

Durham E-Theses

*Ceramic building materials in early medieval churches
in north-western France and south-eastern England.
Application of luminescence dating to building
archaeology.*

BLAIN, SOPHIE,EMILIE,LEA

How to cite:

BLAIN, SOPHIE,EMILIE,LEA (2009) *Ceramic building materials in early medieval churches in north-western France and south-eastern England. Application of luminescence dating to building archaeology.* , Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/151/>

Use policy

The full-text may be used and/or reproduced, and given to third parties in any format or medium, without prior permission or charge, for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes provided that:

- a full bibliographic reference is made to the original source
- a link is made to the metadata record in Durham E-Theses
- the full-text is not changed in any way

The full-text must not be sold in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

Please consult the [full Durham E-Theses policy](#) for further details.

THÈSE
présentée devant
L'UNIVERSITÉ de BORDEAUX
Ecole doctorale Humanités

pour l'obtention des titres de

Docteur de l'Université de Bordeaux, France

&

PhD University of Durham, Grande-Bretagne

Sciences archéologiques / Archaeology

par

SOPHIE BLAIN
Maître ès Lettres

**Les terres cuites architecturales des églises du haut Moyen Age dans le
nord-ouest de la France et le sud-est de l'Angleterre.
Application de la datation par luminescence à l'archéologie du bâti.**

**Ceramic building materials in early medieval churches in north-western
France and south-eastern England.
Application of luminescence dating to building archaeology.**

Soutenue le 28 avril 2009 devant la Commission d'Examen

Rapporteurs

M. Didier MIALLIER Professeur, Université de Clermont-Ferrand
M. Christian SAPIN Directeur de Recherche, CNRS, UMR 5594

Examinateurs

M. Philippe ARAGUAS Professeur, Université Michel de Montaigne - Bordeaux
M. Andrew MILLARD Senior Lecturer, University of Durham, Royaume Uni
M. David STOCKER English Heritage, Royaume Uni

Directeurs de thèse

M. Ian BAILIFF Professeur, University of Durham, Royaume Uni
M. Pierre GUIBERT Ingénieur de Recherche CNRS, HDR, UMR 5060

Remerciements

Je souhaite remercier l'ensemble des deux équipes de recherche qui m'ont accueillie : l'équipe de CRP2A à Bordeaux et le Department of Archaeology à Durham, ainsi que le Centre National de la Recherche Scientifique, la Région Aquitaine et le programme Alliance (Egide) pour leur soutien financier.

I would like to express my gratitude for advice and help given to me while I was working on this thesis. I would like especially to thank Ian K.Bailiff, Pierre Guibert, Pam Graves and Sarah Semple for supervising and reading this thesis and to thank them and Prof. Rosemary Cramp, Maylis Baylé, Daniel Prigent, Christian Sapin for giving up their time to discuss the subject and answer my questions.

Thank you to Sandra Garside-Neville, Andrew Morrisson, Rev. Jon Partridge, Rev. Susan Cooper, Rev. Noelle Hall, Rev. Jan Dash and Paul Sealey who believed in the interest of this study and allowed me sampling materials from the archives of the Museum of York or from the masonries of the churches they were in charge of.

I would like to thank also Gerard Lynch, Peter Minter, Pat Ryan and John F. Potter and of course my workmate Tom Gurling for having spent a lot of time discussing about historic bricks.

Merci à Françoise Bechtel pour m'avoir introduite la première dans le milieu anglo-saxon de la luminescence.

I am grateful to the members of the panel who accepted to read and advise this work: Christian Sapin, Didier Miallier, Philippe Araguas, Andrew Millard and David Stocker.

Un grand merci à tous mes amis, je leur suis profondément reconnaissante du soutien et de la confiance qu'ils m'ont témoignés au cours de ces trois dernières années : mes collègues de bureau : le rasta-chanteur Fred et son successeur : FD-Laeti, le ronchon Manu-boy, Manue-girl qui a grandement participé aux relectures du manuscrit, Marion-la-basque qui va incessamment sous peu dépasser les limites temporelles, Béa : son arbitrage infaillible et ses carreaux-lapins, Céline O et ses « aligato » ; les « autres » du bureau 8 : mon frère d'armes Memel l'invincible, l'homme-croquette cataplasique FX, Céline L (merci pour la carte !), la toujours souriante Agnès, le nouveau métalleux Ziad, la péruvienne Carolita, la visiteuse Nanou ; la jeune maman Clairette. Un grand merci à l'attachante Chri pour sa disponibilité et son écoute, à Steph, Ayed, Guillaume, Aurélie, Laetitia M et Anne pour leur amitié, Guy et Pierre pour leur sourire et leur aide, merci à Nadia pour ses coups de mains en pétro, Yannick pour le MEB et Claude pour tous les services rendus. Sans oublier les expatriés de Rennes : Philippe L. (merci pour les dépannages bayésiens de dernière minute), Philippe D. et Gwen. Un spécial *teşekkür ederim* à Céline T, ma colocataire et re-lectrice.

For the English side, I'd like to thank Scott for his help and his kindness, my officemate Matt Whintcop, my precious friends Eleanor, Michelle, Thomas the French and his wife Jill, Rosa, Tom "Blanc", Aihua, l'Homme-de-R, Abby, Liam, Aki, Chris D, Kristen, Arthur...

Merci papa et maman pour votre soutien, votre patience et votre confiance, ainsi que mon petit frère Ludo. A LN pour sa longue amitié. Merci à Chris Simpson qui a également porté cette thèse pendant ces trois dernières années.

Merci à tous ces gens du fond du cœur qui ont partagé cette expérience avec moi et qui m'ont toujours encouragée.

AVANT-PROPOS

Jusque dans les années 1960, l'architecture religieuse du haut Moyen Age a été victime du peu d'intérêt que lui a porté l'archéologie. Ce manque d'engouement a entraîné un réel besoin pour l'amélioration des connaissances de cet art. Très liée avec le pouvoir civil et la société médiévale en pleine effervescence, l'architecture religieuse du haut Moyen Age en constitue le reflet matériel et l'un des rares témoins de cette période qui nous soit parvenu. Elle n'est pas figée mais bien dynamique, en particulier au cours de la période charnière comprise entre le IX^e et le XI^e siècle où s'esquisse transfert et nouveauté.

L'une des caractéristiques de cette architecture est l'utilisation de terres cuites architecturales dans la construction, dont l'emploi débute à l'Antiquité et se poursuit jusqu'au XI^e-XII^e siècle. Cette particularité architecturale est notamment visible dans des zones touchées par les traditions romaines et en particulier dans le nord-ouest de la France et le sud-est de l'Angleterre, qui bénéficient de surcroît d'une concentration de monuments pour le haut Moyen Age. D'autre part, ces régions de proches contacts ont souvent exercé des influences artistiques mutuelles.

L'un des objectifs de ce travail est donc d'estimer les caractères communs des tendances architecturales et des choix techniques. Pour ce faire, il s'avère nécessaire de préciser le positionnement chronologique de certains édifices qui constituent des repères architecturaux. L'errance des datations des édifices religieux du haut Moyen Age, traditionnellement attribuées à partir de sources écrites, a entraîné le développement de l'archéologie du bâti et le recours à l'archéométrie. Le couplage des deux disciplines ouvre désormais de nouvelles perspectives pour la compréhension des monuments. Parmi ces méthodes, la datation par luminescence appliquée aux matériaux de construction en terre cuite présente un attrait particulier. Elle contribue à l'archéologie du bâti (mieux dater permettant de mieux comprendre) et en retour son emploi dans ce but spécifique permet de tester la méthode et d'en améliorer le potentiel.

C'est dans cette double optique archéologique et archéométrique que s'est inscrit ce travail de thèse. Il a bénéficié d'un contexte favorable puisqu'il s'intègre dans le cadre du Groupe de Recherche Européen (dirigé par Christian Sapin et Pierre Guibert) qui réunit des spécialistes de disciplines variées (archéologie, histoire de l'art, datation par radiocarbone, dendrochronologie, archéomagnétisme, luminescence) et de différentes institutions (Universités françaises, anglaise, italiennes, CNRS, ...) sur le thème des « Terres Cuites Architecturales et nouvelles méthodes de datation ». Cet aspect européen s'est vu renforcé par la cotutelle qui a été mise en place pour cette thèse entre les deux universités de Durham en Angleterre et de Bordeaux en France.

Dans un premier temps, quelques rappels sur les situations politiques et religieuses de la période comprise entre le IX^e et le XI^e siècle en France et en Angleterre seront exposés, ainsi que l'architecture et ses composantes qui leur sont associées. Une deuxième partie sera consacrée à la présentation et la définition de la méthode de datation par luminescence. Ces éléments de base permettront de mieux aborder par la suite les études de cas des douze sites

français et anglais qui ont été retenus pour ce travail de recherche sur la chronologie. Pour terminer, une étude détaillée du mode d'utilisation des terres cuites architecturales au haut Moyen Age sera proposée ainsi qu'une tentative d'interprétation de ce choix architectural.

FOREWORD

Until the 1960's, early medieval religious architecture suffered from a general lack of interest by the field of archaeology resulting in a real need for the improvement in knowledge of this often-misinterpreted art. Initially considered as outmoded or backward, early medieval architecture is actually dynamic, particularly the transition period between the 9th and the 11th centuries marked by its themes of transference and novelty. Intrinsically linked with the flowering medieval society and civil power, it constitutes a material reflection of the time and one of the rare witnesses of this period still standing today.

One of the features of this architecture is the use of ceramic building materials in the masonry, a technique from the Antiquity that can be observed continuing into the 11th and 12th centuries. This architectural characteristic is visible in areas touched by Roman traditions and particularly in north-western France and south-eastern England, which also benefit from a substantial concentration of early medieval buildings. Moreover, these regions have often influenced each other due to their geographical proximity.

One of the aims of this work is, therefore, to identify similar architectural tendencies and examine the technological choices made in the construction of the buildings under analysis. In order to achieve this, it is necessary to accurately position key-buildings in the architectural chronology.

The somewhat vague dates assigned to early medieval religious buildings traditionally inferred from written records highlights the need for building archaeology techniques and dating methods to work in conjunction with each other, allowing a new and more detailed understanding of the buildings in question. Amongst these methods, luminescence dating applied to ceramic building materials is particularly attractive. Not only does it contribute to building archaeology through more precise dating, but its use in this specific aim also presents an opportunity to thoroughly test the method and essentially improve its potential.

The present doctoral work is in line with this dual objective and benefits from its unique position within the framework of both the GdRE (European Group of Research, supervised by C.Sapin and P.Guibert), which gathers experts of various fields (archaeology, history of art, C14 dating, archaeomagnetism, dendrochronology, luminescence dating) and various academic institutions (English, French, Italian universities, CNRS...). Furthermore, the work constitutes a dual PhD between the universities of Durham (UK) and Bordeaux (F).

The first part of the study will examine aspects of the political and religious contexts of the period between the 9th and the 11th century, as well as the associated architecture and its components. The second part will be devoted to the presentation and the definition of the luminescence dating method. Bringing together these elements will enable the twelve case studies from French and English sites selected for this chronology research work to be addressed in detail. Finally, a detailed study of the mode of use of ceramic building materials will be presented and an interpretation of this architectural choice will be attempted.

TABLE DES MATIERES

Partie 1 - Présentation du contexte d'étude	
Chapitre 1 : Cadres géographique et historique	3
I) Situation géographique	3
II) Contexte politico-historique	5
III) Contexte religieux	7
Chapitre 2 : Architecture des édifices religieux	9
I) Historiographie	9
II) Evolution architecturale de l'église	11
III) Caractéristiques architecturales	12
Chapitre 3 : Place de la brique dans l'architecture du haut Moyen Age	23
I) Historique de la terre cuite architecturale	23
II) Caractéristiques des briques	24
III) L'utilisation de terres cuites dans l'architecture religieuse du haut Moyen Age	28
Chapitre 4 : Archéologie de l'architecture médiévale	32
I) Les analyses de terrain	32
II) Les analyses au laboratoire	33
III) Croisement des méthodes	35
English summary	37
Partie 2 - Méthodologie de la datation par luminescence des terres cuites	
Chapitre 5 : Etapes préliminaires à l'étude des échantillons	48
I) Prélèvement sur le terrain	48
II) Préparation au laboratoire	48
Chapitre 6 : Caractérisation du matériel à dater	49
I) Etude de la texture	49
II) Identification de la nature des grains	51
Chapitre 7 : Datation par luminescence stimulée	53
I) Le phénomène de luminescence et datation	53
II) Mise en œuvre : détermination de la paléodose	57
III) Détermination de la dose annuelle	71
IV) Exploitation des résultats	80
English summary	82
Partie 3 : Etudes de cas français	
Chapitre 8 : Eglise abbatiale de Saint-Philbert-de-Grandlieu	93
I) Présentation	93
II) Datation par TL de la cuisson des briques	101
III) Discussion	116
English summary	119
Chapitre 9 : La collégiale Saint-Martin à Angers	121
I) Présentation	121
II) Datation par TL de la cuisson des briques	129
III) Discussion	136
English summary	137
Chapitre 10 : Notre-Dame-sous-Terre, Mont-Saint-Michel	139
I) Présentation	139

II) Datation par TL de la cuisson des briques	147
III) Discussion	154
English summary	156
Chapitre 11 : Eglise Notre-Dame-Outre-l'Eau, Rugles	159
I) Présentation	159
II) Datation par luminescence de la cuisson des briques	165
III) Discussion	176
English summary	178
Chapitre 12 : Eglise Paroissiale Saint-Martin, Condé-sur-Risle	181
I) Présentation	181
II) Datation par luminescence de la cuisson des briques	184
III) Discussion	195
English summary	196
Chapitre 13 : Eglise Saint-Aubin, Vieux-Pont-en-Auge	199
I) Présentation	199
II) Datation par luminescence de la cuisson des briques	203
III) Discussion	209
English summary	210

Partie 4 - Etudes de cas anglais

Chapitre 14 : Eglise Saint-Martin, Canterbury	221
I) Présentation	221
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	232
III) Discussion	235
English summary	237
Chapitre 15 : Eglise Saint-Margaret of Antioch, Lower Halstow	239
I) Présentation	239
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	246
III) Discussion	248
English summary	249
Chapitre 16 : Eglise Saint-Margaret, Darenth	251
I) Présentation	251
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	255
III) Discussion	259
English summary	260
Chapitre 17 : Eglise Holy Trinity, Colchester	261
I) Présentation	261
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	269
III) Discussion	271
English summary	272
Chapitre 18 : Eglise Saint-Martin de Tours, Chipping Ongar	273
I) Présentation	273
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	279
III) Discussion	283
English summary	285
Chapitre 19 : Les carreaux de pavement de l'Eglise All Saints, York	287
I) Présentation	287
II) Datation par OSL de la cuisson des briques	294
III) Discussion	297
English summary	299

Partie 5 – Le mode d'utilisation des terres cuites architecturales

Chapitre 20 : Etendue chronologique du remploi de TCA romaines dans le sud-est de l'Angleterre	305
Chapitre 21 : Distribution spatiale des TCA de remploi dans le sud-est de l'Angleterre	
I- Matériel et méthode	310
II) Analyse des variables qui ont spatialement influencé le remploi	313
Chapitre 22 : Positionnement des TCA dans la maçonnerie	315
Chapitre 23 : Propositions d'interprétation des raisons du remploi	319
I) Choix esthétiques	319
II) Volonté éthique	321
III) Logiques économiques	327
IV) Utilité fonctionnelle	328
English summary	331

Partie 6 – Bilan & Perspectives

Chapitre 24 : La datation par luminescence des terres cuites architecturales	347
I) Démarche méthodologique	347
II) Bilan des résultats de l'application de la luminescence à la datation des TCA des églises du haut Moyen Age	348
III) Intercomparaison	349
Chapitre 25 : Datation, architecture et TCA	351
I) Contribution à l'histoire de l'architecture entre le IX ^e et le XI ^e siècle	351
II) Les TCA, témoins de la culture matérielle	353
Chapitre 26 : Conclusions et perspectives	356
English summary	358
Bibliographie	367

Annexes

Annexe 1 : Chaines de désintégration de l'uranium, du thorium et du potassium	395
Annexe 2 : Eglises du haut Moyen Age dans le sud-est de l'Angleterre	397
	399

PARTIE 1

PRESENTATION DU CONTEXTE D'ETUDE

CHAPITRE 1
CADRES GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

CHAPITRE 2
ARCHITECTURE DES EDIFICES RELIGIEUX

CHAPITRE 3
PLACE DE LA BRIQUE DANS L'ARCHITECTURE DU HAUT MOYEN AGE

CHAPITRE 4
ARCHEOLOGIE DE L'ARCHITECTURE MEDIEVALE

ENGLISH SUMMARY

CADRES GEOGRAPHIQUE ET HISTORIQUE

I) Situation géographique

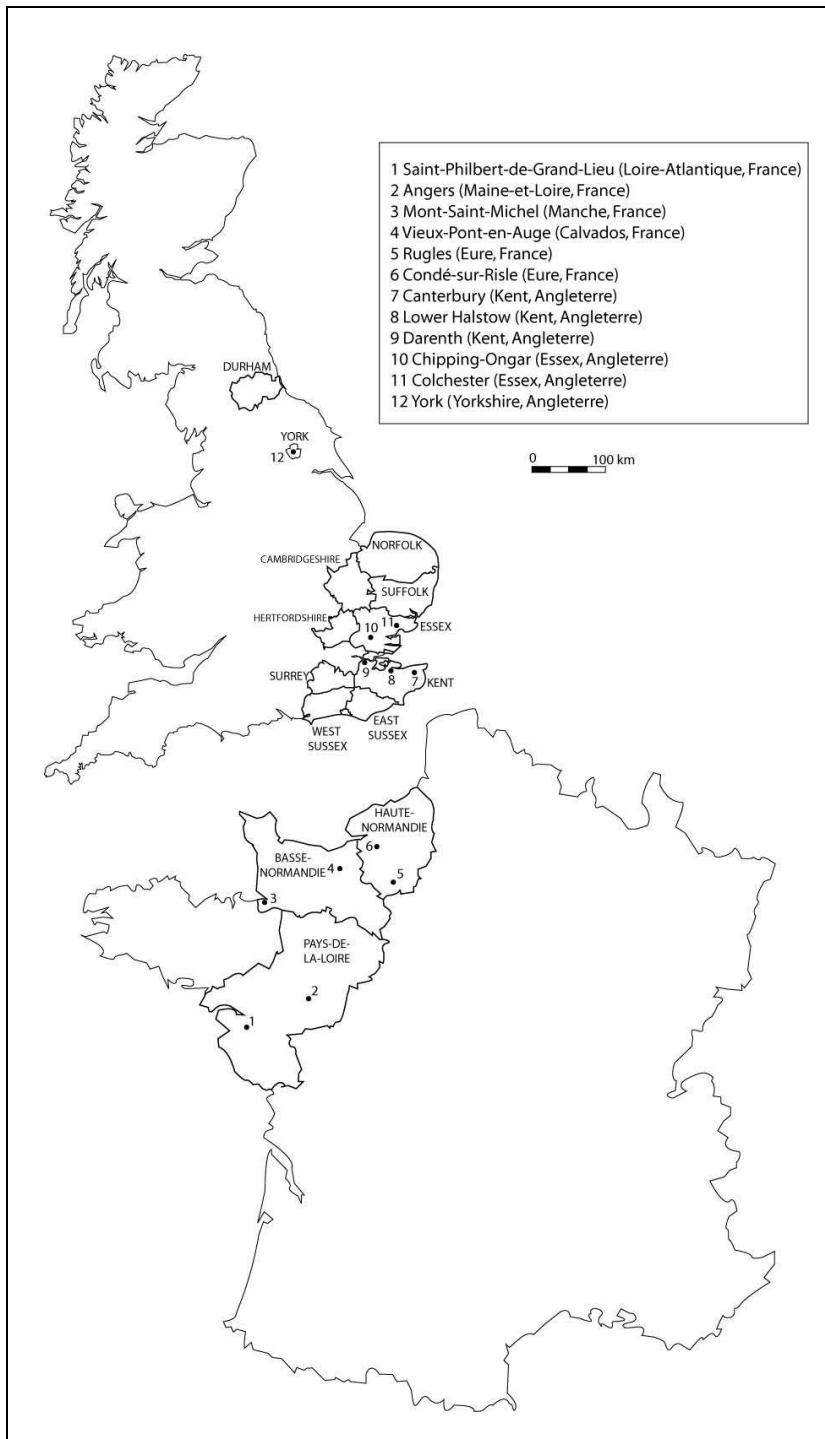


Figure 1 : Localisation des aires géographiques embrassées par l'étude.

