

Les terres cuites architecturales comme sources d'information chronologique et technique des édifices avant l'an mil

Pierre Guibert, Christian Sapin, Sophie Blain, Maylis Baylé, Philippe Lanos, Emmanuelle Vieillevigne, Philippe Dufresne, Annick Chauvin, Stéphane Büttner, Daniel Prigent

▶ **To cite this version:**

Pierre Guibert, Christian Sapin, Sophie Blain, Maylis Baylé, Philippe Lanos, et al.. Les terres cuites architecturales comme sources d'information chronologique et technique des édifices avant l'an mil. 1er Colloque francophone sur l'histoire de la construction, Jun 2008, Paris, France. pp.421-428. halshs-00558053

HAL Id: halshs-00558053
https://shs.hal.science/halshs-00558053

Submitted on 3 Mar 2011

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.

Les terres cuites architecturales comme sources d'information chronologique et technique des edifices avant l'an mil.

Pierre Guibert[1], Christian Sapin[2],
Et Sophie Blain[1,3], Maylis Baylé[4], Philippe Lanos[1], Emmanuelle Vieillevigne[1],
Philippe Dufresne[1], Annick Chauvin[5], Stéphane Büttner[2], D.Prigent[6]

Résumé

A partir de l'étude d'un édifice phare de l'Ouest de la France (Eglise Notre-Dame sous Terre au Mont-Saint-Michel) mous montrons comment le couplage des études de bâti permettant l'identification d'ensembles maçonnés et leur chronologie relative, avec les méthodes de datation des terres cuites par thermoluminescence et archéomagnétisme, et des charbons de mortier par radiocarbone, aboutit à des informations particulièrement novatrices sur la chronologie de la production des briques, leur éventuel remploi ou sur leur production *ad nove*, mais aussi, plus inattendu, sur des éléments technologiques de leur production. Les orientations actuelles des recherches méthodologiques pour la datation physique des structures bâties sont également mises en perspective.

Face aux multiples questions posées par la construction médiévale et ses matériaux, l'archéologue du bâti un peu partout en Europe apporte progressivement des réponses en s'appuyant désormais de plus en plus sur l'archéométrie. Ainsi, la caractérisation des éléments fait partie désormais du passage obligé pour tendre vers une connaissance affinée du bâtiment conservé ou retrouvé en fouille. Depuis plusieurs années, cette archéologie des matériaux du bâti tend à se développer (Sapin, 1997, 2002) et plusieurs composants sont déjà l'objet d'attention et d'études par diverses équipes CNRS et universitaires (origine et taille des pierres, mortiers, enduits, fer ou plomb…), pour certaines au sein de PCR (Programme collectif de recherche du ministère de la Culture, notamment sur *Les matériaux de construction autour de l'an mil et critères de datation*) ou de PPF (Programme pluri-formation multi universitaire du MRES, "*Matériaux de construction : datation, caractérisation, évolution*"). Cela rejoint les préoccupations déjà amorcées autour des décors peints (Cf. Études des pigments par spectroscopie Raman par exemple) ou stuqués (Cf. Colloque international CNRS « *Stucs et décor de la fin de l'Antiquité au Moyen Âge, V^e^-XII^e^ siècle* », Poitiers, sept. 2004). A chaque interrogation sur ces matériaux correspond une problématique historique ayant pour souci également le contexte et sa datation précise.

La brique, élément de datation

Créé en 2005, un groupe de recherche européen (GDRE) *Terres cuites architecturales et nouvelles méthodes de datation (TCA médiévales et datation)*[7] est né de la nécessaire coordination entre les spécialistes de chronologie et les archéologues du bâti. Ils s'intéressent particulièrement à des monuments médiévaux antérieurs à l'an mil et comportant des éléments de terre cuite. Ces monuments sont pour

