des Cités de la Gaule, t. III, revue Reynaud). En attendant des datations par archéomagnétisme et thermoluminescence, nous disposons déjà d'un certain nombre de critères d'ancienneté.

Contrairement à Chorier, Cavard estime que l'église Saint-Romain mentionnée en 935 (Cartulaire de St-André-Ie-Bas, p.90) est celle de Saint-Romain l'Evêque à l'est de Vienne (Cavard 1977, p.185-201) ; Saint-Romain en Gal apparaît en 1238 lors d'un conflit avec les dames de Sainte-Colombe (archives du Rhône, fonds de Malte H 137). Elle dépend des Hospitaliers de Saint-Jean de Jérusalem puis des chevaliers de Malte. La commanderie est pillée par les protestants en 1561,62, 67 et l'église est transformée. Au début du XVIIe siècle, une enquête des chevaliers de Malte décrit « sous des voûtes, faites dans la muraille, quatre grands et beaux sépulchres de pierre, tous d'une pièce » qui passent pour être ceux des fils de Clovis (Faure-Brac 2006, p.408-411). En 1658, Chorier remarque lui aussi ces sarcophages (Chorier 1659, rééd.1828, p. 22) qui sont détruits à la Révolution par le curé Margaire (Girard 1971, p. 55-63).

Que nous dit l'archéologie :

-concernant Saint-Ferréol, basilique funéraire de grande taille dont les fondations sont construites en gros blocs de remploi le débat pourrait porter sur la date de construction de la basilique funéraire de la rive droite. La céramique et les monnaies fournissent une datation postquem: la tranchée de fondation de l'abside et du mur de façade renfermait des monnaies du IV^e, de la céramique métallescente et un tesson de DSP dans chaque tranchée (Ve siècle) ; un dépotoir antérieur à l'édifice comportait lui aussi de la céramique métallescente et des monnaies du IV^e siècle (Gratien, Magnence, Constance II); les tombes trouvées dans l'église (6 sarcophages ont été repérés dans les niveaux profonds et un fouillé) sont des coffres de dalles (T 35) avec des monnaies du IV^e dont un Constance II au-dessus de la tombe et des sarcophages rectangulaires à parois épaisses, l'une avec un alvéole céphalique que l'on trouve plutôt d'avant le milieu du Ve siècle. Un sarcophage à monogramme a été vu par Rostaing (connu de Chorier, p.182) ; de nombreuses tombes ont été fouillées en 1789 par le commandeur de Boyer (auges en choin avec médailles, lacrymatoires et vases en terre) plutôt d'époque romaine que paléochrétienne (Cochard 1812, p. 96)(Faure-Brac 2006, p. 415) alors que l'inscription de Mauricius serait du Ve siècle et celle d'Eufrasia du Ve ou du VI^e siècle (Descombes 1985, p. 493-96, nO XV). Un abandon assez précoce du site est possible mais partiel puisqu'une petite église dédiée à sa int Ferréol et saint Jean est construite sur les ruines de la grande vers l'an mil; édifice encore en partie visible au XVI^e siècle.

On pourrait se référer aux exemples lyonnais et proposer une datation de la deuxième moitié du Ve siècle, en raison de la qualité de la construction, plus proche de celle de Saint-Laurent de Choulans (fin Ve-début VI^e siècle) que de celle de Saint-Just de Lyon (première moitié du siècle). Des éléments nouveaux permettent de mieux dater certains édifices lyonnais et viennois. Ainsi, à Saint-Irénée où les murs sont construits en gros blocs de «choin» une datation récente en thermoluminescence place la porte nord de (Lyon) aux V-VI^e siècles (407 ± 120) ce qui pourrait correspondre à l'époque de Patiens (milieu du Ve siècle).