Cette étude a été menée sur des édifices localisés dans le nord-ouest de la France, dans les régions de Normandie et Pays-de-Loire, et, outre-Manche, dans le sud-est de l'Angleterre, principalement dans les comtés actuels du Kent et de l'Essex (fig. 1). Des analyses plus ponctuelles ont également pris place à York, dans le nord-est. On fait ici référence aux divisions administratives contemporaines.

Le nord-ouest de la France se situe géologiquement entre le Massif armoricain à l'ouest et le Bassin parisien à l'est (fig. 3 & 4). Le Massif Armorican est une chaîne hercynienne située à l'ouest de la France, dont l'altitude moyenne est de 104 m. On distingue au nord le domaine cadomien, constitué de plutons granitiques, de sédiments détritiques précambriens et de sédiments paléozoïques, du domaine hercynien au sud, majoritairement constitué de granites hercyniens, de roches sédimentaires paléozoïques (grès et schistes) et de quelques traces de roches métamorphiques. Le Bassin Parisien forme une vaste cuvette sédimentaire d'une altitude variant de 200 m au centre à 400-500 m en périphérie et s'étendant du centre nord de la France jusqu'au sud-ouest de l'Allemagne. Il est formé de roches secondaires et tertiaires, d'origine marine, lacustre, lagunaire et fluviale : des calcaires, des marnes, des craies, des argiles, des sables et des grès, qui peuvent être localement recouverts de dépôts superficiels (limons, loess) (Sabouraud *et al.*, 2004).

Bordée à l'ouest par la côte atlantique, la région des Pays-de-Loire tire son nom du fleuve qui la traverse. La partie occidentale de la région est à rattacher géologiquement au Massif Armorican, tandis que sa partie orientale appartient au Bassin Parisien (Sabouraud *et al.*, 2004). La région n'a été créée administrativement qu'en 1975 et ne reflète aucune véritable entité historique ou culturelle. Les deux départements concernés par notre étude sont ceux de la Loire-Atlantique (44), ancienne province bretonne, et du Maine-et-Loire (49), département classé Patrimoine Mondial de l'UNESCO et ancienne province d'Anjou. Les trois autres départements de la région sont la Mayenne (49), la Sarthe (72) et la Vendée (85).

Située au nord des Pays-de-Loire, la région normande est bordée au nord par la Manche dans laquelle vient se jeter la Seine. La Normandie est une province historique française composée des régions administratives actuelles de la Haute-Normandie et de la Basse-Normandie, la première comprenant les deux départements de la Seine-Maritime (76) et de l'Eure (27) ; la seconde, ceux du Calvados (14), de la Manche (50) et de l'Orne (61). A l'est, la région de Haute-Normandie est essentiellement traversée par le Bassin Parisien, tandis que la Basse-Normandie, située plus à l'ouest est divisée entre le Massif armoricain dans sa partie occidentale et le Bassin parisien, dans sa partie orientale.

Le Kent, situé au sud est de l'île, est le comté d'Angleterre le plus proche du continent. Il est bordé au nord par la Tamise et la Mer du Nord et au sud par la Manche. Plusieurs rivières le traversent : la Medway d'est en ouest, la Darent au nord ouest et la Stour à l'est. Une série de montagnes et de vallées parcourt d'est en ouest le comté, résultant de l'érosion du dôme du Weald. Le Weald (du saxon « pays boisé ») constitue la zone anticlinale située entre les escarpements de calcaire des deux dunes parallèles de North Downs (au nord du Kent, d'est

en ouest) et South Downs (au sud du Kent). Au centre, le High Weald est majoritairement constitué de grès ; en périphérie, le Low Weald est argileux (Brenchley & Rawson, 2006).

Le comté d'Essex, au nord du Kent et au nord-est de Londres, est bordé dans sa partie orientale par la mer du Nord et au sud, par la Tamise. La région est généralement plane et l'Essex appartient géologiquement au Bassin londonien. Le Bassin londonien est la zone synclinale de forme triangulaire et allongée, d'environ 250 km de long, qui s'étend de Londres vers le sud-est de l'Angleterre, au-dessus du Weald. La majeure partie du bassin est recouverte d'argile (la London Clay), flanquée des Reading Beds (formation géologique constituée de graves, de sables, de grès et d'argile) (Brenchley & Rawson, 2006).

II) Contexte politico-historique

Le haut Moyen Age émerge de l'Empire Romain en mutation (Jotischky & Hull, 2005, 14) qui subit alors dès le III^e siècle, une crise militaire liée aux menaces des invasions barbares, aggravée par une politique interne instable (usurpations, auto proclamations...), qui devient très vite économique, puis sociale et religieuse. Après des périodes de persécutions des Chrétiens, l'Empereur Constantin (306-337) met en place l'Edit de tolérance de Milan, qui favorise la liberté de culte chrétien (Jotischky & Hull, 2005, 22) et la religion chrétienne devient officiellement religion d'Etat à la fin du IV^e siècle grâce à la législation coercitive de Théodore (379-395) (Le Jan, 2007, 10). Parallèlement à cette mutation religieuse, la lente infiltration des diverses tribus barbares venues de l'Est et du Nord, principalement d'origine germanique, affaiblit les capacités défensives de l'Empire dès le IV^e siècle. Ces peuples, en étroits contacts avec les territoires romanisés depuis plusieurs générations, s'y installent progressivement. Dans la province bretonne notamment, des Germains sont introduits de manière délibérée dès le III^e siècle par les Romains qui les embauchent comme mercenaires (Blair, 2000, 4). A partir de 410, les troupes romaines de Bretagne s'en vont prêter main forte à la Gaule, laissant l'île sans défense. Dès lors, les tribus germaniques des Angles, des Jutes et des Saxons tentent de s'établir progressivement en Bretagne (Lucy, 2000, 4) et débarquent à l'est et au sud de l'île, tandis qu'au nord et à l'ouest, des Scots et des Pictes, Celtes d'Ecosse et d'Irlande, affaiblissent le pays (Cassagnes-Brouquet, 2000). Cette période de troubles s'accompagne d'un exode de nombreux Bretons vers l'Armorique au V^e siècle (Gauvard, 1996, 3). On assiste alors à une perte progressive de l'unité des Celtes bretons et à l'émergence d'une communauté multiethnique anglo-saxonne (Blair, 2000, 4). Cependant, bien que les Germains installés en Bretagne ou en Gaule créent des royaumes indépendants, élargissant leur assise territoriale aux dépens du pouvoir romain, la civilisation romaine ne disparaît pas (Le Jan, 2007, 12). Elle est progressivement assimilée et enrichie par les nouveaux apports culturels et artistiques extérieurs (Duby, 1997, 15). Au IV^e siècle, les Germains obtiennent le statut de fédérés, facilitant ainsi le procédé de leur intégration dans l'Empire (Gauvard, 1996, 6). Leur installation semble donc s'être faite sur le mode de l'hospitalité (Gauvard, 1996, 6). En Bretagne, on assiste à l'émergence d'une nouvelle organisation politique, sociale et religieuse ; le pays est progressivement morcelé en sept royaumes indépendants, constituant l'Heptarchie : l'Est-Anglie, l'Essex, le Kent, la Mercie, la Northumbrie, le Sussex et le Wessex (Cassagnes-Brouquet, 2000). En Gaule, la tribu des

Francs se distingue progressivement des autres peuples germaniques (Jotischky & Hull, 2005, 26). La conversion au christianisme de leur roi Clovis (481-511) constitue une manœuvre politique permettant l'intégration du peuple Franc dans le nouveau territoire conquis. Le règne de Clovis inaugure ainsi la solide alliance qui s'installe entre les souverains et l'église chrétienne (Le Jan, 2007, 30). Son avènement en 481 inaugure la dynastie des Mérovingiens, à laquelle met fin Pépin le Bref en 751. Sous le règne de son fils Charlemagne (768-814), l'Empereur impose sa vision des valeurs et des idéaux romains à travers toute l'Europe chrétienne et réforme et renforce l'Eglise (Le Jan, 2007, 92, 95). Sa succession est marquée par un conflit qui s'achève par la dislocation de l'Empire en 843 (traité de Verdun).

Profitant de l'affaiblissement du pouvoir carolingien, une deuxième vague d'invasions déferle sur l'Occident chrétien. Attirés par les richesses des villas et des monastères, les Vikings venus du Nord, les Arabes provenant du Sud, et les Magyars de l'Est menacent les gouvernements établis (Jotischky & Hull, 2005, 18). De ces trois peuples, ce sont les Vikings qui semblent avoir le plus marqué les contours de l'Europe. En 911, ne parvenant pas à déloger les envahisseurs normands, Charles III concède à leur chef Rollon des terrains au nord-ouest de la France, qui deviendront ainsi la Normandie (traité de Saint-Clair-sur-Epte). Comme leurs prédecesseurs germains quatre siècles plus tôt, les Normands se convertissent à leur tour au christianisme, favorisant leur assimilation dans leur nouveau pays (Duby, 1997, 29) et contribuent pour leur part à constituer ce que seront les Français, de par la langue et la loi qu'ils adoptent. Dès lors, l'unité des Francs de l'Ouest s'altère et le territoire se dissout en une douzaine d'unités territoriales gouvernées par des magnats de réputation et expériences diverses (Le Jan, 2007, 145).

A partir de la fin du VIII^e siècle, comme sa voisine franque, l'Angleterre devient elle aussi la cible de raids Vikings. Ceux-ci empruntent deux voies maritimes pour attaquer le pays : les Norvégiens passent par le Nord, tandis que les Danois prennent la mer du Nord et la Manche pour accoster sur le littoral anglais (Cassagnes-Brouquet, 2000). Aucun des royaumes indépendants anglo-saxons ne parvient à se dresser contre la vague d'attaques, entraînant l'occupation danoise des deux tiers du pays au IX^e siècle. Néanmoins, pendant un temps, Alfred du Wessex (871-899) parvient à repousser les Vikings, ce qui lui permet de rassembler progressivement tous les royaumes saxons sous la domination du Wessex, cette unification se concrétisant sous les descendants d'Alfred (Abrams, 2005, 137). Après avoir été contraint à faire la paix en 878, le roi danois accepte non seulement de se retirer du Wessex, mais aussi de se convertir au christianisme. Les Danois s'installent alors dans le nord de l'Angleterre. Pendant près d'un siècle, une paix relative s'installe alors en Angleterre. En 980, sous le roi danois Cnut, les raids reprennent jusqu'à ce que l'Angleterre soit conquise en 1017 (Cassagnes-Brouquet, 2000). La domination danoise perdure jusqu'en 1042, date à laquelle la dynastie saxonne revient au pouvoir sous Edouard le Confesseur. A sa mort en 1066, son trône est disputé par son beau-frère Harold et son cousin germain, Guillaume, duc de Normandie. Ce dernier franchit la Manche et vainc Harold à Hastings, événement marquant une rupture dans l'histoire de l'Angleterre médiévale.

La période qui s'étend de l'Empire carolingien au XI^e siècle est donc marquée en Europe de l'Ouest par une grande instabilité politique liée à l'affaiblissement porté par les attaques

Vikings et aux conflits relatifs à la succession des trônes anglais et français. De cette instabilité tirent profit les seigneurs locaux : on assiste en effet à la mise en place de l'aristocratie en Angleterre dès les IX^e-X^e siècles (Blair, 2000, 68) et à l'essor des principautés territoriales en France (Le Jan, 2007, 164), tels que les duchés et les comtés.

III- Contexte religieux

En Gaule, malgré le déclin de la suprématie romaine et l'invasion des peuples germaniques païens, le christianisme perdure (Mayeur *et al.*, 2000). La conversion du premier roi franc Clovis, puis la politique de réforme de Charlemagne, permettent au christianisme de s'étendre sur une grande partie de l'Europe occidentale (Gauvard, 1996, 28). La christianisation des peuples s'amorce avec la conversion des élites acculturées, le christianisme étant un phénomène essentiellement urbain à la fin du V^e siècle (Le Jan, 2007, 10). En Gaule, l'organisation religieuse est tout d'abord gérée par les évêques, généralement issus de l'aristocratie gallo-romaine (Duby, 1997, 16), prolongeant ainsi l'héritage antique jusqu'au VII^e siècle (Delaplace, 2002, 12-13). Dans les *civitates* (futurs diocèses), les évêques font construire des groupes épiscopaux qui se composent généralement de trois églises : la cathédrale, le baptistère et l'église pour les catéchumènes (Blair, 2005, 66) et à proximité des villes, des basiliques funéraires suburbaines sont érigées à l'emplacement des nécropoles romaines (Blair, 2005, 67). Les évêques participent, avec le soutien de l'aristocratie laïque, à la conversion tardive des campagnes, en contribuant à l'édification de sanctuaires dans les *vici* (agglomérations rurales) et en tolérant la construction d'oratoires dans les *villae* des grands propriétaires (Delaplace, 2002, 19 ; Musset, 1998, 283). Dans leurs domaines, les grands propriétaires fonciers font élever des chapelles, tout d'abord soumises à l'église épiscopale de la cité, puis devenant progressivement des centres de paroisses autonomes, placées sous le patronage du fondateur et de ses héritiers (Musset, 1998, 283). Ces églises privées peuvent être situées à proximité de fontaines ou de nécropoles antiques, favorisant la conversion chrétienne des coutumes et lieux païens (Gauthier & Le Maho, 1998, 311). La christianisation des campagnes s'opère donc par une lente transformation des cultes païens, dont a bénéficié le culte des saints, et par l'action évangélisatrice du monachisme (Le Jan, 2007, 75). L'essor du monachisme, originaire d'Orient (Egypte, Palestine et Syrie), est lié en Occident à l'influence des moines irlandais comme Colomban (v.540-615) et à la règle équilibrée de saint Benoît de Nursie (v.480-547) (Gauvard, 1996, 11). La règle bénédictine, appliquée dans un premier temps par saint Augustin en Angleterre, est ensuite diffusée sur le continent, par l'action de saint Boniface au début du VIII^e siècle (Gauvard, 1996, 70). L'Europe occidentale se couvre alors d'un réseau de monastères, certains princes territoriaux favorisant l'action des moines réformateurs. En Normandie, au X^e siècle, les ducs nouvellement christianisés protègent l'abbaye de Fécamp et celle du Bec. Dans le comté d'Anjou, Foulque Nerra (987-1040) mène une politique prolifique de construction, en partie pour expier ses péchés. En 910, Guillaume le Pieux, duc d'Aquitaine, fonde le monastère bénédictin de Cluny, en Mâconnais. Cluny inspire et fonde de nombreux monastères (Gauvard, 1996, 121) et amorce ainsi un mouvement de réforme dans toute l'Europe chrétienne.

De l'autre côté de la Manche, le mouvement de conversion est moins évident. Autrefois implantée en Bretagne par les Romains et en Irlande par Saint Patrick au IV^e siècle (Jotischky & Hull, 2005, 28), la religion chrétienne est partiellement supplantée par le retour du paganisme lié à l'établissement des tribus germaniques (Cassagnes-Brouquet, 2000). Le retour au christianisme en l'Angleterre est liée à l'influence combinée de la papauté expansionniste de Grégoire le Grand (590-614) initiateur de la mission du moine Augustin dans le Kent dès 596-7 (Gauvard, 1996, 63) et des moines évangélisateurs irlandais tels que Colomban (Blair, 2000, 23-24). La reconversion est également facilitée par la présence locale de Bretons qui n'ont pas fuit et par les prédispositions du moment dans le Kent où l'épouse franque et chrétienne du roi Ethelberht y fait pratiquer le culte (Blair, 2000, 23-24). Cependant toutes ces influences variées entraînent des différences dans la pratique du culte qui n'est unifiée qu'en 664 lors de la Synode de Whitby¹ sous la liturgie romaine (Blair, 2000, 23).

Conformément au système français, les premiers sites ecclésiastiques majeurs d'Angleterre correspondent aux sièges épiscopaux. Cependant, les évêques anglais perdent peu à peu leurs prérogatives et ne parviennent pas à maintenir la règle basée sur la cité. A partir de 650, l'organisation ecclésiastique anglaise se construit désormais autour d'implantations monastiques : des *minster*s avec de vastes territoires (« *parochiae* ») qui en dépendent (Blair, 1988) et dont l'expansion est favorisée par le patronage royal (Blair, 2005, 66). La localisation de ces premiers monastères est ainsi généralement influencée par la distribution du pouvoir séculier, mais également par la présence de sites romains murés (Kerr & Kerr, 1983, 31 ; Morris & Roxan, 1980, 195) offrant des contours préétablis pour y installer une vie monastique (Blair, 2005, 183 ; Rodwell, 1984). Tandis qu'aux VII^e et VIII^e siècle, on assiste en France à la prolifération des petites églises locales desservant les villages et les campagnes (Knight, 1999), l'Angleterre en semble toujours dépourvue. Aux VIII^e et IX^e siècles, l'organisation locale de l'église anglaise, alors en plein développement, perdure sous une forme essentiellement monastique (Blair, 2005, 66). Ce n'est qu'à partir du X^e siècle, et ce jusqu'au XII^e siècle, que les églises monastiques anglaises commencent à perdre de leur importance (Blair, 1988), au profit des églises seigneuriales (« *manorial* ») dont les fondations sont liées à la mise en place de l'aristocratie aux X^e-XI^e siècles (Blair, 2000, 68).

Depuis la conversion au christianisme, la construction des édifices religieux est instiguée par les pouvoirs en place. Avec le développement des seigneuries en France et en Angleterre entre le IX^e et le XI^e siècle, on assiste à un glissement du mécénat royal ou épiscopal des grandes constructions religieuses vers des actes sociaux prestigieux de la part des seigneurs locaux qui cherchent à s'imposer. Parallèlement les réformes religieuses qui se développent et les politiques de redressement et de réorganisation voulues par certains seigneurs (Heitz, 1994) jouent en faveur du renouveau architectural qui s'amorce au X^e siècle.

¹ La Synode de Whitby est la réunion des dirigeants de l'Eglise en Angleterre, organisée par le roi Oswiu en 664, pour résoudre les divergences liturgiques entre l'Eglise de tradition irlandaise (liée aux moines celtes qui ont évangélisé l'Ecosse) et l'Eglise d'influence romaine (liée à la mission d'évangélisation de saint Augustin, envoyé par le pape Grégoire le Grand). Le désaccord majeur résidait en particulier sur la date de Pâques et la forme de la tonsure des moines. Le parti romain est sorti victorieux de ce conflit (Bède, HE, III 25).

ARCHITECTURE DES EDIFICES RELIGIEUX

L'architecture de la période comprise entre les IX^e et XI^e siècles est relativement mal connue. Cela est notamment lié au manque d'intérêt qu'elle a suscité jusque dans les années 1960 par les archéologues. D'autre part, cette architecture ne nous est parvenue qu'à l'état lacunaire. Un des paramètres ayant contribué à cette perte est la continuité d'utilisation des bâtiments, adaptés et transformés dans des phases ultérieures. A l'inverse, l'abandon d'édifices médiévaux peut être responsable de leur oubli ou de leur dégradation par le recyclage de leurs matériaux entraînant leur perte de manière irréversible. Enfin, un des facteurs majeurs de cet état lacunaire est le caractère périssable des matériaux de construction de la quasi-majorité des édifices de cette période. Seuls les bâtiments possédant un statut privilégié (les châteaux ou les édifices religieux) bénéficient généralement de l'emploi de matériaux durables (Fernie, 2000). Dans le cas des édifices religieux, objets de cette étude, le choix de ces matériaux traduit la volonté de pérennité qui leur est octroyée et symbolise ainsi l'importance accordée au symbole spirituel (Stalley, 1999 ; Prigent & Sapin, 2004). Bien que ces édifices ne soient pas les témoins les plus représentatifs de l'architecture de leur époque, ils n'en restent pas moins les seuls subsistants qui permettent d'attester au mieux de l'architecture monumentale passée (Barral i Altet *et al.*, 2001). Enfin, l'importance de certains édifices réside également dans leur position dans l'histoire de l'art architectural, pour leur rôle d'édifices-clés dans la typologie du haut Moyen Age, servant de référents dans la datation par analogie avec d'autres édifices moins connus.