[1] Institut de recherche sur les archéomatériaux - Centre de recherche en physique appliquée à l'archéologie (IRAMAT-CRP2A) UMR 5060 CNRS Université de Bordeaux, Maison de l'Archéologie, 33607 Pessac cedex.
[2] Laboratoire Archéologie, culture et société - UMR 5594 CNRS Université de Bourgogne, 6 boulevard Gabriel - 21000 Dijon
[3] Luminescence Laboratory, Department of Archaeology, University of Durham – Dawson Building, South Road, Durham DH1 3LE – Grande-Bretagne
[4] Laboratoire de médiévistique occidentale de Paris (LAMOP) – UMR 8589 CNRS Université Panthéon-Sorbonne (Paris I), 17, rue de la Sorbonne – 75231 Paris cedex 05.
[5] Géosciences-Rennes - – UMR 6118 CNRS Université Rennes 1, Campus de Beaulieu, Bât. 15, CS 74205 - 35042 RENNES Cedex
[6] Service archéologique du département de Maine et Loire.
[7] Ce programme regroupe plusieurs laboratoires français et étrangers : voir annexe

plusieurs bien connus des spécialistes du Moyen Age mais ont éte datés la plupart du temps soit par les sources textuelles soit par une approche souvent subjective de leur forme. La présence de briques dans des appareils de construction en pierre, bien connue dès l'Antiquité, se retrouve dans bon nombre de ces constructions relevant ainsi d'un « appareil mixte » Il s'agit d'alternance de brique et de pierre dans les claveaux des arcs, la présence d'arases de briques dans les murs. Cette mise en œuvre se poursuit de façon diverse jusqu'au XII^{e} siècle. Pour l'Ouest, le Val de Loire, l'église de Saint-Eusèbe en Anjou, déjà remarquée par Arcisse de Caumont au XIX e s. , fournit un jalon vers les VI^{e}-VII^{e} siècles ; celle de Savennières (Maine-et-Loire), qui constitue un édifice des plus originaux avec son appareil complexe, mêlant arêtes de poisson, arases de briques et assises de moellons de roches métamorphiques locales reste mal datée, tout comme Vieux-Pont-en Auge en Normandie (Calvados). On peut également citer un certain nombre d'exemples émaillant le territoire : ainsi La Basse-œuvre à Beauvais, Saint-Pierre-aux-Nonnains à Metz, ou encore plusieurs sites en Rhône-Alpes. A Lyon même, l'appareil à arases de briques à Saint-Martin d'Ainay appartient à la seconde moitié du XII^{e} siècle tout comme la priorale de Ternay (Isère). Plus au sud, l'église de Saint-Romain-en-Gal, témoigne d'une utilisation semble-t-il plus ancienne (X^{e}-XI^{e} siècle), tout comme, plus à l'ouest, la priorale de Saint-Romain-le-Puy (Loire) vers la fin du X^{e} ou au début du XI^{e} siècle si l'on s'en tient aux critères traditionnels d'étude de ces constructions ou à leur chronologie relative. On peut être plus assuré pour l'architecture de régions à tradition de briques au Nord de l'Europe, en Angleterre, en Italie ou en Espagne où le XII^{e} siècle peut aussi marquer une nette mutation dans l'emploi de la brique, à l'origine d'une architecture novatrice dans l'Albigeois, la région toulousaine, le Dauphiné.

Dans le cadre du GDRE, entre spécialistes du Moyen Âge et chercheurs archéomètres, nous choisissons des monuments correspondant à des sites emblématiques de périodes charnières pour lesquelles les techniques de constructions sont encore mal connues et mal datées, traditionnellement attribuées aux périodes comprises entre le IX^{e} et le XI^{e} siècle (Baylé, 1997, 2000). Dans un premier temps, le choix s'est porté sur un ensemble d'édifices de l'Ouest de la France dont la plupart ont récemment fait l'objet d'étude du bâti avec des relevés et des premières analyses des mortiers. Il s'agit entre autres de la chapelle Notre-Dame-sous-Terre du Mont-Saint-Michel (Manche), des églises de Saint-Martin d'Angers (Maine-et-Loire), de Saint-Philbert de Grandlieu (Loire-Atlantique), de Vieux-Pont-en-Auge (Calvados) et de Rugles (Eure), et du château de Mayenne (Mayenne) qui avait fait l'objet d'une étude du bâti par nos collègues anglais Avant tout prélèvement, il est en effet souhaitable que l'échantillonnage soit précédé d'une étude archéologique des élévations.

Observer, dater et comprendre

Il s'agit ici, en partant des terres cuites architecturales, et en particulier de la brique utilisée comme matériau mixte au sein de la pierre, d'avancer un nouveau paramètre dans le champ des datations possibles, en posant les questions des remplois, des déplacements, des productions et en définitive de la place du composant dans une structure.

À partir d'édifices-phares pris dans l'Ouest de la France pour un premier programme, nous montrons comment le couplage des études de bâti et des méthodes de datation par thermoluminescence et archéomagnétisme sur terres cuites aboutit à des informations particulièrement novatrices sur la chronologie de la production des briques, leur éventuel remploi ou sur leur production *ad nove*. Plus inattendu, ce couplage nous apporte des informations sur des modalités de leur fabrication.