Pour Saint-Pierre de Vienne, les textes sont absents, ou presque: Avit mentionne en 473 la basilique la plus proche de la cathédrale et l'on sait que Mamert et ses successeurs y ont été enterrés. La basilique, en partie conservée est de grande taille, ses murs ont de puissantes fondations (dessins du XIX^e siècle) et l'intérieur était garni de tombes (Reynaud 1975, p.7-32), mais on ignore si Mamert a été enterré dans une basilique existante avant lui dans ce cas avant 463 ou s'il l'a fait construire. Tout ce que l'on peut dire c'est qu'elle existait déjà en 473. Un deuxième édifice pourrait remonter à cette époque Notre-Dame d'Outre Gère. On y retrouve le même souci d'un grand espace (24,50 de large, nef plus bas-côtés), les mêmes fondations très puissantes; les tombes les plus anciennes sont souvent des sarcophages trapézoïdaux parfois pourvus d'alvéoles céphaliques. L'édifice est construit sur des niveaux du IV^e siècle et M. Zanettacci date le premier état de la basilique entre la fin du IV^e et le Ve siècle (Zanettacci 1994, p.117-131). Des datations au radiocarbone fournissent des datations du début ou milieu du Ve Siècle (430 ±51) même 5405 ± 56°. Mais le Ve siècle est une période où les datations radiocarbone sont relativement imprécises (Gaël Granier). On pourrait donc envisager que ces puissantes constructions commencent au deuxième tiers du Ve siècle; elles pourraient même être plus précoces à Vienne qu'à Lyon.

Concernant l'église de Saint-Romain en Gal, on sait qu'elle n'était pas située à l'origine dans une grande nécropole de l'Antiquité tardive mais plutôt à l'emplacement d'une grande villa suburbaine et à proximité de la voie romaine. Une petite nécropole a du se développer par la suite (inscription de Geronsia, Ve -début VI^e siècle, trouvée dans un bâtiment voisin en 1880-81), nécropole qui s'étendait sans doute plus au sud (tombe en grandes dalles, Bizot, 1904) (Faure-Brac 2006, p.411). En 1559-80 Rostaing a relevé l'inscription d'Eufrasius avec un décor de canthare, dauphins et paons (Ve siècle), sur une grande table de marbre en remploi

dans le dallage; il a vu et dessiné le couvercle d'un sarcophage dans le «cloître de St Romain à décor de strigilles, de paons et de croix », peut-être celui d'un des quatre sarcophages déposés dans les arcs du long des parois de la nef A l'intérieur de l'église, lors de la réfection du dallage en 1657, de nombreuses tombes ont été mises au jour (d'après Chorier 1659, p. 178), un tombeau avec un couvercle arrondi inscrit à l'intérieur (déjà connu à l'époque de Chorier (p.175) et l'épithaphe romaine de Scolastica. Certes ces épithaphe peuvent provenir de la nécropole voisine ou être des remplois mais elles attestent de l'ancienneté du site.

L'église a été fouillée par R. Girard, architecte des Bâtiments de France de l'Isère en 1970. Deux sondages ont été effectués: à l'aplomb de l'arc triomphal, sont apparues des substructions liés par du mortier de tuileau (il s'agit sans doute du chaînage de l'abside), l'autre près du clocher a mis au jour deux cuves de sarcophages dont l'une est encore visible dans la cave (Girard, 1971, p. 55-63). Le décapage du parement extérieur des murs a fait apparaître l'appareil ancien homogène dans toute son étendue si l'on fait abstraction des modifications du XVIIe et du XIXe siècle. L'église tournée vers le nord-est est mal orientée, peut-être en raison d'édifices préexistants ; son plan était simple: une nef unique (23,50/11 m) et un chœur carré. Son élévation primitive est intacte: petits moellons et arases de briques, ouvertures à claveaux de briques et de pierres alternées, mais difficile à dater. Une fourchette entre le Ve et le VIIe siècle est toutefois possible.

-son plan est compatible avec ceux de l'Antiquité tardive, comme celui de la basilique de Saint-Bertrand de Comminges (2e quart du IVe siècle) dont la nef est légèrement plus petite de 18,60/13,60)(TCCG, t. XIII, p.78); Notre-Dame du Bourg à Digne (26/12 pour la nef) pour le Ve siècle (TCCG t. II, p. 73-75, révisé J. Guyon); Notre-Dame de Salagon: nef (19/7,40 plus un chevet plat dans la deuxième moitié du Ve siècle)(Guild, Vecchione, 1995, p.81-84) ; sa nef unique, plan courant à Vienne, rappelle aussi celle de Saint-André le Bas)(26/14, 80m) ou de Saint-André le Haut (10,80/28m.).

-l'utilisation de la brique en arases se retrouve à Saint-Ferréol (parties basses de l'abside) et à Saint-André le Bas (parties basses du mur nord, époque burgonde ?), sans doute à Saint-Pierre avant les restaurations (Chatel 1974, p. 468), à Saint-Just de Lyon (parties basses de l'abside et cryptoportiques, avant 469 (Reynaud 1998, p.124 et 127) et à Saint-Irénée (couloirs d'accès fin Ve-début VIe siècle) et surtout l'église de St-Laurent de Grenoble état 6 (vers 600 ou VIIe siècle)(Colardelle 2008, p.186).