I) Historiographie

I-1) Historiographie de l'architecture préromane en France

Le terme de « préroman » est ici utilisé sous la dimension que lui donne Jean Hubert (1938) : c'est la « vaste période qui, des premières églises chrétiennes de Gaule, mène jusqu'à l'an Mil environ ». Ce terme désigne donc le style d'architecture antérieur au Roman, et nous nous sommes plus spécifiquement intéressés à la période architecturale qui s'étend de la Renaissance carolingienne (VIII^e siècle) aux balbutiements romans (l'architecture protoromane, XI^e siècle).

Au début du XX^e siècle, Camille Enlart publie un *Manuel d'Archéologie Française* (1927-32), dont le premier volume est consacré à l'architecture religieuse des périodes mérovingienne, carolingienne et romane. Viennent ensuite les ouvrages de Jean Hubert en 1938 et 1952 qui réunissent les études architecturales et archéologiques d'édifices clés de la période préromane. En 1965, May Vieillard-Troiekouroff présente un nouveau bilan sur l'archéologie de l'architecture carolingienne en France dans sa participation à l'exposition *Karl des Grosse III*. Ces travaux sont largement complétés par Carol Heitz qui publie en 1963 ses *Recherches sur les rapports entre architecture et liturgie à l'époque carolingienne*, puis en 1980, son ouvrage intitulé : "L'architecture religieuse carolingienne, les formes et leurs fonctions" dans lequel sont décrites les caractéristiques des principaux bâtiments de l'époque carolingienne et

l'évolution de cette architecture. Enfin, plus récemment, Christian Sapin publie en 2002 une synthèse des études antérieures menées sur l'architecture carolingienne en France.

La majorité de ces études concernent essentiellement des édifices majeurs, relevant la plupart du temps, de grands ensembles monastiques ou épiscopaux. Il est rarement fait cas d'édifices plus modestes.

I-2) Historiographie de l'architecture anglo-saxonne

L'étiquette « anglo-saxonne » recouvre de nombreuses connotations culturelles et ethniques et s'intègre dans la période qui se développe du déclin de l'autorité romaine à la fin du XI^e siècle (Reynolds, 1999, 23). Dans cette étude, nous nous sommes plus spécifiquement penchés sur l'architecture de la période qui s'étend de la christianisation de l'Angleterre au VII^e siècle aux dernières décennies du XI^e siècle qui ont suivies la Conquête Normande.

En Angleterre, contrairement à la situation française, les grands groupes religieux anglo-saxons ont souvent disparu sous des constructions ultérieures, pratique notamment liée à la politique de réforme normande. Les édifices anglo-saxons qui ont subsisté sont donc essentiellement des églises plus modestes.

Une des premières études de l'architecture anglo-saxonne nous vient de l'archéologue Thomas Rickman (1819), au XIX^e siècle. A partir d'une analyse approfondie de la tour de Saint-Peter de Barton-on-Humber (fig. 2) en 1817 et par comparaison avec des bâtiments datés par les textes, il dégage un certain nombre d'éléments typiquement anglo-saxons.



Figure 2 : tour de l'église Saint-Peter de Barton-on-Humber (cliché : Keith Havercroft, 2006).

En 1903, Gerard Baldwin-Brown publie son *Anglo-Saxon Architecture* (seconde édition en 1925), qui se compose d'un répertoire des églises anglo-saxonnes organisé chronologiquement, et d'une dissertation sur la périodisation et les relations de cette

architecture avec celle contemporaine du Continent. Sa périodisation s'appuie sur des critères architecturaux, archéologiques et historiques. Il est également l'instigateur du concept de continuité entre les périodes pré- et post-Conquête. En revanche, au début des années 1930, Alfred Clapham choisit de distinguer ces deux périodes dans la description qu'il donne de l'évolution de l'architecture anglaise depuis l'époque paléochrétienne jusqu'au XII^e siècle (*English Romanesque Architecture*, 1930). Il qualifie l'architecture du IX^e siècle à 1066 de « rejeton de la tige carolingienne continentale » et insiste sur une rupture brutale imposée par les Normands en 1066. En 1962, E.A.Fisher publie une nouvelle étude synthétique des caractéristiques architecturales des édifices religieux anglo-saxons : *The Greater Anglo-Saxon Churches: An Architectural Historical Study*. Trois ans plus tard, Harold et Joan Taylor publient les deux premiers volumes de leur répertoire des églises anglo-saxonnes, qu'ils classent selon un système de périodes étiquetées A, B et C. Cette présentation logique, sans doute un peu trop tranchée, revitalise néanmoins l'étude de l'architecture anglo-saxonne. Le troisième volume qui sort en 1978 traite de l'architecture seulement en termes typologiques et individuels et omet de fournir un contexte général à ces constructions (*Anglo-Saxon Architecture*, 1965 ; 1978). En 1983, Eric Fernie publie son *Architecture of the Anglo-Saxons* dans lequel il reprend les concepts de Baldwin-Brown en rejetant toute distinction entre l'architecture anglo-saxonne et normande du milieu du XI^e siècle. En 1984 et plus récemment en 2004, Richard Gem publie des études sur la première moitié du XI^e siècle en Angleterre, montrant que la difficulté de dater les constructions de cette période n'était pas due à la perte de documents écrits ou des monuments eux-mêmes, mais au fait qu'il y ait eu une diminution de l'industrie de la construction à cette époque. Enfin, toutes ces idées ont été reprises et synthétisées dans l'ouvrage de Andrew Reynolds : *Later Anglo-Saxon England*, paru en 1999.

II) Evolution architecturale de l'église

La forme et le plan d'une église sont liés à la tradition, aux écrits et à la liturgie chrétiens (Heitz, 1963). La réponse architecturale apportée aux exigences de la liturgie se doit d'être non seulement pratique, mais également de contribuer à la manifestation du sacré.

Du I^{er} au IV^e siècle, la liturgie est célébrée dans des « maisons-églises », maisons privées aménagées à cet effet (Carraz, 1999, 15). Progressivement avec l'acceptation officielle du christianisme au IV^e siècle par le pouvoir romain, des bâtiments publics sont édifiés (Carraz, 1999, 14, 20). Cette période va marquer le début de la grande architecture chrétienne et conduire à l'émergence de l'Occident chrétien et à la naissance de l'architecture médiévale.

La forme des églises paléochrétiennes, sous l'impulsion des architectes de l'Empereur Constantin, reprend celle des bâtiments publics romains, celle des basiliques surtout. Construites sur un axe est-ouest, elles sont composées d'une grande salle à trois nefs et sont généralement terminées par une abside semi-circulaire ou rectangulaire (Busch *et al.*, 1965, 13). Il ne s'agit pas alors d'une architecture de temple, mais de lieu de réunion civile. Le plan allongé permet en effet la réunion d'une assemblée nombreuse dirigée vers le sanctuaire. A partir du V^e siècle, les textes préconisent l'orientation du sanctuaire vers l'Orient, et non plus vers Jérusalem. Au VI^e siècle, Grégoire le Grand décide de transférer l'autel dans l'abside. Ce type d'église du début du christianisme, standard du IV^e au VIII^e siècle, évolue

progressivement en même temps que se réorganise la liturgie et que s'imposent les nécessités de la pratique (Heitz, 1963). De nouvelles formes architecturales sont exigées par l'importance du culte des saints. Le transept, par exemple, introduit au IX^e siècle, divise dès lors la nef centrale en deux, le bras oriental le plus court étant alors dévoué au chœur (Fernie, 2000). C'est le type de construction qui devient celui de l'Eglise Occidentale ou Latine du X^e au XII^e siècles. Ce style, que les Normands adoptent dès leur installation dans le Nord-Ouest de la France, est qualifié à partir du XIX^e siècle, de « Roman » (Barral i Altet *et al.*, 2001).

III) Caractéristiques architecturales

Malgré la difficulté de résumer les caractéristiques architecturales des périodes carolingienne et anglo-saxonne, une présentation succincte est néanmoins tentée ici afin de familiariser le lecteur avec certaines notions qui seront reprises dans la suite de ce travail. Pour plus de détails, l'intéressé sera renvoyé aux ouvrages des auteurs précédemment cités.

III-1) Matériaux de construction

L'histoire de la pierre à bâtir est marquée par l'exploitation des voies navigables qui ont conditionné le transport et la diffusion des matériaux de construction. On trouve par exemple, dès l'époque antique, l'utilisation de pierre provenant du Bassin parisien dans des constructions romaines en Bretagne (Worssam & Tatton-Brown, 1990 ; Jope, 1964). C'est d'ailleurs à cette époque que l'exploitation systématique de la pierre de construction s'amorce. Tandis qu'en Gaule, l'exploitation des carrières semble continuer, en Bretagne, avec le déclin de la civilisation romaine au V^e siècle, l'industrie des carrières de pierre s'atténue (Jope, 1964). Il a été considéré que la plupart des bâtiments brito-romains encore en place ont pu satisfaire les besoins en pierre des Anglo-Saxons et que l'extraction à cette période était donc exceptionnelle (Parsons, 1990), bien que celle-ci soit stipulée dans la liste des carrières recensées dans le *Domesday Book*² en 1086. Après la Conquête Normande, la pratique d'extraction de la pierre est rétablie (Jope, 1964), mais probablement pas à une échelle suffisante pour satisfaire les exigences de l'essor architectural du XII^e siècle. La pierre est dès lors importée en grande quantité à partir du Nord de la France. Néanmoins, pour les projets de construction de moindre envergure, il reste usuel de recourir à la pierre locale. Lorsqu'on a affaire à un emploi simultané de pierre importée de bonne qualité et de pierre locale de moins bonne qualité, cette dernière est généralement utilisée dans le remplissage du cœur de la maçonnerie (Parsons, 1990).

Quelles que soient la période ou l'aire géographique considérées, le choix du matériau de construction est induit par des logiques pragmatiques, des perpétuations de traditions, les potentialités d'approvisionnement et la qualité du matériau disponible (Prigent & Sapin, 2004 ; Sapin, 2006).

² Le Domesday Book est un grand recensement du territoire anglais, ordonné en décembre 1085 par Guillaume Le Conquérant, pour évaluer l'étendue du territoire et ses ressources, et les taxes qu'il peut y appliquer. La première version fut complétée en août 1086 et contient les registres de 13 418 localités.

En France et en Angleterre, lorsque la géologie le permet, on fait appel aux ressources locales pour l'édification des maçonneries. Cela est particulièrement vrai dans les régions où la pierre de bonne qualité est abondante ; comme on peut le voir pour la Normandie ou encore l'Anjou. Lorsque celle-ci n'est pas disponible localement, la pierre de bonne qualité peut être transportée sur de longues distances, c'est le cas pour Saint-Philbert-de-Grandlieu par exemple (présence de tuffeau angevin) (Hebber-Suffrin *et al.*, 1997), pour l'église de Bradford-on-Avon dont la construction emploie de l'oolithe de Bath, située à 15 km du site de construction (Reynolds, 1999) ou encore l'église de Brixworth dont les briques proviennent sans doute de Leicester et de Towcester (Everson & Parsons, 1979).

Le nord-ouest de la France est géologiquement dominé par le Massif armoricain et le Bassin parisien (fig.3). Située au croisement des ces deux aires géologiques, l'ancienne province de l'Anjou présente un large panel géologique de matériaux de construction. Son appellation d' « Anjou blanc » tient de la pierre de tuffeau, résultat de l'altération de la craie, à l'extrême sud-ouest du Bassin Parisien. Sa désignation sous les termes d' « Anjou noir » résulte de la présence à l'ouest de la région (et au sud-est du Massif Armorican) de coteaux de schiste et de leurs mines d'ardoise (Sabouraud *et al.*, 2004). Enfin, l'expression d' « Anjou rouge » provient des deux bassins argileux situés de chaque extrémité de l'Anjou.

La Normandie, quant à elle, possède un sous-sol extrêmement varié. A l'est, les formations du Bassin parisien pourvoient les chantiers essentiellement en craies et grès. Parmi les plateaux de craie, on recense ceux du pays d'Auge, du pays de Caux et de la Picardie. Les boutonnières du Boulonnais et du Pays de Bray constituent, quant à elles, des dépressions argileuses (Fremont, 1977). A l'ouest, les formations du Massif armoricain dominent, on y trouve divers granites, des schistes, des poudingues, du grès armoricain et, parfois plus localement, des formations calcaires. Entre ces deux zones, on note la présence de calcaires jurassiques connus sous le nom de pierre de Caen (Sabouraud *et al.*, 2004). Cette diversité géologique explique l'utilisation de toutes les variétés de roches dans la construction.

Le sud-est de l'Angleterre est une région globalement dépourvue de pierre de bonne qualité (Howe, 1910 ; Jope, 1964). Sa géologie est dominée par des argiles, des marles et autres sédiments non-consolidés (fig.4). Nous décrivons ici la géologie locale et les matériaux les plus fréquemment employés dans les comtés de l'ensemble du sud-est de l'Angleterre : c'est-à-dire les deux zones cernées par cette étude, ainsi que leurs comtés limitrophes.

Le Kent est recouvert en son centre d'argile et de sables, entouré de roches crayeuses, de grès du Weald et de schiste (« *Kentish ragstone* ») (Jope, 1964 ; Newman, 1969a ; Newman, 1969b). On retrouve des zones d'argile dans le nord du comté.

Dans le sud-est de l'Essex, les structures sont le plus souvent érigées avec du schiste du Kent (« *Kentish ragstone* »). A l'est du comté, on emploie de la septaria brune et le conglomérat connu sous le terme de « poudingue » (« *pudding (-stone)* ») ou « pierre de grison », composé de petits cailloux de silex, de blocs, parfois très émiettés, et de grès maintenus ensemble avec un ciment naturel d'oxyde de fer. Enfin au nord-ouest, le silex et les galets sont prépondérants. Cependant l'absence majoritaire de pierre de construction de bonne qualité et en contrepartie l'étendue de bancs d'argile favorisent la production et l'emploi de terres cuites architecturales (Pevsner & Radcliffe, 1965 ; Jope, 1964).

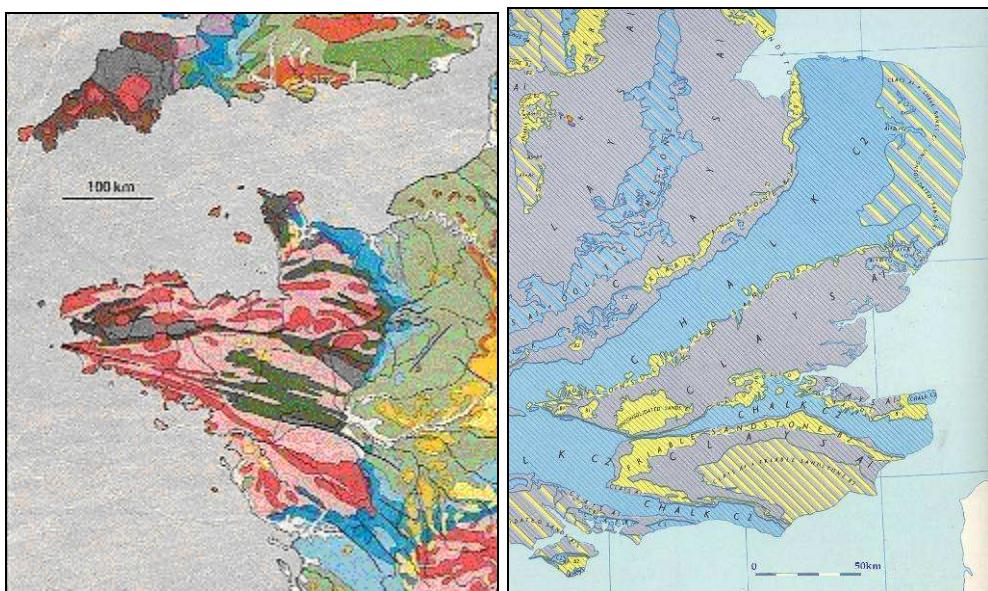
Dans le Norfolk, les niveaux sédimentaires constituent l'assise en craie du comté. Les différentes formations géologiques fournissent du calcaire, des grès (dont une bande constituée de sables cimentés par des oxydes de fer produit du grès brun (« *carstone* »), une des trois pierres de construction du Norfolk), un niveau crayeux qui fournit d'une craie blanche particulièrement tendre (« *clunch* »), et enfin des dépôts de silex dont sont extraits les nodules qui constituent la pierre de construction la plus répandue, et par extension le matériau de construction le plus fréquent dans cette région. Enfin, dans le sud du Norfolk, la plaine calcaire est couverte par des graves et des argiles (Pevsner & Wilson, 1999).

Le Cambridgeshire ne présente aucune couche d'argile. Les pierres de constructions locales sont issues des régions crayeuses qui fournissent un calcaire très tendre, du silex et du grès brun (« *carstone* ») (Pevsner, 1954).

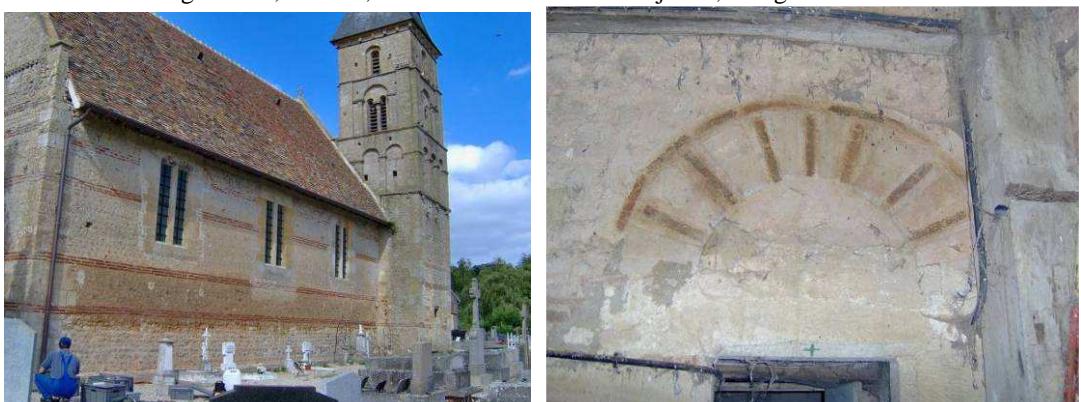
L'Hertfordshire est une région à craie. Bien que possédant quelques bandes d'argile (London Clay), la production de brique y est peu développée avant la période Tudor. La pierre locale la plus utilisée y est le calcaire tendre (« *clunch* ») et la pierre locale de meilleure qualité est la craie (Pevsner, 1953).

Le nord de la région du Surrey est formé de bandes d'argiles, de graves et de sables variés. La pierre la plus employée y est le *pudding* ; c'est l'une des pierres les moins durables, mais elle est utilisée de manière relativement extensive, faute de mieux. L'autre pierre du nord du Surrey est le « *sarsens* » (sédiments silicifiés), très siliceux, et par conséquent difficile à travailler. Dans le sud du comté, on trouve essentiellement de la craie et du grès (dont le fragile « *Reigate stone* »). Dans cette partie du Surrey, le matériau le plus employé est surtout le silex (Nairn *et al.*, 1971).

Enfin, le Sussex possède du silex dans les Downs et dans la plaine côtière, du grès dans le Weald et de l'argile (Nairn & Pevsner, 1965).