Cette approche pluridisciplinaire peut, à terme, remettre en question ou au contraire confirmer les datations traditionnelles reposant, souvent, uniquement sur un texte ou un élément stylistique. Il importe pour cela de développer les méthodes et de les croiser. L'intérêt de ce programme est moins l'écart subsistant encore dans les datations, que la combinaison des méthodes utilisées (tableau 1). Il s'agit en l'occurrence d'associer Carbone-14, Thermoluminescence, Luminescence Optiquement Stimulée, Archéomagnétisme.

La finalité pour les sciences humaines, en associant des spécialistes de l'archéométrie, des historiens de l'art, et des archéologues est de proposer une autre idée de l'histoire du monument. Celui-ci ne peut être considéré comme figé dans son élaboration car il révèle aussi les transformations sociales, religieuses et politiques de son temps. Il s'agit ainsi de mieux dater pour mieux comprendre.

Présentation succincte des méthodes de datation (archéomagnétisme et thermoluminescence)

L'archéomagnétisme repose sur la propriété du champ magnétique terrestre (CMT) de varier au cours du temps, en direction et intensité, et sur la propriété qu'ont les argiles d'enregistrer sous forme d'aimantation ce champ au cours du refroidissement consécutif à un chauffage supérieur à 700 °C (Lanos *et al*., 1999 ; Lanos 1994, 2002). La mesure de cette aimantation sur un ensemble de briques cuites à un même moment dans un four peut permettre de dater la cuisson de fabrication par comparaison aux courbes de variation de référence du CMT. La précision des résultats de datation obtenus à partir de la direction varie entre ± 50 à ± 100 ans. Pour la période considérée ici, l'objectif est d'acquérir de nouvelles mesures magnétiques (en direction et en intensité) sur des sites datés par la TL, le ^{14}C et l'archéologie, dans le but d'améliorer la courbe de variation de la direction du CMT et aussi de construire celle de l'intensité.

Méthode	Evénement recherché	Elément de maçonnerie concerné	Matériau support	Evénement daté
Carbone-14	édification	mortier	charbon de bois dans mortier	croissance de l'élément végétal
Thermoluminescence (TL) ou Luminescence optiquement stimulée (OSL)	production des briques	brique	quartz ou autres minéraux prélevés au coeur	dernier chauffage
Archéomagnétisme	production des briques	brique	oxydes magnétiques	dernier chauffage
Luminescence optiquement stimulée (OSL)	édification	brique	quartz ou autres minéraux en surface de la brique	dernière exposition à la lumière

Tableau 1 : Méthodes de datation mises en oeuvre dans le cadre du GdRE. L'application de l'OSL à la datation de surface est en cours de développement.

La thermoluminescence (TL) est l'émission de lumière induite par le chauffage d'un minéral préalablement irradié par des rayonnements ionisants. Les particules et photons de la radioactivité en cédant leur énergie au matériau, provoquent l'accumulation durable et progressive d'électrons (ou de lacunes électroniques) au niveau de défauts ponctuels des minéraux cristallisés (Aitken, 1985). Ce phénomène est exploité en chronologie pour la datation du dernier chauffage de minéraux, tels ceux contenus dans des briques, l'irradiation provenant de la radioactivité naturelle. Dater une brique par TL revient donc à déterminer le temps écoulé depuis sa production, ce que l'on sait faire aisément aujourd'hui, bien que l'obtention des résultats demeure encore assez longue (Guibert *et al*., 1998). On arrive au même résultat en utilisant une technique proche de la TL, la luminescence optiquement stimulée (OSL) (Bailiff et Holland, 2000) ; dans ce cas, une exposition à la lumière au laboratoire remplace le chauffage pour libérer les charges piégées. L'OSL permet donc, comme la TL de dater le dernier chauffage d'une brique avec les minéraux, des cristaux de quartz de préférence, prélevés dans sa partie interne (donc sa production s'il n'y a pas eu d'incendie depuis). L'OSL permet aussi d'accéder à la dernière exposition à la lumière. Si l'on prélève les quartz en surface, on parvient à dater l'insertion de la brique dans la maçonnerie et donc l'édification du mur, et non plus la seule production du matériau (Vieillevigne *et al*., 2006). Cependant, la complexité du processus d'échantillonnage et l'opacité des terres cuites restent un frein à la systématisation de cette approche. La datation de surface par OSL nécessite encore aujourd'hui d'importants développements méthodologiques, d'où l'importance d'un tel projet, car les historiens de l'art et les archéologues, sont aussi partie prenante des progrès réalisés grâce à ce groupe de recherche.