-appareil régulier allongé pour les chaînages d'angle comme à Saint-Pierre de Vienne et Saint-Irénée de Lyon (fin Ve-début VIe siècle)

-ouvertures à claveaux de briques extradossées d'un rang de briques: à Saint-Pierre les ouvertures ont des claveaux de briques mais ont été refaites, mais en 1835 Mérimée note que « les archivolttes sont dessinées par des briques entremêlées de moellons (Notes d'un voyage dans le Midi de la France, 1835, p. 112) et une ouverture ancienne est conservée en façade occidentale (Reynaud 1975, p.24), une fenêtre de ce type existe à Saint-André-le-Bas (fenêtre nord) comme les arcs de la crypte de Saint-Oyend à Saint-Laurent de Grenoble.

- le sarcophage rectangulaire visible au nord-ouest de l'église est en pierre calcaire aux parois épaisses qui ne dépasse guère le Ve siècle.

Deux critiques peuvent nous être adressées: tout d'abord contrairement au texte de Grégoire de Tours qui mentionne une église d'une construction élégante et de même grandeur (l, 2), l'église est de dimension moyenne et le patronage de saint Romain semble contredire notre hypothèse mais il a pu changer au VIIIe siècle lors du déplacement des reliques intra-muros. Le souvenir d'un culte ancien serait d'ailleurs en partie conservé: les auteurs anciens décrivant le parcours de la Fête des Merveilles font d'abord passer les processions par Saint-Romain puis par Saint-Ferréol et Saint-Jean (Cavard 1977, Le jour des Merveilles, p.61-73, d'après un ordinaire du XIIIe siècle, Procès verbal de 1578, p. 71) car d'après Chorier, les cendres des martyrs auraient été recueillies à Saint-

Romain (Chorier 1659, p.378-380). Cette procession prend fin au milieu du XVII^e siècle après la destruction du pont sur le Rhône.

Certes, on commémore les martyrs de 177, mais pourquoi dans ces deux églises? Sans doute à cause des martyrs Ferréol et Julien qui ont permis d'y ancrer la légende des cendres des martyrs de 177. De même Cochard note qu'en 1238, la dîme payée par les fidèles allaient à la prieure des bénédictines de sainte-Colombe et au recteur de la commanderie de Saint-Romain-en-Gal, or ces deux établissements ont succédé à des monastères griniens; la paroisse avait le vocable de saint Romain et de saint Ferréol (Cochard 1834, p.25).

Donc, l'hypothèse que l'église de Saint-Romain en Gal est la basilique construite par Mamert repose sur son installation dans un secteur à l'abri des inondations, sur un plan, une technique de construction et des inscriptions qui sont compatibles avec le troisième quart du Ve siècle. Rien n'interdit non plus de voir dans la grande basilique funéraire du bord du Rhône une construction du deuxième quart ou du milieu du siècle, détruite peu de temps. De même que le beau raisonnement échafaudé par les archéologues reste hypothétique, nous sommes conscients que le nôtre présente bien des faiblesses et que l'on peut aussi supposer que Grégoire de Tours avait été mal informé et que la basilique des bords du Rhône n'avait été que restaurée.

Cavard P., *Vienne la Sainte*, 1977.

Chorier N., *Recherches sur les Antiquités de la ville de Vienne*, 1659, rééd. 1828

Cochard N., *Note sur Saint-Romain en Galles*, 1834.

Colardelle R., *La ville et la mort. Saint-Laurent de Grenoble, 2000 ans de tradition funéraire* (Bibliothèque de l'Antiquité tardive, II), Turnhout 2008

Girard R., L'église de Saint-Romain-en-Gal, *Bul. Arch. du comité des travaux historiques et scientifiques*, nouvelle série 7, 1971, p. 55-63

Guild R., Vecchione M., Mane. Lieu-dit Salagon. Eglise Notre-Dame in : Duval (dir.), *Les premiers monuments chrétiens de la Gaule. Sud-Est et Corse*, 1995, p.81-84.

Reynaud J.-F., *Lugdunum christianum, Lyon du IV^e au VIII^e s. " topographie, nécropoles et édifices religieux*, Documents d'archéologie française nO 69, Paris, 1998.