Figures 3 & 4 : Cartes géologiques du nord-ouest de la France (d'après BRGM) et du sud-est de l'Angleterre (d'après Bickmore & Shaw, 1963). Sur la carte française, la couleur rouge réfère à des zones de granites et de roches apparentées et le rose, à des roches métamorphiques anciennes (précambrien et primaire). Le vert foncé représente des aires de schiste ; le bleu, des roches calcaires et des marnes (argiles) et enfin, le vert clair, des zones de calcaires à silex. Sur la carte anglaise, les zones qui apparaissent en violet correspondent aux roches argileuses ; en bleu, aux roches calcaires et en jaune, aux grès et sables.



Figures 5 & 6 : Mur sud de la nef et clocher de l'église Saint-Aubin, Vieux-Pont-en-Auge, Normandie ; tympan du portail du mur sud du chevet (désormais à l'intérieur du clocher).



Figure 7 : Evocation d'*opus spicatum* sur le mur nord de la nef de Rugles, Normandie.

III-2) L'architecture carolingienne

Le haut Moyen Age joue un rôle important dans la transmission des conceptions artistiques mais il constitue également un temps d'expériences diverses.

L'architecture carolingienne occidentale prend en considération l'activité de construction entre la deuxième moitié du VIII^e siècle et le IX^e siècle pour les édifices majeurs, mais ses caractères constitutifs s'étendent au-delà, jusqu'au XI^e siècle pour des édifices ruraux plus modestes (Sapin, 2006, 77).

L'intérêt exercé par le modèle romain sur les élites barbares constitue un phénomène durable, en particulier parce qu'il contribue à légitimer leur rôle d'héritiers de l'Empire. Ces traditions antiques sont visibles dans l'architecture du haut Moyen Age et sont combinées aux apports byzantins et italiens (Barral i Altet *et al.*, 2001). L'imitation du romain est visible dans le choix des plans, des formes, des matériaux de construction et dans leur mise en œuvre (Heitz, 1987, 171-3). En effet, pour les édifices de plus haut statut, le plan basilical est particulièrement répandu dès le V^e siècle, avec introduction du transept au IX^e siècle et amplification des parties orientales avec allongement du chœur, développement de la crypte, ajout d'absides (Busch *et al.*, 1965, 13). Pour les plus petites églises, on conserve une sobriété du plan : une nef rectangulaire avec un chœur étroit à chevet plat ou semi-circulaire et l'adjonction ultérieure d'un clocher de style roman (Caumont, 1867).

Les innovations architecturales romaines, comme l'arc dont les claveaux centraux focalisent la poussée et la répartissent dans les claveaux voisins ou la technique de blocage (mélange de mortier et d'agrégats masqué par un parement de pierre taillée) utilisée en association avec l'arc en plein cintre et la voûte en berceau, sont reprises dans l'architecture du haut Moyen Age (Renault, 2005, 5). Les supports, de conception relativement simple (Busch *et al.*, 1965, 6), sont des piliers de section quadrangulaire ou des colonnes. L'édifice est généralement couvert d'une charpente (Busch *et al.*, 1965, 6) et ouvert par de petites fenêtres en plein cintre (Sapin, 2006, 87) haut placées. De la même façon que les types d'appareil antiques, ceux de l'époque carolingienne restent variés et, contrairement aux idées reçues, le bois n'est pas l'unique matériau de construction, la pierre étant largement utilisée en fondation et en élévation (Sapin, 2006, 80). Le grand appareil, plutôt rare, est surtout employé en fondation ou, pour la mise en œuvre de piliers (Sapin, 2006, 81). Ces derniers, ainsi que les chaînages d'angle, peuvent être également réalisés en moyen appareil (dont les dimensions des blocs sont comprises entre 20 et 35 cm ; Prigent & Sapin, 2004), rarement monté en assises pour cette période (Sapin, 2006, 81). L'appareil le plus fréquent est celui de moellons, blocs de pierres brutes ou équarris (cassés au marteau), d'une hauteur inférieure à 20 cm, et noyés dans le mortier, disposés non pas de manière symétrique, à la façon des petits blocs antiques de l'*opus vitatum*, mais plutôt irrégulière, les aspérités de la maçonnerie étant par la suite recouvertes par un enduit, homogénéisant ainsi la construction (Hubert, 1938, 91 ; Sapin, 2006, 82). Des briques plates peuvent être utilisées en lits pour régulariser cette maçonnerie de moellons (fig.5) ou comme claveaux dans les arcs, en rangée de cintre extradossé, parfois en alternance avec des claveaux de pierre (Baylé, 1997, 445 ; fig.6). Il s'agit alors de

l'appareil mixte (association pierre – brique), hérité des traditions techniques antiques, caractéristique de l'architecture carolingienne.

Bien que peu présent dans les grands édifices carolingiens des VIII^e-IX^e siècles, l'*opus spicatum* (en arêtes de poisson), d'inspiration classique, est observé plus fréquemment dans des édifices généralement non voûtés des X^e et XI^e siècles en Normandie (fig.7), Bretagne ou dans le Maine. En revanche, pour la région qui nous intéresse, l'*opus testaceum* (appareil de briques) est absent du paysage architectural, contrairement aux régions du sud-est de la France ou à l'Italie (Sapin, 2006, 83). Cet abandon a largement participé à la théorie de cessation de production de terres cuites architecturales au haut Moyen Age au nord de la Loire. Le mortier utilisé à l'époque carolingienne est varié, on observe cependant de manière récurrente la présence de charbons de bois et de nodules de chaux et de tuileaux (permettant des temps de pose plus courts), nouvel héritage technique des traditions antiques. Les joints des maçonneries sont le plus souvent débordants et sont rarement tracés ou soulignés en creux (Sapin, 2006, 88).

Les modes d'emploi du petit appareil, de l'*opus spicatum*, du béton hydraulique (*opus signinum*) et de la polychromie à travers le choix des matériaux de construction comme l'illustre l'utilisation alternée de la brique et de la pierre rappellent ceux des Romains de l'Antiquité tardive. On a probablement affaire à des imitations tardives de la tradition ou à une persistance des procédés techniques de construction. L'analogie avec la construction romaine est rendue encore plus forte par le remploi des matériaux antiques, voire des édifices antiques eux-mêmes.

III-3) L'architecture anglo-saxonne

La période anglo-saxonne en Angleterre s'étend du VI^e au XI^e siècle.

Bien que l'architecture anglo-saxonne qui a survécu soit lacunaire, au moins 400 églises en Angleterre ont conservé des traces ou vestiges d'ouvrages anglo-saxons (Kerr & Kerr, 1983, 8 ; Reynolds, 1999).

La période anglo-saxonne peut être subdivisée en trois parties. Une première période, que l'on qualifiera d' « anglo-saxonne ancienne » (« *Early Anglo-Saxon* »), recouvre les VI^e, VII^e et VIII^e siècles, de la conversion jusqu'aux invasions danoises au IX^e siècle. Vient ensuite l'épisode des raids danois (800-950), période de troubles qui voit la diminution, voire l'interruption, de la construction monumentale (nombre de destructions est attribué à cette période). Enfin, à partir de 950 environ, la période « anglo-saxonne tardive » (« *Late Anglo-Saxon* ») s'étend jusqu'à l'introduction du style normand vers 1100 (Morris, 1983 ; Fernie, 2000, 208-19). En pratique, la majeure partie des vestiges qui nous sont parvenus appartient à la troisième période, correspondant à 83% de l'architecture anglo-saxonne totale ; la première période représentant 14% des vestiges conservés, les 3% restant étant attribués à la période « danoise » (Reynolds, 1999). La plupart des églises conservées étaient à l'origine des églises monastiques.

Les églises les plus anciennes devaient être pour la majorité construites en bois, ce qui explique l'absence de vestiges matériels. Une seule église en bois a survécu, à Greensted, en

Essex, généralement attribuée au XI^e siècle. Concernant l'architecture en pierre de la première période, celle-ci s'est essentiellement développée en Northumbrie, dans le nord est de l'Angleterre, et dans le Kent, au sud est, avec quelques dérivés entre les deux régions. Les églises de Northumbrie possèdent de longues nefs étroites, relativement élevées, associées à un chevet plat (Kerr & Kerr, 1983, 12 ; fig.8). Plus tard, elles ont souvent reçu l'adjonction de portiques latéraux. Les églises du Kent sont plus petites, avec une nef quadrangulaire et un chevet absidial, presque aussi large que la nef (Fernie, 1983, 43). Elles possèdent de surcroît des portiques nord et sud, flanquant la nef ou l'abside (Kerr & Kerr, 1983, 11). Pour les deux zones, les chaînages d'angle en pierre et les piédroits sont généralement monolithiques, mégalithiques ou en gros blocs irréguliers (Taylor & Taylor, 1965, I, 6 ; Kerr & Kerr, 1983 ; Reynolds, 1999).



Figure 8 : Eglise saxonne d'Escomb, comté de Durham.

Les églises anglo-saxonnes de la période qui suit, et antérieures à 950, sont relativement rares. Ce manque est traditionnellement attribué aux activités vikings et danoises. Cependant, il est probable que certaines églises n'ont pas été correctement identifiées et de nouvelles formes architecturales apparaissant aux VIII^e et IX^e siècles ont pu être attribuées à tort aux X^e et XI^e siècles, tels que les arcs en plein cintre moulurés, les sourcils d'arcs (fig.9), les bandes-pilastres, les fenêtres de forme triangulaire et les sculptures murales monumentales (Gem, 1983).

Avec la période anglo-saxonne tardive, des tours apparaissent associées aux églises ; elles comportent des fenêtres doubles et des balustres à colonnade à mi-hauteur du mur. On les retrouve surtout en Est-Angle et dans le Lincolnshire (Kerr & Kerr, 1983, 22 ; Stocker & Everson, 1990; fig.10,11,12).

Aux éléments architecturaux des périodes précédentes s'ajoutent des chaînages d'angle de type « *long-and-short* » (fig.13) ; ce terme, introduit en 1819 par Thomas Rickman, désigne un chaînage d'angle se constituant d'une superposition de grandes pierres verticales alternant avec de grosses pierres plates placées horizontalement (Balwin-Brown, 1925, 52 ; Taylor & Taylor, 1965, I, 6). Plinthes, pilastres décoratifs et fonctionnels, chapiteaux et bases de colonnade apparaissent ou se diversifient, avec des formes simples, de section quadrangulaire (Taylor & Taylor, 1965, I, 7 ; fig.14).



Figure 9 : porte de la tour occidentale de l'église anglo-saxonne d'All Saints, Brixworth, Northamptonshire.



Figures 10, 11 & 12 : tours occidentales de l'église Saint-Mary-le-Wigford, Lincoln ; de l'église Saint-Mary-the-Virgin, Beachamwell, Norfolk et de l'église d'Holy Trinity, Colchester.



Figures 13 et 14 : à droite, chaînage d'angle en appareil « long-and-short », église Saint-Andrew, Dunham, Norfolk ; à gauche, chapiteaux simples, de section rectangulaire sur la porte de la tour occidentale d'Holy Trinity, Colchester, Essex.

Quelle que soit la période considérée, on remarque que les portes, hautes et étroites, sont généralement placées au nord et au sud, dans la partie occidentale de la nef (Baldwin-Brown, 1925). Comme les fenêtres, elles sont couvertes d'un linteau plat, d'un entablement triangulaire ou d'un arc en plein cintre (Taylor & Taylor, 1965, I, 5). Les claveaux traversent le plus souvent toute l'épaisseur du mur (contrairement à l'architecture normande, où ils ne constituent qu'un parement, dont le remplissage interne est constitué de moellons), ce qui explique également que les murs saxons soient généralement peu épais (Taylor & Taylor, 1965, I, 12). Le mortier favorise également cette caractéristique, compte tenu de sa très bonne qualité, prétendue supérieure à celle du mortier normand (Kerr & Kerr, 1983, 31), cette dernière conjecture nécessiterait cependant des analyses pétrographiques des deux mortiers pour identifier les raisons de cette différence. Très dur, le mortier saxon permet la réalisation de hauts murs très fins, dépassant rarement les 60 cm d'épaisseur, contrairement à l'épaisseur des murs normands qui n'est jamais inférieure à 90 cm (Clapham, 1930, 108). Il est le plus souvent réalisé à base de chaux. Des réminiscences de la technique romaine de la production de mortier de tuileau rose peuvent être trouvées ponctuellement, sur des sites au statut important susceptibles d'avoir été en contact avec des maçons italiens ou gaulois, comme ce fut le cas à l'Abbaye de Glastonbury (Somerset Historic Environment Record ST 501 388 (ST 53 NW)).

Les fenêtres, quant à elles, également étroites, présentent la particularité d'être à simple ou double ébrasement, pour permettre l'entrée d'un maximum de lumière (Taylor & Taylor, 1965, I, 5), tout en réduisant l'ouverture (pour éviter d'avoir à la fermer avec du verre, matériau rare et cher). Les claveaux ont rarement la forme trapézoïdale conventionnelle des voussoirs, expliquant l'apparente maladresse de la construction des arcs provoquée par l'irrégularité dans l'agencement radial dans la mise en œuvre des claveaux à la clé (Baldwin-Brown, 1925, 53 ; Taylor & Taylor, 1965, 11 ; fig.15 & 16).

Enfin, les murs saxons, en moellons disposés de manière irrégulière (Clapham, 1930, 108), d'apparence relativement frustre, non finie, sont généralement recouverts d'enduit sur leurs faces internes et externes (Kerr & Kerr, 1983, 31). L'*opus spicatum*, réalisé en pierres ou terres cuites, est relativement fréquent (Taylor & Taylor, 1965, I, 12 ; fig.17).



Figures 15 et 16 : Position non-radiale des claveaux de briques dans les arcs des fenêtres anglo-saxonnes : à gauche : église St Mary-the-Virgin, Houghton-on-the-Hill, Norfolk ; à droite : église St Mary and All Saints, Rivenhall, Essex.



Figure 17 : *opus spicatum*, église de Lower Halstow, Kent.



Figures 18 & 19 : Monastère de Saint-Paul, Jarrow, Northumbria.

L’usage de l’appareil régulier de grandes pierres taillées, assimilable au moyen appareil, est également usité dans les sites monastiques anglais (Sapin, 2006), notamment en Northumbrie, dont le type de construction à la fin du VII^e siècle est probablement fortement influencé par la Francia, des maçons gaulois ayant contribué à l’édification des monastères de Monkwearmouth (674) et Jarrow (681) (fig.18 & 19), sur des modèles de fondations franques telles que Vienne, Saint-Étienne à Paris et Jouarre (Laing & Laing, 1996).

Cette définition de l’architecture anglo-saxonne prend également en considération des édifices de style anglo-saxon, réalisés après la Conquête normande, et qui n’appartiennent donc pas à la période chronologique anglo-saxonne. Tandis que le nouveau style normand est rapidement adopté pour la construction des grands édifices tels que les abbayes et les cathédrales, le style indigène anglo-saxon, quant à lui, a perduré quelque temps dans la réalisation des églises plus petites par les artisans locaux. Cette période transitionnelle est qualifiée d’ « *overlap* saxo-normand ». La persistance des caractéristiques architecturales saxonnes et l’introduction des influences normandes en Angleterre à partir de 1045 rendent difficile la distinction entre les architectures de ces deux périodes historiques.

Quel que soit le pays concerné, la perpétuation des modes de construction et des formes architecturales de l’Antiquité tardive jusqu’aux XI^e-XII^e siècles entrave la datation précise des édifices construits au haut Moyen Age. Cependant, dès le IX^e siècle, avec notamment la politique de *renovatio* carolingienne (Le Jan, 2007, 129), le style tend à évoluer grâce aux influences et échanges extérieurs. On assiste à un transfert d’idées artistiques entre les régions, mais aussi entre les pays. D’autre part, les personnalités locales s’affirment et instiguent de nouvelles entreprises architecturales. C’est donc une période où se côtoient tradition et expérimentations et où se profilent les prémisses de l’art roman.

PLACE DE LA BRIQUE DANS L'ARCHITECTURE DU HAUT MOYEN AGE

La terre cuite architecturale (TCA) est un « produit artificiel et composite, produit en unités répliquées pour la construction de bâtiment, chaque unité pouvant être mise en œuvre par la main de l'homme » (Haley, 1974).

Les auteurs anciens tels que Marcus Vitruvius Pollio (*De Architectura Libri Decem*, II, 3 ; I^{er} siècle av. J.C.), Pline l'Ancien (*Histoire Naturelle*, livre XXXV, chap. 49, lignes 170-174; 23-79 ap. J.C.) et Sextus Julius Frontinus (*De Aquis*, v.100 après J.-C.) évoquent les TCA, mais restent plutôt évasifs. Ce sont donc les artefacts eux-mêmes qui nous renseignent le mieux sur l'histoire et le développement de ce matériau au cours des siècles.

I) Historique de la terre cuite architecturale

La brique en tant que matériau de construction est probablement apparue en 13000 av. J.C. environ en Egypte ; elle était alors sous sa forme crue (Perlich, 2008, 9). Les premières briques cuites ont été découvertes en Mésopotamie et datent de 4000 av. J.C. environ (Campbell, 2004, 14 ; Perlich, 2008, 9). La connaissance de la production de la brique a ensuite été transférée vers l'Asie Mineure. Le premier usage architectural de la terre cuite en Europe est attribué aux Grecs. Les Romains ont ensuite adopté la technique (Perlich, 2008, 9). Ils deviennent experts dans la maîtrise des techniques nécessaires à la transformation de l'argile en brique ou tuile. L'Empire romain va alors se faire le vecteur de la diffusion de la production et de l'utilisation de ce matériau (Lynch, 1994, 3). Les légions, arrivées en Gaule en 58 avant J.-C. et en Bretagne en 54 après J.-C., installent des ateliers de production de briques/tuiles là où elles sont cantonnées. Les pays conquis adoptent à leur tour la nouvelle technologie. Mais avec le déclin de l'Empire et le retrait des légions romaines, il semblerait que la production de brique tombe en désuétude (Morant, 1768, 298 ; de Bouärd, 1975, 55-6). L'utilisation de la terre cuite perdure néanmoins dans l'architecture, les bâtisseurs du haut Moyen Age puisant le matériau dans les ruines romaines.

Tandis qu'à l'ouest de l'Europe, au haut Moyen Age, la production de la terre cuite architecturale semble cesser, sur le reste du continent les acquis romains se conservent et se développent comme par exemple en Flandres (Campbell, 2004), où la réintroduction de la production de la brique au XII^e siècle dérive de la fabrication de tuile toujours en cours au haut Moyen Age (Coomans & Van Royen, 2007, 1 ; Perlich, 2008, 12-3). L'ordre cistercien qui essaime au XII^e siècle dans toute l'Europe, va se faire, comme en leur temps les légions romaines, le vecteur de la diffusion de cette technologie, rôle repris et développé ensuite par les relations commerciales de la Ligue Hanséatique. Au XIII^e siècle, en effet, les Flamands exportent massivement leurs produits, puis, leurs artisans, réintroduisant ainsi la production du matériau dans l'ouest de l'Europe (Moore, 1991).

Dès lors, la production et l'utilisation de la brique s'intensifient au point de passer progressivement, dans certaines régions telles que l'Angleterre, du statut exceptionnel d'élément décoratif occasionnel aux alentours de l'An Mil, à celui d'élément fonctionnel de prédilection pour la construction dès les XII^e-XIII^e siècles. En effet, alors qu'au Moyen Age la

brique était généralement « noyée » dans le mur et recouverte d'enduit, elle devient progressivement l'élément majeur du parement du mur, recouvrant à son tour le cœur de la maçonnerie (Morriß, 2000).

II) Caractéristiques des briques

II-1) Terminologie

Les briques romaines sont qualifiées de « *tegulae* », c'est-à-dire « tuile » en latin.