La précision atteinte en datation par luminescence dépend des propriétés des matériaux mis en œuvre ; en général, la datation d'un seul échantillon est connue avec une incertitude (1 écart-type) comprise entre 4 et 8 %, la multiplication des prélèvements sur lesquels s'effectuent au laboratoire des études indépendantes, permet de réduire cette incertitude, par exemple d'un facteur deux si l'on étudie quatre échantillons au lieu d'un seul cependant, le temps de travail est multiplié par quatre.

C’est ainsi que des datations objectives (radiocarbone, archéomagnétisme, thermoluminescence) peuvent être avancées. Aujourd’hui, les grands arcs à imbrication de Saint-Martin d'Angers, attribués au début du XI^{e} siècle depuis les publications de Fréderic Lesueur (1961), doivent être vieillies de plusieurs décennies, voire même d'un siècle selon les résultats préliminaires actuels. L'abbatiale Saint-Philbert-de-Grandlieu, en Loire-Atlantique, conserve, outre les arcs de la croisée et du chœur, dont la construction est attribuée au IX^{e} siècle, une nef dont l'appartenance au XI^{e} siècle apparaît aujourd'hui assurée. Ce type de traitement, dont le rôle n'est sans doute pas univoque, ne semble guère se poursuivre au-delà de ce dernier siècle.

Un exemple d'étude : Notre-Dame-sous-Terre au Mont-Saint-Michel (Manche) [8]

Etudié par Paul Goult en 1907, puis analysé et restauré par Yves-Marie Froidevaux (architecte en chef des Monuments historiques) en 1958, ce petit édifice à deux nefs (figure 1) situé sous l'abbatiale romane offre un appareil associant briques et pierres : les claveaux des baies, des arcades centrales et des tribunes sont faits de briques et la maçonnerie du mur de refend fait alterner moellons réguliers et rangs de briques. Notre-Dame-sous-Terre a fait l'objet de 1958 à 1965 d'importantes controverses (de Boüard, 1961; Froidevaux, 1961). Sa place dans l'histoire montoise, sa chronologie interne, ses relations avec son environnement architectural posent problème. À quelle date situer sa construction par rapport aux jalons historiques fournis par les sources ?

- l'arrivée des Bénédictins qui remplacent les chanoines en 965,
- le sinistre qui détruit l'abbatiale préromane entre 991 et 1009,
- la construction de l'église romane élevée à partir de 1023, achevée vers 1085, reprise par suite d'un effondrement du côté nord en 1103.

L’étude archéologique du bâti (analyse des maçonneries, des joints, mortiers et enduits) montre un hiatus entre le pourtour de l'édifice d'une part et le mur de refend longitudinal d'autre part. La structure à deux nefs fut-elle décidée dès l'origine malgré cette constatation ou bien est-elle le résultat d'une insertion plus tardive du mur de refend et des chapelles hautes ? Si oui, quel rapport entre ces modifications et la construction de l'église romane ? Autant de questions que les recherches récentes permettent d'aborder sur des bases nouvelles.

Les datations par thermoluminescence (Blain *et al*., 2007) réalisées à partir des grains de quartz extraits des briques, montrent pour l'ensemble des maçonneries testées que la production des briques a eu lieu dans le courant du X^{e} siècle, à l'exception d'un échantillon prélevé dans la galerie supérieure dont la date significativement plus ancienne que les treize autres pourrait être l'indice d'un remploi d'un matériau confectionné environ deux siècles plus tôt (tableau 2). Les échantillons appartiennent à deux ensembles maçonnés, le pourtour de l'édifice et le mur de refend. On définit ainsi deux phases de construction. Les âges moyens obtenus pour la production des briques (on suppose que chaque phase d'aménagement est de courte durée et que les productions de briques correspondantes sont contemporaines) sont les suivants :

phase 1 (8 datations) 952 ± 26 ap. J.-C.
phase 2 (5 datations) 986 ± 31 ap. J.-C.

L'incertitude sur les dates correspond à un écart-type. Ce dernier ne caractérise que la variabilité des mesures. Les dates TL moyennes tendent à se séparer chronologiquement dans le sens conforme à l'étude architecturale, avec une probabilité très voisine de 80 %.

Les datations radiocarbone des maçonneries (tableau 3) sont en général concordantes avec les datations TL des briques, à l'exception d'un élément de maçonnerie, la fenêtre 65 (Lyon-2377) pour laquelle une plus grande ancienneté du charbon est attestée par rapport à la TL, d'une part, et par rapport aux autres charbons des maçonneries de la même phase architecturale, d'autre part. Cet écart de 100 à 200 années par rapport à l'âge de cuisson des briques peut s'expliquer par un effet "vieux bois" particulièrement visible pour cet échantillon. La comparaison des séries de dates à la figure 1 montre globalement un accord entre les âges radiocarbone et ceux de la thermoluminescence, les recouvrements se situant au X^{e} siècle. Les

[8] Résumée d’un article à paraître dans *Archéologie Médiévale* (Sapin *et al*., sous presse)

datations radiocarbone effectuées dans les parties romanes sont très significativement plus tardives : elles recouvrent le XI^{e} et la première moitié du XII^{e} siècles.

Brique	**Dates (ap. J.-C.) $\pm1\sigma_{total}$ (ans)**	**écart-type (ans)**	**Maçonnerie**	**Dates moyennes (ap. J.-C.) $\pm1\sigma_{total}$ (ans)**	**écart-type (ans)**	**Phase**	**Dates moyennes par phase (ap. J.-C.) $\pm1\sigma_{total}$ (ans)**	**écart-type (ans)**
Bdx8853	947±131	125	fenêtre n°65	985±68	56	1	**952±47**	**26**
Bdx8854	1049±93	86						
Bdx8856	947±100	92						
Bdx8866	941±89	79	fenêtre n°66	941±89	79			
Bdx8861	946±85	76	fenêtre n°62	958±52	36			
Bdx8862	962±75	41						
Bdx8858	916±86	76	fenêtre n°73	899±80	69			
Bdx8859	832±168	162						
Bdx8864	1054±75	67	absidiole n°27	1021±62	50	2	**986±48**	**31**
Bdx8865	985±85	76						
Bdx8863	954±75	64	absidiole n°22	954±75	64			
Bdx8851	994±75	68	mur médian	977±61	50			
Bdx8857	958±82	73						
Bdx8860	716±84	70	voûte de la galerie supérieure	716±84	70	?		

Tableau 2: Dates individuelles des échantillons, dates moyennes pondérées par maçonnerie en supposant la contemporanéité des productions, et dates moyennes pondérées des phases architecturales. Les écarts-types correspondants sont présentés ainsi que la composante statistique de l'incertitude (tableau extrait de Blain et al. sous presse). Celle-ci sert de base de comparaison pour l'estimation de la contemporanéité ou de l'écart chronologique entre les structures maçonnées datées.

L'étude archéomagnétique a montré l'absence d'arrangement régulier des briques lors de leur cuisson, contrairement à ce que l'on observe pour l'époque romaine et, plus tard, pour les derniers siècles du Moyen Âge. Malgré le grand nombre d'échantillons prélevés cette absence a empêché la datation archéomagnétique classique à partir de l'inclinaison du CMT. Cependant, des informations d'ordre technologique ont été obtenues. L'hypothèse d'un incendie ayant été exclue, après analyse du signal archéomagnétique des briques (pas d'aimantations secondaires détectées lors des désaimantations thermiques au laboratoire) et étude TL d'échantillons de mortiers (on a vérifié que les grains de sable des mortiers n'avaient pas été chauffés), il restait la possibilité d'une cuisson sans ordonnancement particulier. La restitution des positions de cuisson des briques, par simulation 3D, indique qu'une cuisson en meule a fort probablement été réalisée, avec un empilement des briques selon des pendages très variés autour d'une position dominante sur tranche.

L'intérêt de ces résultats est manifeste. Ils confirment pour Notre-Dame-sous-Terre du Mont-Saint-Michel les données de l'analyse du bâti et datent définitivement l'édifice du X^{e} siècle. Ils montrent l'existence d'une différence de phase plus ou moins importante entre l'enveloppe et la structure centrale de la chapelle avec une forte probabilité pour que la seconde phase de travaux soit imputable au changement de statut religieux du site. Ils prouvent en outre la fabrication de briques lors de la construction de Notre-Dame-sous-Terre et infirment la théorie généralement admise que seules des briques gallo-romaines de remploi sont utilisées par les constructeurs des X^{e} et XI^{e} siècles. Il s'agit ici d'une fabrication artisanale, nettement différente de ce qui se pratiquait dans l'Antiquité, sans doute maladroite mais instructive sur les techniques utilisées vers l'an mil. Pour l'historien, ces recherches contribuent à éclairer d'un jour nouveau l'importance du X^{e} siècle, période trop longtemps négligée en raison des lacunes de nos connaissances. Cette étude permet désormais de placer la construction de Notre-Dame sous Terre parmi les sites de références pour d'autres constructions identiques.