Le mot « brique » est probablement dérivé du vieux français « *briche* », lui-même provenant du mot flamand « *breakan* » (Chapelot, 2004, 162) signifiant : « un morceau cassé » (« *broken* » en anglais) de matériau cuit. Dans l'usage anglais, l'apparition des mots « *Brike* », « *Bricke* » ou encore « *Brykes* » est attestée au début du XV^e siècle. En 1444, notamment, des comptes rapportent que « *Tegulis vocalis Breke* », c'est-à-dire que « des tuiles [sont] qualifiées de briques ». Au XVI^e siècle, apparaît le mot « *brica* » chez les potiers provençaux (Chapelot, 2004, 162).

Dans le cadre de cette étude, nous qualifierons de « briques », les terres cuites architecturales parallélépipédiques ayant une épaisseur supérieure à 2,5 cm et de « tuiles », les terres cuites architecturales parallélépipédiques d'épaisseur inférieure à 2,5 cm, comprenant les *tegulae* (les tuiles à rebord utilisées pour la toiture) et les *imbrices* (de section semi-cylindrique, pour le toit).

II-2) Dimensions

En 25 av. J.C., Vitruve rapporte les standards et les règles de fabrication des briques crues. Celles-ci sont relativement longues et leur épaisseur varie de 2,5 à 3,7 cm. Il en existe officiellement trois types : le *lydion* (29,6 x 14,8 cm), le *pentadôron* (37 x 37 cm) et le *tentradôron* (29,6 x 29,6 cm). Pline les mentionne également en substituant *didôron* à *lydion*. Concernant les briques cuites, c'est l'Edit du Maximum de Dioclétien qui, dans sa partie consacrée aux objets de terre cuite : *De Fictilibus*, renseigne sur leurs dimensions. Parmi les briques carrées, généralement utilisées pour la construction de pile, on apprend que la *bessalis* mesure 20 x 20 x 4,5 cm ; la *pedalis* (équivalente du *tetradorôn*), 29 x 29 x 5 cm ; la *sequipedalis*, 44 x 44 x 5 cm, et enfin la *bipedalis*, 59 x 59 x 6 cm, pouvant atteindre parfois jusqu'à 75 cm de côté. Ces briques peuvent être ensuite fractionnées en triangles, pour le parement notamment. Hormis celles citées par l'Edit, il existe une grande variété de types de briques romaines. Pour la période romaine, en Bretagne, les cinq formes de briques les plus communes identifiées par Brodribb (1987, 145) sont, avec quelques légères modifications des dimensions moyennes par rapport à celle décrites dans le *De Fictilibus*, la *bessalis* (20 x 20 x 4 cm), la *pedalis* (28 x 28 x 4,5 cm), la *sequipedalis* (40,5 x 40,5 x 5 cm), la *bipedalis* (56 x 56 x 6 cm) et le *lydium* (40,5 x 28 x 4 cm). Les *tegulae* ont des longueurs pouvant varier de 31 à 57 cm ; des largeurs, de 27 à 48 cm et des épaisseurs variant de 0,9 à 3,5 cm. Les *imbrices*, quant à elles, ont une longueur moyenne de 40 cm, une largeur variant de 36 à 51 cm et une épaisseur comprise entre 1,4 et 3 cm (Brodribb, 1987, 144). Parmi les tuiles, on compte

également les *parietales*, qui couvrent la surface d'un mur, et présentent une face rugueuse pour permettre à l'enduit d'adhérer, ainsi qu'un crochet pour les fixer au mur. Leurs dimensions moyennes sont de 40 x 26 x 4,5 cm (Ryan, 1996).

Les premières briques post-romaines qui apparaissent en Angleterre, dès la deuxième moitié du XII^e siècle, qualifiées de « *great brick* » (Gardner, 1955) ont des dimensions moyennes de 32,5 x 15,5 x 5 cm (Ryan, 1996). Elles apparaissent pour la première fois à Coggeshall Abbey, rattachée dès 1148 à l'ordre cistercien (Knowles, 1949). Les cisterciens, originaires des régions flamandes réputées pour leur production de terres cuites, se font accompagner d'artisans qui apportent avec eux leur savoir-faire. Ce type de briques semble se retrouver dans d'autres églises de la région, dont la production est attribuée à la période comprise entre 1150 et 1225 (Drury, 2000). Il existe également probablement d'autres centres de productions de briques similaires tels que Waltham Holy Cross ou encore Pleshey Castle. De telles briques qui constituent une renaissance des traditions romaines, probablement réintroduites en Europe du Nord par le biais des chapitres monastiques, sont totalement évincées par les briques flamandes à partir XIII^e siècle. Dès lors, la taille de la brique médiévale, influencée par son origine flamande et la demande locale, varie de 21 x 10 x 5 cm à 25 x 13 x 5 cm (Lynch, 1994).

Bien que standardisée dans le cas de productions artisanales ou semi-industrielles, les dimensions des briques sont en fait rarement uniformes (Chapelot, 2004, 161). Il est en effet difficile de trouver deux moules strictement identiques, même dans un seul et unique atelier. Chaque guilde possède d'autre part ses propres règles et modules. De plus, les briques présentent souvent des formes plus ou moins courbes, renflées, amincies au centre (Gandreau, 2000, 27). Ces variations et distorsions sont liées au retrait au séchage, au retrait à la cuisson au cours duquel des transformations chimiques entraînent des phénomènes de dilatation – contraction (Araguas, 2003, 27).

Des études métriques réalisées sur les briques ont montré que les dimensions varient sensiblement d'un objet à l'autre, et ce pour une même période. Alberti le premier le remarque pour les briques romaines des édifices publics (Alberti, 1485, 148), observations confirmées par Lugli en Italie (1957, 667-72), par Araguas en Espagne (2008, 49-50) et par Potter en Angleterre (2001, 122-3). On comprend ainsi que les dimensions seules ne fournissent pas de critères suffisants pour déterminer l'origine ou la période de fabrication d'une terre cuite (Harley, 1974).

Dans le cadre de cette étude, il sera essentiellement fait référence au terme de « brique » pour décrire les terres cuites architecturales, quand l'épaisseur du matériau est supérieure à 2,5cm, et à « tuile » dans le cas contraire, selon la définition proposée par Harley (1974) (les anglo-saxons, quant à eux, utilisent plus généralement le terme de « *tile* », quelle que soient les dimensions du matériau).

II-3) Couleurs

Les couleurs des briques sont fonction de l'argile locale, du protocole thermique (température atteinte, atmosphère de cuisson...), du combustible employé et de la position des briques dans le four (Campbell, 2004, 16).

Plusieurs facteurs peuvent affecter les couleurs des briques tels que la minéralogie et l'homogénéité de l'argile ; la quantité et la nature des matières éventuellement ajoutées à l'argile de base telle que du sable, de la chaux, de la cendre, du charbon ; le positionnement de la brique dans le four ; la durée et le type du cycle de cuisson (le combustible utilisé, la vitesse de chauffe, les températures atteintes et la durée du palier) ; les conditions oxydo-réductrices à l'intérieur du four (Campbell, 2004, 16) et les agents de couleur qui peuvent avoir été ajoutés. La majorité des teintes des briques sont dues au fer (Campbell, 2004, 16) dans son état ferrique ou ferreux. Le titane (associé à des minéraux réfractaires tels que le rutile) et parfois le manganèse peuvent être présents en quantité suffisante ($\approx 1\%$) dans la terre cuite pour influencer la coloration (Firmin, 1994). Le dioxyde de manganèse peut produire des bruns ou noirs. Les minéraux porteurs de fer dans les argiles sont les oxydes ferriques tels que l'hématite (Fe_2O_3) et la limonite (Fe(OH)_3) ; des carbonates, surtout la sidérite (FeCO_3) ; des sulfites, notamment la pyrite (FeS_2) et des silicates tels que les micas et les chlorites (Firmin, 1994, 4).

La couleur perçue est surtout un amalgame de points de différentes couleurs et de teintes reflétant l'assemblage des composantes de la brique (Harley, 1974). En général, une ou deux couleurs prédominent. Les rouges sont principalement dus à la présence d'hématite (Firmin, 1994, 4). Dans des conditions oxydantes, des formes d'hématite telle que l'hydroxyde de fer (300-350°C), la pyrite (300-600°C) et la sidérite (375-830°C) se dissocient. La formation de l'hématite dépend cependant du maintien des conditions oxydantes lors de la cuisson. Des couleurs pâles (jaune, crème) peuvent résulter de la réaction entre l'hématite, la calcite (CaCO_3) ou la dolomite et des aluminosilicates (Firmin, 1994, 5 ; Campbell, 2004, 16) et entraîner la formation de wollastonite, gehlénite et autres aluminosilicates de fer. Les couleurs pâles peuvent également être le fait d'une faible teneur de fer dans l'argile.

Les couleurs sombres peuvent être liées à la formation, sous atmosphère réductrice, de minéraux noirs tels que la magnétite (Fe_3O_4) et le graphite (Firmin, 1994, 5).

II-4) Techniques de fabrication

Depuis les mentions de Vitruve à l'époque romaine, aucune description écrite ou iconographique sur le procédé de fabrication des terres cuites au haut Moyen Age ne nous est parvenue (Moore, 1991) avant les premières illustrations au XV^e siècle (Hollestelle, 1961, 276 ; fig.20) de la « fabrication de la brique dans le *Nederlandische Bijbel* (Utrecht, 1425) et du « briquetier » de Hartmannus Schopperus (*Panopolia*, Francfort, 1568). La description suivante est donc un bref résumé des procédés communs à l'Empire romain et au bas Moyen Age.

La matière première nécessaire à la fabrication d'une brique est l'argile. Celle-ci dérive de la transformation de feldspaths et micas issus de la désagrégation de roches cristallines (Caillère *et al.*, 1963 ; Millot, 1964). Le choix



Figure 20 : Représentation d'un briquetier au travail au XVI^e siècle (Jost Amman, *The Book of Trades*, fin XVI^e).

des argiles est influencé par leur plasticité et rigidité. L'argile peut être extraite sur place, à proximité d'un chantier de construction ou dans des centres spécialisés d'extraction et de production, lesquels exportent par la suite leurs produits (Araguas, 2003, 22). Il a aussi été évoqué que, pour les lieux de consommation occasionnels, des unités de production sont installées temporairement pour la durée du chantier (Chapelot, 2004, 156 ; De Filippo, 2004, 98), pouvant fournir une quantité limitée de briques nécessaires au chantier médiéval par des ateliers itinérants (Araguas, 2003, 21). Ce n'est qu'à partir du XIII^e siècle que se développent les fours permanents installés dans les villes (Chapelot, 2004, 156). Bien que la préparation de la pâte soit codifiée en terme de saisons tel que dans les traités de Vitruve, d'Alberti ou encore le document anglais du « statut de 1477 », dans la pratique ces instructions ne sont pas toujours suivies. En théorie, une fois extraite, l'argile est laissée au repos pendant l'hiver, saison au cours de laquelle l'action du gel va permettre aux morceaux d'argile de se disloquer (Moore, 1991). Selon le type de matière première utilisée et des besoins requis, la pâte est broyée, criblée et malaxée pour se débarrasser des impuretés et des fragments rocheux favorisant ainsi sa cohésion (Moore, 1991 ; Campbell, 2004, 16). Elle peut être également humidifiée afin de lui donner la consistance requise. A l'époque romaine, l'argile subit généralement une succession de décantations afin de se débarrasser des inclusions les plus grosses (d'où l'aspect très fin de la texture des terres cuites romaines). A l'inverse, on peut y ajouter des dégraissants dont le but est de réduire les risques de craquelures. La pâte ainsi préparée peut ensuite être découpée avec une spatule ou à l'aide de cadres de bois (Chapelot, 2004, 154 ; De Filippo, 2004, 98), tassée et arasée à la surface du moule (Ryan, 1996, 4). Pour éviter que l'argile n'adhère au bois, le moule peut avoir été au préalable humidifié et saupoudré de sable (Ryan, 1996, 4). Elle est ensuite démoulée sur du sable fin pour éviter qu'elle n'adhère au sol et peut être recouverte de paille afin de la protéger de la pluie (Ryan, 1996, 5). La brique crue est séchée à l'abri du soleil et de l'humidité de quelques semaines à quelques mois. Cette étape s'avère nécessaire car une argile très plastique et très humide se rétracte au cours du séchage et craque à la cuisson (Campbell, 2004, 15), expliquant ainsi les différences de forme et de dimension dans un même lot de briques (Campbell, 2004, 15). Enfin, la cuisson s'effectue dans un four permanent dans le cas d'ateliers spécialisés ou dans un four temporaire en tas ou en meule (Adam, 1989, 66 ; Chapelot, 2004, 154), les briques étant alors entassées entre des couches de combustible, le tout recouvert de briques ou d'argile (Hollestelle, 1961, 271). Dans ce dernier cas, la qualité des briques varie beaucoup, comme le montre l'analyse de la surface visible de briques médiévales : certaines sont peu cuites, d'autres au contraire peuvent avoir subi une cuisson trop forte ayant entraîné une vitrification partielle (Gandreau, 2000, 27).

II-5) Propriétés de la brique dans la maçonnerie

L'utilisation de la brique dans une maçonnerie, qu'elle soit préméditée ou non, présente une diversité d'avantages et d'inconvénients qui sont présentées ici succinctement.

Sa première qualité est sa durabilité. La brique n'est en effet pas périssable et est relativement inaltérable (Handisyde & Haseltine, 1974, 29). Elle requiert de surcroît peu d'entretien. Néanmoins, les préjudices esthétiques ou les dommages ne sont pas inexistants. Le gel par

exemple est un des facteurs pouvant contribuer à ces altérations, notamment si la brique est saturée en eau et gelée. La cristallisation de sels solubles sur ou sous la surface des briques, ou « efflorescences », peut également contribuer à ces dégradations (Handisyde & Haseltine, 1974, 29).

Le second avantage de la brique est sa solidité, permettant l’élaboration de constructions résistantes et relativement permanentes. La brique présente une bonne résistance aux contraintes mécaniques, à l’éclatement (Handisyde & Haseltine, 1974, 29).

La brique présente également une fonction environnementale. En effet, un ouvrage en briques protège théoriquement du vent et de l’eau, bien que l’effet du vent sur la pénétration des eaux de pluie ne soit pas négligeable et que l’eau puisse aussi s’infiltre par capillarité à partir du sol. La brique est également résistante au feu, dans la mesure où elle ne constitue pas un combustible pouvant l’alimenter et agit comme un obstacle structurel à sa propagation (Handisyde & Haseltine, 1974, 31).

L’utilisation de la brique permet une flexibilité de l’ouvrage ; les dimensions réduites des briques et la possibilité de réaliser des ajustements des dimensions des joints offrent un large panel dans la mise en œuvre du matériau, en particulier dans la réalisation de formes courbes. Pour finir, la brique est souvent utilisée en combinaison avec du mortier, l’association des deux formant un tampon architectonique (Handisyde & Haseltine, 1974, 35).

III) L'utilisation de terres cuites dans l'architecture religieuse du haut Moyen Age

III-1) L'hypothèse de remploi

L’hypothèse du remploi des terres cuites architecturales antiques dans les bâtiments du haut Moyen Age est accréditée dès le XVIII^e siècle en Angleterre (Morant, 1768, 298). En 1961 cependant, Davey juge que, malgré l’état d’agitation en Occident au haut Moyen Age qui offre peu d’opportunités à l’artisanat pour se développer, il paraît difficile de concevoir que le savoir-faire de la fabrication de brique ait pu totalement disparaître (Davey, 1961).

Cette idée est reprise quelques années plus tard, en 1964 par Jope dans son article sur l’industrie de la pierre de construction à l’époque anglo-saxonne (Jope, 1964, 113). Il émet des doutes quant à la cessation de la production de brique au haut Moyen Age en Angleterre, notamment à la lumière des indices fournis par les tuiles en relief de Winchester. En effet, en 1963, à Winchester sont mises au jour des tuiles murales glaçurées en relief, dans un contexte archéologique daté du X^e siècle. De nouveau, en 1986, on découvre à Londres, au cours de fouilles menées dans l’abbaye de la fin du XI^e siècle de Westminster, des tuiles polychromes en relief, probablement datées de la fin de la période anglo-saxonne (Betts, 1996 ; Betts, *et al.*, 1991, 37). Ce type de tuiles est également connu à York, Peterborough, Coventry, Saint-Albans et Canterbury ; elles sont datées, d’après leur contexte archéologique, entre le X^e et le XII^e siècle et étaient probablement destinées à pavier le sol à en juger par les traces d’usure que certaines présentent (Keen, 1993). A York et Saint-Albans on trouve également des exemples à collerette pour la décoration de mur ou d’autel, leur utilisation indiquant le statut important de l’église (Norton, 1983, 41). D’autre part, la possibilité de fabrication de TCA à l’époque anglo-saxonne peut être suggérée dans la mesure où l’extraction, la préparation et

l'exploitation de l'argile existaient toujours au haut Moyen Age. Cependant ces techniques étaient plutôt réservées à la production de poteries, la technologie et les compétences mises en œuvre dans la fabrication des pots et des TCA différant. Au Moyen Age, en effet, les poteries sont généralement tournées ou façonnées, tandis que les briques et tuiles sont moulées. Les premières sont cuites dans des petits fours ronds ou ovales, faits d'argile, tandis que la cuisson des secondes s'effectue dans de grands fours rectangulaires réalisés eux-mêmes à partir de briques ou tuiles, ou des meules temporaires de même forme (Drury, 2000, 56). Ainsi, s'il y a bien maintien de l'activité de production, celle-ci ne concerne vraisemblablement pas les briques de construction, de « gros œuvre ».

En France, l'archéologue M. de Boüard déclare en 1975 dans son *Manuel d'archéologie médiévale* que, du fait de la rareté de l'emploi des briques au haut Moyen Age, l'utilisation de briques dans des édifices préromans situés au nord de la Loire procède d'une récupération de matériaux à partir de sites antiques abandonnés (de Bouärd, 1975, 55-6). Cette théorie est néanmoins fortement contestée. En 1953, déjà, Forsyth suggère l'existence de briques carolingiennes en France, en particulier dans la collégiale Saint-Martin à Angers (Forsyth, 1953, 25). Entre 1969 et 1972, sur le site de la Médecinerie à Saran (Loiret) a été découvert une quinzaine de fours identifiés archéologiquement et/ou par prospection géophysique, révélant une activité de production de terres cuites architecturales, en particulier de modillons et d'antéfixes (Debal, 1969). L'atelier se compose de fours à sole, avec des parois montées à l'aide de TCA, telles que des tuiles à rebord. Des prélèvements sont effectués sur ces structures par le professeur Emile Thellier au début des années 1970 afin de procéder à leur datation par archéomagnétisme et les résultats permettent de situer l'activité de l'atelier à l'époque carolingienne, plus précisément entre les IX^e et X^e siècles (Chapelot, 1970). Cependant, ces arguments ont souvent été mis à l'écart et la théorie de de Bouärd a longtemps persisté. Enfin, pour l'Empire carolingien, il existe une preuve indirecte de la production de briques au haut Moyen Age, lorsque Eginhard (770-840), ami, conseiller et biographe de Charlemagne, commande dans une lettre à Egaundus la fabrication de 260 larges briques (« lateres »), celles-ci étant probablement destinées à la construction d'hypocauste (Greenhalgh, 1989 ; Norton, 1983, 36). Eginhard est également connu pour ses constructions réalisées en partie en briques telles que les abbayes de Seligenstadt et de Steinbach en Franconie. Un autre témoignage direct de la production de TCA nous est fourni par Dudon de Saint-Quentin qui mentionne, au sujet de la reconstruction du sanctuaire de la Trinité de Fécamp par Richard Ier (consacré en 990), les techniques de construction de l'époque, et en particulier la fabrication de terres cuites pour le chantier : « lateribus artificialiter cumpotis » (Lair, 1865, 290-291 ; Renoux, 1991, 473-5). Si ces expressions font bien référence à la confection de TCA, elles ne précisent cependant pas de quel type il s'agit : briques pour le mur, les voûtes, tuiles pour le toit, un système d'hypocauste ? Dans ces deux cas, « lateres » ne se réfère probablement pas à des briques de « gros œuvre ». D'autre part ces déclarations attestent également du caractère exceptionnel de telles pratiques (Norton, 1983, 41), dont les témoignages écrits restent rares.