Maçonnerie	Référence de la datation	Age BP	Intervalle de confiance (95%)
phase 1			
fenêtre 65	Lyon-2377 (OxA)	1235±40	686-890
maçonnerie 63G	Lyon-3131 (Poz)	1100±30	891-1000
maçonnerie 63	Lyon-3130 (Poz)	1140±30	782-981
maçonnerie 24	Lyon-3127 (Poz)	1100±30	888-999
phase 2			
maçonnerie 45	Lyon-3128 (Poz)	1065±35	897-1021
maçonnerie 18	Lyon 2381 (OxA)	1165±35	778-977
maçonnerie 19	Lyon-2374 (OxA)	1120±40	783-1015
maçonnerie 50	Lyon-2375 (OxA)	1120±40	783-1015
maçonnerie 58	Lyon-2376 (OxA)	1110±40	784-1016
partie romane			
maçonnerie 2	Lyon-2373 (OxA)	985±40	985-1158
maçonnerie 56	Lyon-3129 (Poz)	1020±30	981-1146

Tableau 3 : Datations radiocarbone de charbons de bois extraits de mortiers de Notre-Dame-sous-Terre.

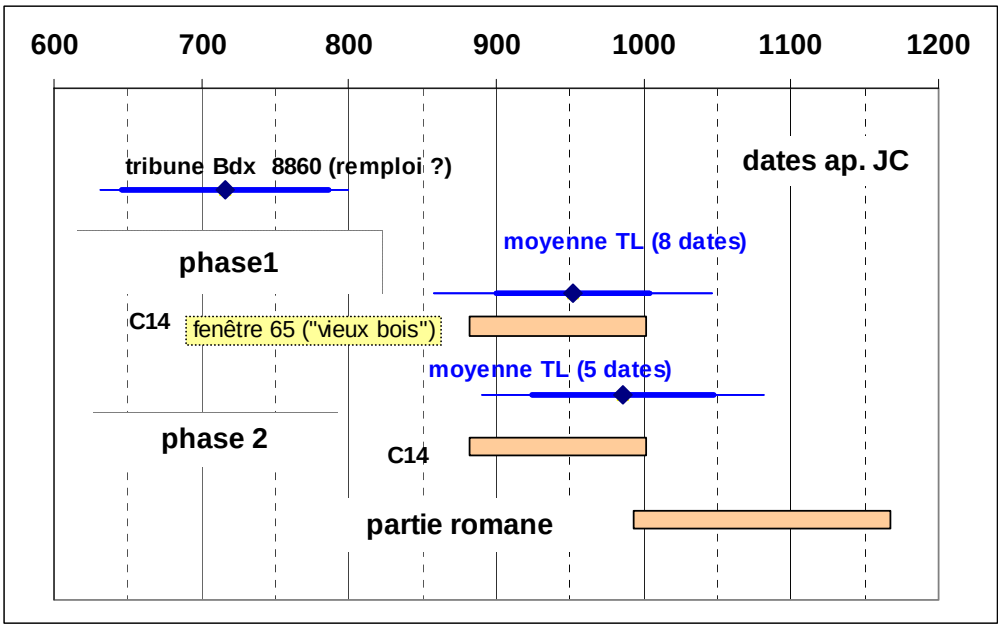


Figure 1 : Représentation graphique des datations TL et C14 obtenues à Notre-Dame-sous-Terre pour les parties pré-romanes et romanes. La barre d'erreur des dates TL moyennes correspond à un écart-type (incertitude statistique en double épaisseur, totale en simple épaisseur). L'ensemble des intervalles de confiance à 95% de probabilité du radiocarbone est schématisé par les barres larges (date minimale - date maximale). Le radiocarbone datant la branche qui a fourni le charbon, les datations correspondantes doivent être considérées comme un terminus post-quem vis-à-vis de l'édification des maçonneries. Il en est de même en toute rigueur pour l'âge de cuisson des briques par TL, cependant, un faisceau d'indices, notamment avec les résultats de l'archéomagnétisme, tend à montrer qu'il s'agit de petites productions qui selon toute vraisemblance sont liées à l'édification de Notre-Dame-sous-Terre.

Pour l'histoire de la construction en général, ce travail en commun et le croisement des résultats ont permis une réflexion approfondie sur la signification des datations et leur lien avec les événements recherchés (facture des matériaux, édification des maçonneries). Après l'étude des mortiers et les analyses C14 des charbons de bois, le couplage entre thermoluminescence et archéomagnétisme a apporté des éléments chronologiques et techniques très novateurs aussi bien pour le Mont-Saint-Michel que pour Saint-Martin d'Angers. A terme, ces méthodes devraient renouveler considérablement notre regard sur les plus

anciennes constructions.

Remerciements :

Support financier : Université de Bordeaux 3, CNRS Direction des Relations Internationales, CNRS-SHS, Conseil Régional d'Aquitaine, DRAC-SRA Basse-Normandie, Haute-Normandie, Pays-de-la-Loire, et Aquitaine, Conseil Général du Maine-et-Loire, Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur.

Références :

M.J. Aitken, *Thermoluminescence Dating*, Academic Press, London, 1985.

Ph.Araguas, « Brique et architecture dans l'Espagne médiévale (XIIe-XVe siècle) », Casa Velazquez, Madrid, 2000

I.K.Bailiff, N. Holland, « Dating bricks of the two last millennia from Newcastle upon Tyne: a preliminary study », *Radiation Measurements*, vol. 32, 2000, p. 615- 619.

M. Baylé, « Norman Architecture towards the Year 1000 », *Proceedings of the Battle Conference (Anglo-Norman Studies) 1999*, 2000, Woodbridge.

M. Baylé, « La brique dans l'architecture préromane et romane de Normandie », *Medieval Archaeology, Brugge 97, Congrès international, Bruges 1997*, T.7.

S. Blain, P. Guibert, A. Bouvier, E. Vieillevigne, F. Bechtel, C. Sapin, M. Baylé, « TL-dating applied to building archaeology: the case of the medieval church Notre-Dame-sous-Terre (Mont-Saint-Michel, France) », *Radiation Measurements*,vol. 42, 2007, p. 1483-1491

M. de Boüard, , L'église Notre-Dame-Sous-Terre au Mont-Saint-Michel : essai de datation », *Journal des Savants*, 10-27, 1961.

R. Early, « Méthodologie, systèmes d'analyses et enregistrement archéologique. L'exemple du château de Mayenne » *Actes des Journées d'Archéologie en Province de Liège, 24-25 nov. 2000*, Liège, 2001, p. 45-63.

R. de Filippo, « La brique et les matériaux de construction en terre cuite à l'époque romaine » in *La construction : les matériaux durs : pierre et terre cuite*, Paris, 2004, p. 97-116.

Y.-M. Froidevaux, « L'église Notre-Dame-sous-Terre de l'abbaye du Mont-Saint-Michel », *Les Monuments Historiques de la France*, 1961, p. 145-166.

D. Gandreau, « L'architecture de brique et la création architecturale au Moyen Âge, Comment construisait-on au Moyen Âge ? » , *Dossiers d'Archéologie*, n° 251, 2000, p. 22-26.

P. Guibert, C. Ney, F. Bechtel, M. Schvoerer, Ph. Araguas, « Datation par thermoluminescence d'éléments architecturaux en terre cuite de la Seo del Salvador, cathédrale de Saragosse (Espagne) », *Revue d'Archéométrie*, 22, 1998, p. 125-135.

Ph. Lanos, « Pratiques artisanales des briquetiers et archéomagnétisme des matériaux d'argile cuite. Une histoire de positions de cuisson », *Histoire & Mesure*, IX - 3/4, 1994, p. 287-304.

Ph. Lanos, M. Kovacheva, A. Chauvin, « Archaeomagnetism, methodology and applications : implementation and practice of the archaeomagnetic method in France and Bulgaria » , *European Journal of Archaeology*, vol. 2(3), 1999, p. 365-392.

Ph. Lanos, « Sites du Château Aurélien et du Gargalon: analyses archéomagnétiques de deux lots de briques » *chap. 7 : chantiers et bâtisseurs, in L'aqueduc romain de Fréjus, sa description, son histoire et son environnement, dir. Ch. Gébara et J.-M. Michel, Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 31, 2002, p. 225-233.