L'identification de l'origine de ces TCA dans les constructions du haut Moyen Age est rarement aisée. Il est presque impossible de dater avec certitude les terres cuites en fonction de leurs dimensions, de leur couleur ou de leur texture dans la mesure où, au sein d'une même

période, on observe des variations intrinsèques pour chacune de ces caractéristiques. D'autant plus que, s'il s'agit d'une brique de remploi, il y est fort probable qu'elle ait été tronquée, ses dimensions actuelles ne reflétant plus celles d'origine (Eaton, 2000). Aucune méthode d'observation ou de caractérisation des terres cuites ne permet à l'heure actuelle de distinguer les matériaux antiques des médiévaux malgré l'intervalle chronologique qui a pu séparer leur fabrication. En revanche, si l'étude métrique s'avère peu concluante pour valider l'hypothèse de remploi d'une brique romaine dans une maçonnerie plus tardive, la présence d'autres matériaux antiques dans la maçonnerie médiévale tels que du béton hydraulique, des plaques commémoratives gravées ou des éléments de colonnes antiques suggère fortement la pratique de remploi et donc probablement une origine également antique pour la terre cuite. Néanmoins, cela n'est pas systématique et lorsque ces indices sont absents il devient nécessaire d'avoir recours à des méthodes de datation absolue.

III-2) La terre cuite architecturale : un témoin de la culture du haut Moyen Age

La terre cuite architecturale est une unité constitutive d'un ensemble architectural, et en tant que telle, elle contribue à la matérialisation de l'édifice. Elle n'est pas qu'un élément anecdotique de la construction, mais peut constituer une composante à part entière de celle-ci, notamment lorsqu'elle est associée avec d'autres pour former un motif architectural, un élément architectonique tel qu'un *opus* spécifique, une forme d'ouverture... Sa seule utilisation dans la maçonnerie peut constituer un critère typologique permettant de proposer une attribution chronologique à l'ensemble de l'édifice même.

Son utilisation est donc chargée de signification et il n'est pas aberrant de considérer ce matériau pour améliorer notre compréhension du reste de l'édifice.

Si la terre cuite architecturale constitue un témoin de l'architecture du passé et ainsi un indice pour une meilleure connaissance de celle-ci, elle représente également un témoin de la culture matérielle passée. En effet, les modalités d'utilisation de la terre cuite architecturale sont chargées d'indications, d'informations sur le comportement social instigateur. La mise en lumière de celles-ci permettrait de mieux appréhender l'interprétation des tenants et aboutissants des individus investis dans l'exploitation de ce matériau. Il s'agit donc ici de se pencher sur des aspects matériels anecdotiques (l'origine et le mode d'emploi des TCA au haut Moyen Age) pour appréhender un aspect plus large de la société du haut Moyen Age, d'un point de vue socio-économique (organisation d'un chantier), fonctionnel (choix pragmatique, exigences techniques), éthique (sens religieux ou iconique).

En effet, quelles ont été les intentions menant à l'utilisation de ce matériau particulier ? Quelle utilisation en est faite, dans quelles parties de l'édifice le trouve-t-on employé ? A quels choix répond-il ? Quels sont les critères gouvernant les choix des bâtisseurs ? Quels édifices ont recours à son emploi ? S'agit-il d'un élément de *spolia*³ antique (de Lachenal, 1995) ou d'un matériau médiéval ? Selon l'origine du matériau employé, quelles peuvent être les motifs culturels, techniques ou socio-économiques qui ont suscité ce type d'utilisation ?

³ Le terme *spolia* (du latin “*spolium*”, relatif à une peau d'animal) désigne la récupération et la reconversion d'un matériau ou d'une structure ancienne. C'est une notion moderne, dans la mesure où, à l'époque antique, les matériaux de construction réemployés sont qualifiés de *redivida saxa* (Alchermes, 1994).

Autant de questions nous renseignant sur les enjeux de la société entre les IX^e et XI^e siècles, pour lesquelles une tentative de réponse sera proposée au cours de ce travail de recherche.

Enfin, cette étude touche également des sites-clés de l'histoire de la construction du haut Moyen Age. Il serait donc intéressant, dans le cas où il apparaîtrait que les TCA de ces édifices sont contemporaines de leur construction, de dater une partie spécifique de l'édifice dont la compréhension archéologique fait défaut, de dater l'origine de sa construction, ou d'évaluer ses différentes phases de construction. Le cas échéant, ce type d'étude a alors été réalisé en conjonction avec les études archéologiques et s'est focalisé sur une problématique spécifique à l'édifice étudié. L'objectif est alors ici de trancher parmi des hypothèses controversées sur l'attribution chronologique d'un édifice particulier afin d'améliorer nos connaissances sur une période dont l'architecture est encore mal connue. Ce travail constitue une nécessité compte tenu de l'importance de certains de ces édifices dans l'histoire de l'art.

ARCHEOLOGIE DE L'ARCHITECTURE MEDIEVALE

L'étude de la période qui concerne ce travail est biaisée par la rareté et la nature orientée des sources écrites qui sont le plus souvent inspirées par un projet politique ou religieux, rarement neutre comme c'est le cas des œuvres narratives de l'évêque historien Grégoire de Tours (538-v.594) et plus tard, du moine bourguignon Raoul Glaber (985-ap.1047) concernant la France ou encore du clerc Gildas (v.516-570), du moine Bède le Vénérable (672-735) ou des *Anglo-Saxon Chronicles* (à la fin du IX^e siècle) pour l'Angleterre. D'autre part, l'écrit, monopole des clercs retirés d'une société qu'ils appréhendent, est réalisé en latin dont la traduction dévie parfois la signification première (Le Jan, 2007). Le recours à l'archéologie permet donc l'amélioration des connaissances sur la société médiévale aux premiers siècles de son histoire. Les vestiges matériels les plus aisément accessibles de cette période sont en particulier les monuments qui nous sont parvenus. Cependant, compte tenu de l'errance des datations typologiques de ces constructions du haut Moyen Âge, il s'avère également désormais nécessaire de recourir en complémentarité avec l'archéologie du bâti à l'archéométrie.

L'archéologie du bâti traite du « premier art » d'après la classification du philosophe allemand Hegel (1770-1831) : l'architecture. Son objectif est d'appréhender la manière de construire un bâtiment, d'en comprendre sa chronologie, ses phases de construction. L'archéologie du bâti se concentre sur la structure et son développement. C'est l'étude minutieuse d'un site dans sa double extension spatiale et chronologique, visant à mieux appréhender les vestiges du passé (Prigent, 2004a). L'histoire architecturale ne requiert pas seulement l'étude des documents comme toute discipline historique, mais inclut également l'étude de l'art, des styles, de la structure et des matériaux de construction (Brutails, 1900). Le bâtiment devient alors lui-même une source documentaire physique dont les clés de son interprétation archéologique lui sont intrinsèques. La lecture d'un édifice concerne l'étude des structures murales, des niveaux de sols et des différents modes de couvrement. On cherche à comprendre la manière dont les matériaux – la pierre, les mortiers, les enduits, le bois, les terres cuites, les métaux – ont été utilisés, leurs capacités, leurs limites structurelles. Viennent ensuite les études de la configuration physique du bâtiment dans toutes ses dimensions et de son agencement interne. On étudie enfin la forme de l'édifice, laquelle est dictée par les matériaux et la fonction du bâtiment. Il existe de multiples approches de l'analyse des matériaux : l'analyse de terrain permettant d'établir une chronologie relative du bâti ; l'analyse au laboratoire pour déterminer la spécificité, la nature et la mise en œuvre des matériaux et les dater numériquement (Gallo *et al.*, 1999 ; Sapin *et al.*, 2008).

I) Les analyses de terrain

Cela passe dans un premier temps par l'étude du plan de l'édifice, afin de rectifier si nécessaire les plans antérieurs éventuels. Il constitue l'outil de travail de base de l'archéologue et lui permet de se repérer.

Vient ensuite l'étude des élévations, qui nécessite souvent leur relevé, afin de s'approprier l'espace et les volumes de l'objet d'étude (Prigent, 2004a). Il s'agit ici de définir alors les unités murales et les unités de construction et d'étudier les revêtements muraux et les mortiers (Parron-Kontis & Palazzo-Bertholon, 2000). Cela passe par l'examen détaillé des maçonneries pour déterminer des discontinuités, suivre des successions, et notamment par les analyses des césures et des modules, une caractérisation objective des matériaux mis en œuvre, la différence de nature des mortiers et autres matériaux (Prigent, 2004a). Différentes approches d'étude permettent de fournir des informations complémentaires pour la compréhension de l'histoire du bâtiment : des ruptures dans la construction ou une qualification du matériau à une fonction particulière ; l'examen visuel des parements relatifs à différentes phases de construction (Sapin, 2004), les signes lapidaires pour évaluer la progression d'un chantier et enfin le dressage en fonction de l'organisation des traces d'outils et de leur nature (Prigent, 2004a).

II) Les analyses au laboratoire

II-1) les méthodes de caractérisation des matériaux de construction

On renverra à l'ouvrage collectif de l'*Archéologie du bâti* (Parron-Kontis & Reveyron, 2004) pour le détail des méthodes de caractérisation.

II-1-1) l'étude des mortiers

Cette étude vise à discriminer les mortiers par la détermination du type d'agrégats, de liant et de charge, par la comparaison des compositions granulométriques d'agrégats pour les agrégats siliceux et la détermination de la teneur en solubles (Prigent, 2004a). Etablir la stratigraphie des mortiers sur un édifice permet d'en évaluer une chronologie relative de la construction (Parron-Kontis & Palazzo-Bertholon, 2000).

II-1-2) l'étude lithologique

Les variations lithologiques peuvent révéler des changements de source d'approvisionnement, et donc différentes phases ou campagnes dans une construction. Cette étude fournit donc également un indice sur la chronologie relative de l'édification d'un bâtiment (Prigent, 2004a).

II-1-3) l'étude dendrologique

Cette étude permet de donner des informations sur la nature et la provenance des bois utilisés, ainsi que des informations sur leur histoire environnementale et anthropologique (données sur la sylviculture par exemple). Elle peut donc permettre de révéler des changements de source d'approvisionnement et donc de fournir une chronologie relative de la construction d'un

édifice. Cette étude est cependant moins fréquente dans la mesure où les bois d'origine nous sont rarement parvenus.

II-2) les méthodes de datation des matériaux de construction

II-2-1) Le radiocarbone

La méthode de datation par le C14 est bien établie ; c'est la plus connue et la plus utilisée en archéologie depuis sa mise en place dans les années 1940 par Libby, qui lui valut l'obtention du prix Nobel de chimie en 1960. Particulièrement utilisée pour la Préhistoire, elle a largement contribué à une meilleure évaluation de l'évolution de l'histoire humaine depuis 50 000 ans. Cette méthode est basée sur l'interaction entre le gaz carbonique de l'atmosphère qui contient en particulier du C14, élément radioactif naturel, et la matière vivante qui fixe le carbone. À la mort d'un organisme, tout échange avec le milieu extérieur cesse mais du radiocarbone reste piégé et sa quantité se met à décroître exponentiellement selon le processus de la décroissance radioactive. Cette disparition progressive est régie par une loi physique de décroissance de la radioactivité. La mesure du taux résiduel de C14 d'une matière carbonée va permettre de mesurer le temps écoulé depuis sa mort. Cette méthode peut donc s'appliquer à toutes les matières carbonées fossiles (Evin & Oberlin, 1998). Dans le cadre de l'archéologie du bâti, la méthode peut être requise dans le but de dater les éléments de charbons de bois présents dans les mortiers des maçonneries. Ainsi, la date proposée sera celle de la mort de l'arbre qui aura servi à la confection du charbon et correspondra donc à un TPQ (*Terminus Post-Quem*) de l'édification. Pour le Moyen Age, la précision qui peut être obtenue par la méthode est de ± 40 ans.

II-2-2) La dendrochronologie

Cette technique a été inventée et développée au cours du XX^e siècle par l'astronome américain A.E. Douglass. Elle est fondée sur le comptage et l'analyse morphologique des anneaux de croissance des arbres et permet de dater des pièces de bois à l'année près. En effet, la largeur des cernes d'un bois est fonction des conditions climatiques auxquelles il a été soumis au cours de sa croissance et la séquence des cernes d'un arbre est caractéristique d'une période climatique particulière. En comparant la succession des largeurs de cernes d'un individu non-daté à celle d'une référence calibrée dans le temps, on peut re-situer à l'année près la période au cours de laquelle l'arbre a vécu.

En archéologie du bâti, si les édifices arborent des éléments porteurs en bois telles que des poutres, piliers... la dendrochronologie peut se présenter comme un outil de précieuse valeur dans les études architecturales. Mais pour certaines régions, elle est limitée par les facteurs climatiques et les régimes forestiers qui produisent des arbres à croissance rapide avec de courtes séquences de cernes qui sont difficiles à comparer à une chronologie de référence (Lambert, 1998). D'autre part, nombre des édifices qui nous intéressent ne présentent plus les poutres d'origine dont la durée d'utilisation est limitée et qui ont donc pu être remplacées ultérieurement.

II-2-3) L'archéomagnétisme

En France, c'est le Professeur E.Thellier qui, le premier, développa l'application archéologique de la datation par archéomagnétisme dès 1933.

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 la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité de ce champ au cours du refroidissement consécutif à un chauffage supérieur à 700° C. 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 (Lanos, 1998).

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 C14 et l'archéologie, dans le but de préciser la courbe de variation de la direction du CMT et aussi de construire celle de l'intensité. Le processus statistique utilisé développé par l'équipe de Rennes (reposant sur la statistique bayésienne) permettra simultanément d'améliorer les datations proposées en combinant l'ensemble des résultats chronologiques.

II-2-4) La luminescence stimulée

La thermoluminescence (TL) ou la luminescence optiquement stimulée (OSL) est l'émission de lumière induite par le chauffage ou l'éclairage d'un minéral préalablement irradié. Ce phénomène permet de dater le dernier chauffage ou la dernière exposition à la lumière 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 son dernier chauffage. Cette méthode est présentée plus en détail dans le chapitre suivant.

III) Croisement des méthodes

En associant des spécialistes de l'archéométrie, historiens d'art, archéologues, la finalité pour les sciences humaines est de proposer une nouvelle approche 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.

Cette collaboration passe en particulier par la combinaison des informations issues de l'archéologie du bâti et des sources historiques avec les résultats issus des méthodes de datation absolues (thermoluminescence et radiocarbone) en utilisant les outils de la statistique bayésienne. L'objectif est d'affiner les datations des différentes phases de construction en utilisant toutes les informations. Les mesures archéomagnétiques apportent quant à elles une information supplémentaire permettant d'améliorer encore la précision des résultats.

C'est sous cet objectif que se forme en 2005 le Groupe de Recherche Européen (GdRE) intitulé « Terres cuites architecturales et nouvelles méthodes de datation» sous l'initiative conjointe de Christian Sapin et Pierre Guibert. Ce programme associe des spécialistes

Partie 1 – Chapitre 4

de l'archéométrie, des historiens de l'art, des archéologues ; il réunit et structure les efforts de recherche des différents partenaires initiaux du projet et lui confère une dimension européenne.

Le GDRE réunit des partenaires de laboratoire CNRS français :

ARTHEIS - UMR 5594 Dijon,

Laboratoire de médiévistique occidentale de Paris (LAMOP) – UMR 8589,

Institut de recherche sur les archéomatériaux (IRAMAT-CRPA) – UMR 5060, Université Michel de Montaigne (Bordeaux III),

Géosciences-Rennes - Université Rennes 1,– UMR 6118 ;

Laboratoire d'Archéométrie et Archéologie : origine, datation et technologies des matériaux – UMR 5138 Université Lumière (Lyon II).

et des équipes étrangères :

Centre européen d'archéométrie Université de Liège (Directeur : Patrick Hofsummer),

Luminescence Laboratory, Department of Archaeology, University of Durham – Grande-Bretagne Directeur : Ian Bailiff ;

Centro Universitario per le Datazioni Milano Bicocca, Laboratorio di Luminescenza, MILAN– Italie, Chercheurs : Marco Martini, 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 :

Laboratoire des Monuments Historiques

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).

Coordinateur principal : C. Sapin ; Coordinateur adjoint : P. Guibert.

ENGLISH SUMMARY

Chapter 1 : Geographical and historical context

I) Geographic situation

Geographically, this study covers the regions of Normandy and Pays-de-Loire in north-west France and the counties of Kent and Essex in south-east England. Analyses were also performed with material from York, north-east England (fig 1).

Geologically, the region of Pays-de-Loire, whose name comes from the river that crosses it, forms part of the Parisian basin (limestone, marne, chalk, sands, sandstone) to the east and the Armorican massif (granite, schist, sandstone, metamorphic rocks) to the west (Fig.3). The two departments of Pays-de-Loire relevant to this study are Loire-Atlantique (whose centre is Nantes) and Maine-et-Loire (whose centre is Angers). North of the Pays-de-Loire, the Normandy area is bordered by the English Channel to the north into which the river Seine flows. This historical French province is divided into two administrative regions: Haute-Normandy in the east, through the Parisian basin, and Basse-Normandy in the west, divided between the Armorican massif and the Parisian basin (Sabouraud *et al.*, 2004).

Kent is the closest county in south-east England to the Continent, separated by just 50 km of the Channel at its narrowest point. It is bordered by the Thames estuary and the North Sea in the north and east sides and by the Channel to the south. It is crossed by several rivers such as the Medway from east to west, the Darent in the North West and by the Stour in the east. The county's topography results from the erosion of the Weald dome (north and south: limestone; in the centre: sandstone and clay; Fig.4) (Brenchley & Rawson, 2006).

Further north, and NE of London, the county of Essex is bordered by the North Sea to the east and by the Thames to the south. The county is flat and geologically belongs to the Londonian basin (mainly clay, sands, sandstones; Fig.3) (Brenchley & Rawson, 2006).

II) Politico-historical context

The early middle ages emerge from the transforming Roman Empire (Jotischky & Hull, 2005, 14). Indeed, from the 3rd to 4th century AD, the Empire is subject to political troubles (usurpations, self-proclamations), religious change (Edict of Tolerance of Milan by Constantine, the Christian religion officialised by Theodosius) and Barbarian infiltrations (Jotischky & Hull, 2005, 22; Le Jan, 2007, 10). In Britain, these are the tribes of Angles, Saxons and Jutes in the south-east, and the Scots and Picts in the north who weaken the country (Lucy, 2000, 4). In Gaul, among all the Germanic tribes that invade the country, it is the Frankish that stand out (Gauvard, 1996, 3). The conversion of their king Clovis to the Christian religion is a political manoeuvre to allow the integration of his people into the new conquered territory (Gauvard, 1996, 6). His accession to the throne in 481 opens the Merovingian dynasty, which ends in 751 with Pepin the Short. Under the reign of his only surviving grandson, Charlemagne (768-814), the Emperor imposes his vision of Roman values and ideals all over Christian Europe and he reinforces the Church (Le Jan, 2007, 30, 92, 95). His succession is marked by a dislocation of his Empire.

English summary

Taking advantage of this decline, a second wave of invasion sweeps Christian Western Europe (Jotischky & Hull, 2005, 26). The Vikings are the most active invaders in North West Europe. In 911, French King Charles III grants the Norman chief, Rollo, with territories in north-western France, soon-to-become Normandy. As their Germanic predecessors four centuries before, the Normans convert to Christianity to favour their assimilation into the country and become French by the language and the laws they adopt (Duby, 1997, 29). Subsequently, the unity of western France altered and the territory dislocated into some fifteen territorial units ruled by magnates (Counts, Dukes...) (Le Jan, 2007, 145).

From the end of the 8th century, as its Frankish neighbour, the land of the Angles and the Saxons becomes the target of Viking raids, who use maritime routes: Norwegian through the north, Danish through the North Sea and the Channel (Cassagnes-Brouquet, 2000). None of the Saxon kingdoms manage to withstand the attacks, leading to the Danish occupation of two thirds of the territory in the 9th century, except King Alfred of Wessex (871-899) who managed for a while to resist the Vikings (Abrams, 2005, 137). With the onset of peace in 878, the Danish king agrees not only to withdraw from Wessex and install his kingdom in North East England only, but also to convert to the Christian religion.