F. Lesueur, « Saint-Martin d'Angers, la Couture du Mans, Saint-Philbert de Grandlieu et autres églises à éléments de brique dans la région de la Loire » , *Bulletin Monumental*, 119, 1961, p. 211-242.

C. Sapin, « Archéologie et monuments historiques : pour un langage commun », *Archéologie des élévations dans les études et les travaux des Monuments Historiques, Fontevraud, Histoire et archéologie* n°4, 1995-96, ed. 2001, 1997, p. 83-86.

C. Sapin, « Archéologie de l'architecture carolingienne en France : état de la question », *Hortus Artium medievalium, Zagreb-Motovun*, 2002, p.57-70.
C. Sapin, M. Baylé, S. Büttner, P. Guibert, S. Blain, Ph. Lanos, A. Chauvin, Ph. Dufresne, C. Oberlin, « Archéologie du bâti et archéométrie au Mont-Saint-Michel, nouvelles approches de Notre-Dame-sous-Terre » *Archéologie Médiévale*, 2008 sous presse.
E. Vieillevigne, P. Guibert, A.R. Zuccarello, F. Bechtel, « The Potential of Optically Stimulated Luminescence for medieval building; a case study at Termez (Uzbekistan) », *Radiation Measurements*, 41, 2006, p. 991-994.

Annexes :

Le GDRE réunit des laboratoires du CNRS :
- Laboratoire Archéologie, terre, histoire, sociétés, ARTeHIS-UMR 5594 CNRS - Université de Dijon : Stéphane Büttner, Christian Sapin
- Laboratoire de médiévistique occidentale de Paris (LAMOP) – UMR 8589 : Maylis Baylé
- Institut de recherche sur les archéomatériaux - Centre de recherche en physique appliquée à l'archéologie (IRAMAT-CRPAA), UMR 5060, CNRS - Université Michel de Montaigne (Bordeaux 3) : Sophie Blain (doctorante), Philippe Dufresne, Pierre Guibert, Philippe Lanos, Claude Ney, Armel Bouvier (doctorant).
- Géosciences-Rennes, UMR 6118 CNRS - Université Rennes 1 : Annick Chauvin
- Laboratoire d'Archéométrie et archéologie : origine, datation et technologies des matériaux, UMR 5138 CNRS - Université Lumière (Lyon II) : Christine Oberlin, Anne Schmitt
- Laboratoire de Chronolo-écologie de Besançon – UMR 6565 CNRS - Université de Franche-Comté.

Et des équipes partenaires européennes :
- Centre européen d'archéométrie, université de Liège (Directeur : Patrick Hofsummer) ,
- Luminescence Laboratory, Department of Archaeology, University of Durham – Grande-Bretagne Directeur : Ian Bailiff ; Sophie Blain (doctorat cotutelle Bordeaux 3 - Durham), Tom Gurling (doctorant)
- Centro Universitario per le Datazioni Milano Bicocca, Laboratorio di Luminescenza, Milan – Italie, Chercheurs : Marco Martini, Laura Panzeri (doctorante), Emanuela Sibilia ;
- LDL 1 BBCC (Laboratorio di Datazione mediante Luminescenza e di Metodologie Fisiche applicate ai Beni Culturali) , Università di Catania, Dipartimento di Fisica e Astronomia, Catane – Italie , Chercheurs : Olindo Troja, Anna Gueli.

Sont également associés au projet :

Le Laboratoire des Monuments Historiques, et le Service départemental d'archéologie de Maine-et-Loire, en relation avec les services de l'État concernés dans les DRAC (Service régional de l'Archéologie et Monuments historiques).

Contacts :

Maylis Baylé, UMR 8589 CNRS-Université de Paris 1, 3 rue Michelet 75006

Sophie Blain, UMR 5060 CNRS-Université de Bordeaux 3 et Luminescence laboratory, Dpt of Archaeology, University of Durham, doctorante cotutelle Bordeaux 3 - Durham, allocataire CNRS-Région Aquitaine,

Pierre Guibert, UMR 5060 CNRS-Université de Bordeaux 3, dir. IRAMAT-CRPAA, coordinateur adjoint du GdRE,

Philippe Lanos (UMR 5060 CNRS-Université de Bordeaux 3),

Christian Sapin, ARTeHIS-UMR 5594 CNRS-Université de Bourgogne, responsable du projet,