For almost a century a relative peace prevails in England. In 980, however, the raids begin again until the Danish conquest of England in 1017 (Cassagnes-Brouquet, 2000). This domination lasts until 1042, when the Saxon dynasty comes back to power with Edward the Confessor. By the time of his death in 1066, the throne is disputed between his brother-in-law Harold and his cousin William, Duke of Normandy. William crosses the Channel, defeats Harold at Hastings and England becomes Norman.

III) Religious context

Despite the divide in the political geography of Europe and the decline of the Roman Empire, the classical cultural identity conferred by the Romans is effectively preserved by the Church which manages to take the cultural heritage of Ancient Rome and maintain a cultural, spiritual and, for a while, political cohesion.

If in Gaul Christianity lasts due to the politics of Clovis and Charlemagne (Gauvard, 1996, 28; Mayeur, 2000), in England the situation is less obvious. The Christian religion brought by the Romans to England and by Saint Patrick to Ireland (Jotischky & Hull, 2005, 18) is partially supplanted by the return of paganism brought back by the Germanic people (Cassagnes-Brouquet, 2000). The reconversion of England is mainly due to the mission of Irish monks like Colomba (Blair, 2000, 23-4) and the Italian monk Augustine sent by the Pope Gregory, who is welcomed by the King of Kent Ethelbert, in 596-7 (Gauvard, 1996, 63). The movement of Christianisation is, however, a complex one. Initially, Christianity is essentially an urban phenomenon in Gaul and Britain, the first bishops, from Gallo-Roman or Romano-Briton aristocratic families living in the ancient *civitates* (Duby, 1997, 16; Delaplace, 2002, 12-3; Blair, 1988). Despite religion being officially authorized at the end of the 4th century, a number of people in the rural regions remain pagans. The later Christianisation of these people is mainly due to the development of monasticism (since the mid-7th century in England and from the 8th century in France) (Blair, 2005, 66), the settlement of small rural churches in the countryside,

since the 7th-8th century in France and since the 10th-11th century in England (Knight, 1999), the conversion of pagan customs or sites into Christian practice for example by settlement of churches into previous Roman sites (Rodwell, 1984; Gauthier & Le Maho, 1998, 195; Blair, 2005), near pagan fountains or trees, and the development of the cult of saints (Le Jan, 2007).

Chapter 2 : Architecture of religious buildings

The architecture of the religious buildings is not always well understood. In France, especially, there is a lack of visible evidence that identifies pre-Romanesque architecture. This is not only due to the lack of interest in this period for a long time (medieval archaeology in France only really began in the 1960's), but particularly because early medieval buildings were often subject to a continuity of use. Over time, an evolution, a transformation and adaption to the subsequent periods has taken place. Indeed, the primitive buildings were often reused and incorporated into the Romanesque or Norman construction. Conversely, if the buildings fell into disuse, abandonment, neglect or destruction, they now appear only rarely and as incomplete ruins. Across the Middle Ages social life revolved around religion, the main expression of which was the religious building. Along with castles, the church was the only building considered important enough to be made of strong, non-perishable material such as stone or brick (Fernie, 2000).

I) Historiography

The study of pre-Romanesque architecture in France begun with C. Enlart (1927-32), then followed by J. Hubert (1938; 1952), M. Vieillard-Troiekouoff (1965), C. Heitz (1961; 1981) and finally C. Sapin (2002) to mention but a few. Their studies generally focus on large episcopal or monastic groups and are less concerned with more modest churches. In contrast, in England, most of the Anglo-Saxon religious buildings have partly or totally disappeared beneath later buildings (notably due to the reformed Norman politic) and pre-Norman surviving buildings are mainly modest parish churches. The architecture of these buildings was first studied by T. Rickman (1817) in the 19th century, followed by G. Brown-Baldwin (1903), A. Clapham (1930), later by E. A. Fisher (1962) and soon after with the gazetteers of H. & J. Taylor (1965; 1975). R. Gem (1975) and E. Fernie (1983) who have also shown interest in this architecture. More recently A. Reynolds (1999) published a general study on Anglo-Saxon art and architecture.

II) Architectural features

The shape and plan of a church are linked to the Christian traditions, records and liturgy (Heitz, 1963). The architectural answers brought to the liturgical demands are not only practical but contribute also to the manifestation of the sacred.

Carolingian architecture ranges from the second half of the 8th century and to the 9th-10th centuries for the most significant buildings, but extends into the 11th century for parish churches (Sapin, 2006, 77). Anglo-Saxon architecture is generally divided into three periods: Early Anglo-Saxon (from the 6th to 8th century), Middle Anglo-Saxon (from the 9th to mid-10th century) and Late Anglo-Saxon (from the mid-10th to Norman Conquest) (Morris, 1983; Fernie, 1983).

English summary

However, it can also be considered by the architecture of Norman churches built after 1066 by native Saxon builders using the traditional Anglo-Saxon building methods: this period is qualified as the Saxo-Norman overlap.

Presented here is a brief description of some of the most common features of Carolingian/pre-Romanesque and Anglo-Saxon architecture. Both are inherited from Roman and eventually, Byzantine traditions (Barral i Alet, 1987). The plans for the most prestigious buildings usually emulate the basilical plan (Heitz, 1987, 171). For the more modest churches, the plan is more basic: a simple square nave with a square or apsidal chancel (Kerr & Kerr, 1983, 11-12). In the Late Anglo-Saxon period, towers appear associated with churches (mainly in Lincolnshire and East-Anglia) (Kerr & Kerr, 1983, 22; Stocker & Everson, 1990; Fig.10,11,12). Roman characteristics such as arches, column or pillars are also taken. In Anglo-Saxon buildings, high and narrow doorways are usually placed in the north or south wall of the western part of the nave (Baldwin-Brown, 1925). Windows are usually single or double-splayed. As with doorways they are often round or triangular-headed (Taylor & Taylor, 1965, I, 5). In both countries, the fabric is usually made of *petit appareil* (especially in France) or small irregular rubble usually covered by a plaster to hide the rough aspect of the wall (Hubert, 1938, 91; Sapin, 2006, 82; Kerr & Kerr, 1983, 31). Ceramic Building Materials (CBM) are also used in the masonry (Baylé, 1997, 445; Sapin, 2006, 82) as voussoirs in head openings, in horizontal rows (more frequently in French architecture), in herring-bone pattern or jambs or quoins (more common in Anglo-Saxon architecture). This mixture of stone and CBM is also a Roman inheritance.

Chapter 3 : Brick in early medieval architecture

I) History of CBM

Fired brick, as a building material, is found on the site of Jericho (Mesopotamia) in BC 4000 (Campbell, 2004; Perlich, 2008, 9). Via the Greeks, the technique is then transferred to the Romans who become experts in the know-how required for the transformation of clay into ceramic (Perlich, 2008, 9). The Roman Empire becomes the conduit for the diffusion of the production and use of the material (Lynch, 1994, 3). Legions arriving in Gaul in BC 58 and in Britain in AD 54, install brick/tile-making workshops where they settle and the new technology is adopted in the conquered territories. With the fall of the Empire and the withdrawal of the Roman legions, brickmaking appears to fall into disuse (Morant, 1768, 298; de Bouärd, 1975, 55-6). The use of the material, however, continues to appear in built structures, the early medieval builders salvaging materials from Roman ruins. Whilst in north west Europe brickmaking seems to cease, on the rest of the continent Roman know-how of tilemaking is preserved and developed such as in Flanders (Coomans & Van Royen, 2007, 1 ; Perlich, 2008, 12-3). The Cistercian order that spread over Europe in the 12th century, promulgated the technique, a role taken and developed afterwards by the Hanseatic League in the 13th century (Moore, 1991). From then on, brickmaking and its use in architecture intensify (Morriss, 2000).

II) Brick characteristics

II – 1) Terminology

The term “brick” probably comes from the old French “briche”, coming from the Flemish word “breakan” meaning “a broken piece” (Chapelot, 2004, 162). In English, the words “*Brike*”, “*Bricke*” or “*Brykes*” appear from the early 15th century. In this work, the term “brick” will be largely used to describe any walling CBM which has a minimum thickness of 2.5 cm, according to the definition of Harley (1974).

II – 2) Dimensions

The characteristics of bricks have not evolved much through time as their size is limited and defined by the requirement that they remain practical to handle. In BC 23, Vitruvius (*De Architectura Libri Decem*, II, 3) reports standards and rules of unfired bricks. These materials are relatively long and their thickness varies from 2.5 to 3.7 cm. Dealing with fired bricks, the Edict of Maximum of Diocletian speaks of their size. For the Roman period in Britain, five shapes of the most commonly used bricks were identified by Brodribb (1987, 145): the *bessalis* (20 x 20 x 4 cm), the *pedalis* (28 x 28 x 4 cm), the *sequipedalis* (10.5 x 10.5 x 5 cm), the *bipedalis* (56 x 56 x 6 cm) and the *hydium* (40.5 x 28 x 4 cm). *Tegulae* have a length ranging from 31 to 57 cm, width from 27 to 48 cm and thickness from 0.9 to 3.5 cm. *Imbrices* have an average length of 40 cm, a width varying from 36 to 51 cm and a thickness from 1.4 to 3 cm (Brodribb, 1987, 144). The first post-Roman bricks appearing in England from the second half of the 12th century are qualified as “Great Bricks” (Gardner, 1955), displaying an average size of 32.5 x 15.5 x 5 cm. They seem to have appeared for the first time in Coggeshall Abbey in 1148 (Knowles, 1949). Such bricks are evinced by the Flemish bricks from the 13th century. Hence, medieval brick sizes influenced by their Flemish origin and the local demands range from 21 x 10 x 5 cm to 25 x 13 x 5 cm (Lynch, 1994). However, despite the standards imposed in the case of artisanal or semi-industrial productions, brick sizes are actually rarely uniform (Chapelot, 2004, 161). It is indeed difficult to find two strictly identical moulds, even within one workshop. Moreover, each guild had its own rules and modules. And finally, brick dimensions are also often subject to variation and distortion (Araguas, 2003, 27) during their firing leading to a deformation of their original size and shape. Numbers of measurement studies made on bricks have shown that size varies from one to another (Alberti, 1485, 148; Lugli, 1957, 667-72; Araguas, 2008, 49-50, Potter, 2001, 122-3). It seems obvious then that size alone does not provide an efficient criterion to establish the origin of a brick or the period of its making (Harley, 1974).

II – 3) Colours

Similarly, the colour of brick also does not provide a sufficient criterion to reliably indicate the source of the material, as it depends on the clay, the thermal treatment (temperature reached, firing atmosphere), the fuel used and the position of the brick in the kiln (Campbell, 2004, 16; Firmin, 1994, 4-5).

English summary

II – 4) Production techniques

Described here are the traditional brickmaking steps as best they are known from Roman and late medieval periods, since there are no written or iconographic records for the period concerned (Moore, 1991; Hollestelle, 1961, 276; Fig.20). The raw material required to make brick is clay, which derives from the transformation of feldspars and micas from the disintegration of crystalline rocks (Caillère *et al.*, 1963; Millot, 1964). Once extracted, the clay rests over the winter, when the frost action breaks the clay (Moore, 1991). It is then ground, sieved and mixed to remove the impurities and rock fragments to favour the cohesion of the mix and to avoid cracks during firing (Moore, 1991; Campbell, 2004, 16). In the Roman period, the clay was also decanted several times to remove coarse inclusions, resulting in a fabric of Roman CBM. Sand is added to reduce the risk of crack during drying and firing. The clay mix is then cut with wooden frames (Chapelot, 2004, 154 ; De Filippo, 2004, 98). Sometimes sand can be spread on the mould to avoid clay adhering to the wood (Ryan, 1996, 4). After being removed from the mould, the raw brick is dried for periods ranging from several weeks to several months. Firing is performed in a kiln or in a temporary clamp (Adam, 1989, 66; Chapelot, 2004, 154; Hollestelle, 1961, 271).

II-5) Qualities of bricks

The use of CBM in masonry structures whether premeditated or by chance, provides a number of useful qualities since bricks are durable, solid, resistant, fire and water proof (Handisyle & Haseltine, 1974, 29). The combination of CBM with mortar is particularly advantageous as together they provide an architectural buffer. Moreover, the limited size of the bricks and the potential of mortar joints thickness can produce a large range of building shapes, allowing flexibility in the brickwork (Handisyle & Haseltine, 1974, 29). All these qualities influence the way CBM are used in masonry structures.

III – The use of CBM in early medieval architecture

III-1) Hypothesis of re-use

The hypothesis of Roman CBM re-use in early medieval buildings was proposed in the 18th century in England (Morrant, 1768, 298). However, in the 1960's, Davey and Jope, being cautious towards this too general an assumption, considered that further examination should be undertaken on the material in the buildings (Davey, 1961; Jope, 1964, 113). Such doubts are similarly raised by the discoveries in England of decorative floor tiles in Westminster, York, Peterborough, Coventry, St Albans, and Canterbury, all from 10th-12th century archaeological contexts (Betts, 1996; Betts, *et al.*, 1991, 37). For the Carolingian Empire, there exists indirect evidence of brick production in the early Middle Ages when Einhard, friend, counsellor and biographer of Charlemagne, orders in a letter the making of 260 large bricks (Greenhalgh, 1989; Norton, 1983, 36). Another testimony is provided by Dudo of St Quentin, biographer of the Dukes of Normandy, who mentions the building site of the sanctuary of la Trinité, at Fécamp (granted by Richard I), the techniques used on the site and particularly the manufacture of CBM

(Lair, 1865, 290-291; Renoux, 1991, 473-5). However, there is no evidence of what kind of material is made (wall bricks or roof tiles). In the 1950's, concerning the Collegiate church of St Martin, American archaeologist G.Forsyth suggests the existence of Carolingian bricks used in the masonry (Forsyth, 1953, 25). Between 1969 and 1972, on the 9th-10th century site of la Médecinerie at Saran (Loiret) a dozen ovens were discovered, revealing a production site of CBM especially for antefixa and modillions (Debal, 1969; Chapelot, 1970). Despite all the evidence, archaeologist M.de Bouärd declared that on the basis of the limited amount of CBM used in early medieval buildings in northern France, these materials are likely to have been salvaged from abandoned Roman sites (1975, 55-6).

One of the aims of this work is therefore to evaluate whether bricks used in the building of Anglo-Saxon or pre-Romanesque churches are Roman *spolia* or materials contemporary to the construction.

III-2) CBM as a witness of early medieval material culture

CBM is a constituent unit of an architectural whole and as such, it contributes to the physical realisation of the building. It is not only an anecdotal element of the construction but can constitute an essential component, especially when associated with others to realize an architectural pattern, an element such as a specific *opus*, or an opening. Its use in a masonry structure can provide a typological criterion that allows a period to be assigned to the whole building or phase. Its use is therefore full of meaning and certainly improves our understanding of the rest of the building. If CBM constitutes a witness of past architecture, it also represents a witness of past material culture. Indeed, the way in which CBM is used is full of indications and clues about social behaviour. Bringing this knowledge to light would allow an invaluable insight into the lives of the builders. The aim is to look at the material aspects (the origin and the mode of use of the CBM) in order to evaluate a larger aspect of early medieval society, from a socio-economical (managing a building structure), a functional (practical, economical choice) or an ethical (religious, iconic meaning) aspect. Indeed, what do the builders intend to do or to show by using this particular material. How is it used, and in which parts of the buildings? Which criteria govern the choice of the builders? What kind of building resorts to its use? Are the CBM Roman spolia or an early medieval material? This thesis attempts to address these questions using building archaeology methodology combined with the dating method of luminescence.

PARTIE 2

METHODOLOGIE DE LA DATATION PAR LUMINESCENCE DES TERRES CUITES

CHAPITRE 5

ETAPES PRELIMINAIRES A L'ETUDE DES ECHANTILLONS

CHAPITRE 6

CARACTERISATION DU MATERIEL A DATER

CHAPITRE 7

DATATION PAR LUMINESCENCE STIMULEE

ENGLISH SUMMARY

La chronologie constitue le noyau de l'étude archéologique du bâti. Tous les autres aspects de cette discipline ne prennent un sens que lorsqu'ils sont rattachés à la chronologie de l'utilisation et de l'évolution de l'édifice

Dans le cadre de ce travail de recherche, l'étude s'est focalisée sur un matériau de construction spécifique, à savoir les terres cuites architecturales. Afin de répondre aux questions relatives à l'origine des matériaux employés dans l'architecture du haut Moyen Age, on a procédé à la datation de leur manufacture à partir de la méthode de datation par Luminescence. Cela a ainsi permis dans un premier temps de trancher entre l'hypothèse de remploi antique et celle de production médiévale. Le cas échéant, si on suppose contemporaines la fabrication de ces matériaux et l'édification du bâtiment, alors dater la terre cuite peut s'assimiler à dater la maçonnerie. On pourra ainsi non seulement vérifier ou proposer une date de construction de l'édifice d'origine, mais aussi éventuellement définir les différentes phases de construction qui se sont succédé pour celui-ci.

Dans cette partie est présentée la méthodologie qui a été mise en place au cours de ce doctorat afin d'exploiter de façon optimale les agents de l'information « âge » contenus dans les terres cuites.

ETAPES PRELIMINAIRES A L'ETUDE DES ECHANTILLONS

I) Prélèvement sur le terrain



Figure 21 : Utilisation de la carotteuse lubrifiée à l'eau.

Le choix des zones de prélèvement des échantillons de terre cuite se fait en conjonction avec les problématiques historiques et archéologiques à élucider. Dans la mesure du possible, plusieurs échantillons sont prélevés par phase de construction ou structure architectonique afin de s'assurer de leur contemporanéité et d'affiner la date moyenne en réduisant les incertitudes. Cependant, lorsque l'objectif archéologique n'est que de vérifier l'hypothèse de remploi des briques, un seul prélèvement est en théorie nécessaire.

Il existe plusieurs moyens de prélever : au burin et au marteau si les dégâts esthétiques ne priment pas ou par carottage à sec ou lubrifié à l'eau (fig.21). Le trou laissé par le prélèvement est alors rebouché avec un mortier de même couleur que la brique échantillonnée.

II) Préparation au laboratoire

Une section de l'échantillon prélevé est ensuite obtenue par sciage lubrifié à l'eau au laboratoire et est réservée aux analyses préliminaires pour la caractérisation de l'échantillon (chap.2). Une portion de l'échantillon restant est assignée à l'analyse pour sa datation (chap.3). Ce morceau, une fois séché dans une étuve, subit un broyage manuel ménagé au mortier et au pilon. La poudre obtenue est tamisée en fonction des fractions granulométriques recherchées, puis subit des traitements chimiques adéquats pour se débarrasser des agents polluants à la luminescence et pour ne conserver que l'espèce minérale souhaitée (§II-1, chap.3).

CARACTERISATION DU MATERIEL A DATER

Afin de jauger au mieux les potentialités du matériau pour sa datation, il s'avère nécessaire d'identifier et d'évaluer les composantes des terres cuites porteuses de l'information chronologique. Pour ce faire, on a eu recours au laboratoire du CRPAA de Bordeaux 3 au couplage de diverses techniques de caractérisation afin d'estimer la morphologie et la nature des grains à dater.

I) Etude de la texture

Il s'agit ici d'étudier la nature et la dimension des grains, ainsi que leur agencement.

I-1) Observation à la loupe binoculaire

L'observation à la loupe binoculaire est une étape préliminaire essentielle à la caractérisation du matériau à dater. Elle permet en effet une première évaluation de la texture de la pâte et en particulier du type et de la taille des dégraissants. On cherche ainsi à savoir si la pâte est fine ou grasse, c'est-à-dire si elle est riche en fines inclusions réparties de manière homogène, ou, au contraire, s'il s'agit d'une pâte grossière compte tenu de l'irrégularité de la granulométrie des inclusions qui composent son dégraissant.

L'équipement auquel nous avons recours à Bordeaux est une loupe binoculaire à effet de zoom (Olympus SZH) avec une source lumineuse halogène (Intralux 5000) éclairant l'échantillon à l'aide d'une fibre optique.

I-2) Observation par cathodoluminescence

La cathodoluminescence se traduit par une luminescence résultant de l'interaction d'un faisceau d'électrons avec un matériau isolant ou semi-conducteur (Schvoerer *et al.*, 1986), dont la bande interdite est en accord avec la gamme spectrale visible. Ce phénomène est provoqué par la désexcitation radiative de centres luminogènes, surtout des impuretés, telles que des terres rares ou des métaux de transition, et/ou des électrons-trous issus des défauts matriciels bombardés et dont la recombinaison s'accompagne de l'émission de lumière.

L'échantillon poli est placé dans une chambre « sous vide » et est bombardé d'électrons accélérés par une différence de potentiel de 10kV environ. La couleur de l'émission résultante est indicatrice de la nature du matériau analysé en particulier celle des cristaux d'une terre cuite (Bechtel & Schvoerer, 1984 ; Piponnier *et al.*, 1996, 1997).

Au laboratoire, l'appareillage utilisé est constitué d'un luminoscope créant un faisceau d'électrons de 1 à 18 keV), un canon d'électrons, une chambre Nuclide, une loupe binoculaire (WILD Heerbrugg), une caméra (3CCD Sony, DXC-930P) et d'un module d'enregistrement.

I-3) Analyse au microscope polarisant

La microscopie en polarisation permet de préciser les relations mutuelles des grains et parfois d'identifier un minéral à partir de ses propriétés optiques (Courtois, 1976 ; Roubault, 1963). L'étude au microscope polarisant ne peut s'effectuer qu'à partir de lames minces.

Une première observation s'effectue en lumière polarisée afin de visualiser la symétrie des cristaux et d'en déterminer certaines caractéristiques telles que la forme, le relief (la netteté), les clivages (dont les plans correspondent à ceux de « débit facile ») et la couleur (si l'absorption est faible, le corps est transparent ; si l'absorption est particulièrement grande pour certaines longueurs d'onde, le minéral est coloré ; si l'absorption est totale, le corps est opaque).

Une seconde observation s'effectue en lumière polarisée analysée afin d'étudier la biréfringence (en fonction de l'ordre de la teinte de polarisation), l'angle d'extinction, les macles (surface d'accolement de minéraux identiques mais différemment orientés) et zonations (organisation concentrique du minéral due à la variation de composition chimique au cours de sa croissance) des minéraux. Ces informations permettent de renseigner sur la nature et l'agencement des minéraux contenus dans les briques.

I-4) Observation au microscope électronique à balayage (MEB)

L'observation au MEB, qui s'effectue le plus souvent sur lames minces, permet l'étude de la morphologie et de la nature de la matière à l'échelle du μm .

Les différents systèmes d'imagerie du MEB permettent en effet d'observer la topographie de la surface (en mode électrons secondaires), de distinguer la distribution des atomes en fonction de leur densité électrique (mode électrons rétrodiffusés) et de localiser la distribution d'un atome déterminé (mode cartographie de rayons X) en fonction de son rayonnement de fluorescence X caractéristique.

Le faisceau d'électron de 50nm de diamètre, généré par un filament de tungstène chauffé à 2700K, scanne la surface point par point et ligne par ligne. L'interaction entre les électrons du faisceau incident et les nuages électroniques des atomes analysés provoque le rayonnement d'électrons secondaires, rétrodiffusés, de photons et de rayons X en particulier.

Pour ce qui nous intéresse, les électrons rétrodiffusés, issus d'une profondeur de l'ordre de 10 à 100nm, résultent des collisions élastiques ou quasi-élastiques produites entre l'électron incident et le nuage électronique de l'atome. Les images en mode électrons rétrodiffusés présentent un contraste de composition puisque le coefficient de rétrodiffusion est fonction de la densité électronique et donc du numéro atomique. Une surbrillance de l'image est donc caractéristique de la présence d'un élément lourd, tandis qu'un élément léger sera repérable par un niveau de gris plus sombre. Ce type d'image permet donc de localiser rapidement les hétérogénéités de la composition chimique.

La cartographie de rayons X permet d'obtenir des cartes de distribution des éléments, réalisées par détection des photons X caractéristiques (raies $\text{K}\alpha$ ou $\text{L}\alpha$) des éléments constitutifs d'un échantillon. On obtient ainsi des informations qualitatives sur la répartition

des éléments présents dans une couche superficielle d'1µm d'épaisseur environ (Eberhart, 1989).

Le MEB utilisé au laboratoire de Bordeaux est de la marque JEOL, modèle JSM-6460LV.

II) Identification de la nature des grains

II-1) Analyse chimique de la nature des grains constitutifs de la brique par spectrométrie X en dispersion d'énergie (EDS)

L'énergie et l'intensité d'émission des photons X émis lors de l'interaction décrite ci-dessus dépendent de la composition de l'échantillon. Le spectre X est constitué d'un fond continu et d'un spectre de raies caractéristiques des éléments contenus dans l'échantillon. L'analyse quantitative requiert la calibration au préalable du signal à partir des raies de fluorescence du cobalt. Les données quantitatives sont calculées à partir de profils étalons fournis par la société Link, sur des standards de Oxford Instruments (Fremont, USA).

Conformément à l'usage, les résultats de l'analyse chimique sont exprimés en pourcentage pondéral d'oxydes, normalisés à 100%. Ils représentent généralement la moyenne d'une dizaine de mesures sur des zones de même surface (~3,6 x 2,9 mm). L'écart-type associé rend compte de la dispersion de composition des zones analysées.

Le dispositif utilisé au laboratoire est un équipement d'analyse par EDS Link ISIS 300, couplé au MEB permettant l'analyse quantitative des éléments majeurs et mineurs. Le détecteur est un cristal Si:Li refroidi à 77K par azote liquide. Les paramètres opératoires pour l'analyse quantitative sont généralement :

- tension d'accélération des électrons : 20 keV ;
- Distance de travail : 10 mm.

II-2) La luminescence stimulée

Le phénomène et le principe de la méthode sont développés dans le chapitre suivant. La méthode de luminescence stimulée, employée dans ce travail principalement pour la datation des matériaux archéologiques, peut également être utilisée comme méthode de caractérisation des grains sélectionnés par traitements chimiques et mécaniques (chap.1-II). La nature de ces grains peut être identifiée de différentes façons selon le mode de stimulation employé.

La thermoluminescence (TL) consiste à chauffer les grains de la température ambiante jusqu'à 500°C. Les températures des pics de la luminescence qui en résulte sont spécifiques aux fractions minérales analysées. Ainsi en fonction de la forme du signal de TL, on peut distinguer la présence de quartz par rapport à celle de feldspaths ou autre mélange polyminéral parmi la fraction minérale analysée.

La luminescence stimulée par un éclairement à l'infrarouge (IRSL) permet d'évaluer la présence de minéraux feldspathiques puisque, contrairement aux quartz, les feldspaths seuls peuvent en théorie être stimulés par cette longueur d'onde et y répondent par l'émission d'un signal de luminescence.

Partie 2 – Chapitre 6

L'ensemble de ces études de caractérisation préalables à la datation est nécessaire afin d'évaluer de quelles nature et dimensions sont les minéraux les plus abondants. En effet, la technique de datation employée en luminescence est dépendante de la taille, de l'effectif et de la nature des inclusions.

DATATION PAR LUMINESCENCE STIMULEE

Parmi les éléments constitutifs des TCA, les éléments qui supportent l'information chronologique sont les inclusions cristallines qui proviennent de l'argile et des dégraissants rajoutés par le potier pour renforcer la rigidité ou la plasticité de sa pâte. C'est donc à ces derniers que s'applique la méthode de luminescence stimulée.

Nous présentons ici des éléments clefs de la méthode nécessaires à la compréhension des études présentées dans la suite de ce travail.

I) Le phénomène de luminescence et datation

I-1) Descriptif du phénomène physique

La méthode de luminescence est basée sur la propriété des cristaux isolants et semi-conducteurs préalablement irradiés, d'émettre de la lumière au cours d'un apport extérieur d'énergie, sous forme d'un chauffage ou d'un éclairement (Aitken, 1985). Cette émission de lumière résulte des effets cumulatifs de l'irradiation naturelle sur les inclusions cristallines qui composent en partie les terres cuites.

Les atomes des cristaux subissent une ionisation produite par les particules alpha (α), beta (β) et les rayonnements gamma (γ) et cosmiques. Les particules α , β et les rayons γ proviennent de la désintégration naturelle des isotopes radioactifs contenus dans la matrice argileuse et dans son milieu environnant, tels que le potassium 40 (^{40}K), le thorium 232 (^{232}Th) et ses descendants, l'uranium 238 (^{238}U), l'uranium 235 (^{235}U) et leurs descendants et le rubidium 87 (^{87}Rb) ; ce dernier contribuant peu à l'irradiation bêta n'est donc pas toujours pris en compte dans l'irradiation.

Tous les minéraux contiennent des impuretés et des défauts matriciels. Les impuretés peuvent correspondre à des substitutions de Si^{4+} par Al^{3+} , B^{3+} , Fe^{3+} (la zone est alors localement chargée négativement) ou par Ge^{4+} , Ti^{4+} ... (bien que non-chargée, la zone peut accueillir un électron) ou des impuretés interstitielles telles que des ions compensateurs mobiles dans le cristal : H^+ (OH^-), Li^+ , Na^+ . Les défauts matriciels, quant à eux, regroupent des lacunes anioniques (lacune d'ion oxygène O^{2-} entraînant la formation d'une zone chargée ++), des lacunes de cation (Si^{4+} substitué par 4 H^+) ou des liaisons peroxy : $\text{Si}-\text{O}-\text{O}$. Ces défauts constituent des centres-pièges pour les électrons instables, libérés lors de l'ionisation du cristal. Le nombre de centres capturant ainsi une charge s'accroît au fur et à mesure de l'excitation provoquée par irradiation. Un apport d'énergie sous forme thermique ou optique entraîne la brisure des liaisons qui retiennent ces charges dans les centres-pièges. L'électron de nouveau libre peut ainsi se recombiner avec un atome, transfert qui s'accompagne d'une émission radiative (un photon). C'est précisément cette émission de lumière qui intervient dans le phénomène de luminescence stimulée et qui accompagne le vidage progressif des pièges du cristal.

Le processus qui conduit à la luminescence, lors du mouvement des charges libérées par l'apport d'énergie thermique, n'est pas unique. Différents mécanismes ont ainsi pu être élaborés. Nous citerons ici les modèles les plus importants, en renvoyant vers la synthèse de M.J. Aitken (Aitken, 1985) pour une description plus détaillée :

- celui de Schön et Klasens, qui considère une recombinaison électron-trou au site de capture du trou à la suite du passage de l'électron par la bande de conduction,
- celui de Braünlich et Scharman (Braünlich & Scharman, 1964) pour lequel la recombinaison nécessite une activation thermique et le passage par un niveau intermédiaire à partir duquel la transition est possible (il n'y a pas, dans ce cas, de passage par la bande de conduction),
- celui décrit par Seitz (Seitz, 1949), où le centre piège et le centre luminogène sont un seul et même défaut.

Dans le cadre de l'OSL, le phénomène lié au vidage des pièges diffère de celui de la TL. En effet, le mouvement des charges dans le cristal est la conséquence d'une interaction entre les photons excitants et les centres pièges. Bien qu'il soit à l'heure actuelle complexe d'accéder aux mécanismes conduisant à l'évacuation des charges par un apport de lumière, les transferts d'énergie suscités en OSL peuvent être représentés dans un diagramme énergétique, tel que le schéma des bandes utilisé en TL. Dans le cadre du modèle de Seitz, on suppose une identité entre le centre piège et le centre luminogène (Seitz, 1949). Divers formalismes ont été élaborés pour simuler la cinétique du vidage des pièges lors d'un éclairement. Ils considèrent plusieurs types de défauts, des liens variés entre les centres pièges et les centres de recombinaison et différentes probabilités d'excitation des charges (Mc Keever & Chen, 1997 ; Mc Keever *et al.*, 1997a & b ; dérivé du modèle présenté par Mc Keever, 1991).

La méthode de luminescence stimulée est donc basée sur la capacité des cristaux à capter et emmagasiner l'énergie d'origine radioactive sous forme d'états électroniques métastables, et à la restituer sous forme de luminescence au cours d'un apport d'énergie suffisant, comme un chauffage ou un éclairement.

I-2) Principe de la méthode de datation

Suite à la dernière cuisson archéologique de la céramique qui a pour effet de vider les pièges remplis au cours de l'irradiation géologique, les défauts des cristaux sont de nouveau capables de capturer les électrons mis en mouvement par l'irradiation naturelle. Cette quantité d'énergie absorbée et stockée, appelée « dose archéologique » ou « paléodose », est proportionnelle au temps écoulé depuis cette remise à zéro du chronomètre et à l'intensité de la radioactivité à laquelle les cristaux sont soumis.

L'énergie fournie au laboratoire sous forme d'un chauffage ou d'un éclairement suffisant pour permettre le vidage de tous les pièges, entraîne la libération des électrons capturés, phénomène s'accompagnant de la dissipation de l'énergie stockée, notamment par émission de photons; c'est la *luminescence stimulée thermiquement ou optiquement* (TL ou OSL).

La dose archéologique étant proportionnelle au temps d'exposition et à la dose d'irradiation annuelle, l'équation d'âge de la méthode, dans sa forme simple, est donc:

$$T = Q_{\text{nat}} / I_{\text{an}}$$

avec **T** : âge ou durée d'exposition de l'objet à la radioactivité, exprimée en années ;

Q_{nat} : paléodose ou dose archéologique totale reçue par l'objet à dater, exprimée en Gy ;

I_{an} : dose d'irradiation annuelle moyenne en Gy/an.

Les sources d'irradiation contribuant à la dose annuelle proviennent de l'échantillon lui-même et de son environnement.

Chacune des composantes de la dose annuelle peut s'exprimer comme la somme de composantes d'irradiation dues respectivement aux particules alpha, bêta, et aux photons gamma, provenant de la désintégration des radioéléments naturels, présents dans l'échantillon à dater et dans son environnement. Parmi les composantes de la dose annuelle d'irradiation provenant de l'environnement, il convient de considérer également l'irradiation provoquée par les rayons cosmiques.

I-3) Usages de la méthode

Les matériaux les plus fréquemment analysés en luminescence stimulée sont ceux contenant des cristaux (quartz et feldspaths principalement) anciennement chauffés à des températures supérieures à 300 °C environ ou des carbonates de calcium. Ainsi la méthode peut s'appliquer à la datation de matériaux archéologiques tels des silex chauffés (Valladas, 1985 ; Mercier *et al.*, 1995), des terres cuites (Guibert *et al.*, 1998 ; Bailiff & Holland, 2000 ; Vieillevigne *et al.*, 2004), des sédiments rubéfiés (terre de foyer chauffée) (Guibert *et al.*, 1999), des calcaires chauffés (Roque *et al.* 2001), des quartz ou quartzites (Roque *et al.*, 2001) utilisés comme pierre de foyer par exemple, mais également à la datation de formation géologique de certains minéraux. Des tentatives ont également été menées pour la datation de scories métalliques (Haustein & Kröbtschek, 2002). Dans le cas de l'OSL, la méthode est également applicable à la datation des matériaux insolés. Dès lors, de nouvelles catégories d'échantillons peuvent être traitées, en particulier les sédiments dont l'étude permet la datation indirecte des vestiges archéologiques qu'ils contiennent. De la même façon, des études exploratoires ont été récemment menées afin de tenter de déterminer le moment de la mise en place de matériaux de construction, tels que des briques ou d'autres types d'éléments architecturaux, préalablement exposés à la lumière, permettant ainsi de répondre à de nouvelles problématiques associées à la datation directe du bâti (Vieillevigne *et al.*, 2006).

En théorie, la méthode de datation par luminescence n'a pas de limite inférieure, cependant le signal mesuré doit être supérieur au bruit de fond pour pouvoir être détecté. La limite supérieure est, quant à elle, estimée à un million d'années environ pour les quartz (Miallier *et al.*, 1991). La méthode est ainsi amplement utilisée pour les périodes allant du Paléolithique au Moyen Age.

II) Mise en œuvre : détermination de la paléodose

II-1) Matériau support

II-1-1) Définition du système étudié

Les cristaux constitutifs de la brique sont continument soumis à une irradiation. Les sources d'irradiation sont constituées des particules α , β internes au cristal, des particules α , β et des rayonnements γ de la brique et des rayonnements γ et cosmiques de l'environnement (fig.22).

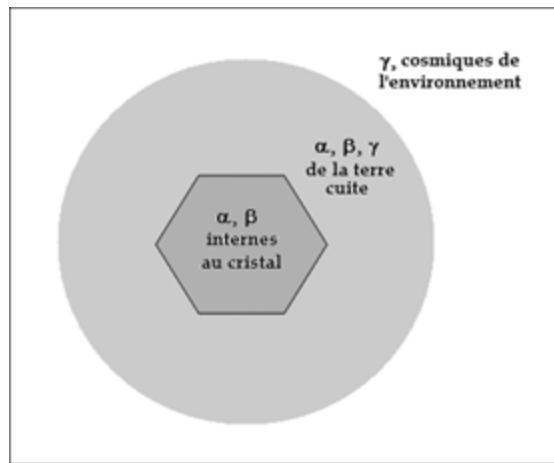


Figure 22: Description des différentes sources contribuant à l'irradiation du cristal.

La particule α est un noyau d'hélium ionisé (chargé positivement), fortement énergétique. Son pouvoir de pénétration dans les solides est relativement faible (épaisseur cristalline traversée, approximativement équivalente à 20 μm), car c'est une particule très lourde (de poids 8000 fois supérieur à celui des β), qui perd rapidement son énergie et qui est donc vite arrêtée par la matière. De ce fait, la contribution de cette particule à l'irradiation des cristaux de la terre cuite peut être supprimée d'une part, en éliminant une partie de la surface externe de l'objet analysé, ce qui a pour effet de rendre négligeable la contribution des particules α du milieu environnant ; et d'autre part, en supprimant la couche externe des grains minéraux par un traitement chimique adéquat, dans le but de s'affranchir de la contribution α des radioéléments provenant de l'échantillon lui-même.

La particule β est un électron très énergétique et relativement pénétrant (pouvant traverser une épaisseur cristalline d'environ 2 mm). L'influence des particules β provient donc surtout des radioéléments internes et la contribution des β externes (c'est-à-dire, ceux de l'environnement) peut donc être négligée en supprimant la couche externe de l'échantillon étudié sur au moins 2 mm d'épaisseur, en abrasant celle-ci par râpage.

Le rayonnement γ est une onde électromagnétique, dans la nature et est constitué de photons fortement énergétiques (de l'ordre de 20 keV à 3 MeV) et très pénétrants (environ 30 cm pour les plus énergétiques d'entre eux). Ce rayonnement a le même pouvoir d'ionisation qu'une particule β ; c'est-à-dire qu'il provoque la même luminescence pour le même dépôt d'énergie. Ainsi, dans la pratique, on ramènera cette contribution à une dose équivalente β .

Enfin, les rayonnements cosmiques, issus de milieux interstellaires, sont essentiellement constitués de protons, de noyaux d'Hélium et d'électrons, d'énergie de l'ordre du GeV.

Ces projectiles radioactifs provoquent des dégâts sur la matière qui se traduisent par la mise en mouvement des électrons dans le réseau des cristaux.

La diversité de ces modes d'irradiation n'est pas sans conséquence dans la mise en œuvre de la datation. En fonction de la nature et des dimensions des grains analysés (Mejdhal, 1979 ; Brennan *et al.*, 1991), les protocoles de la méthode varient.

II-1-2) Technique des grandes inclusions de quartz

Cette procédure, décrite par S.J. Fleming (Fleming, 1970), consiste à sélectionner des grains de dimensions de l'ordre de la centaine de μm , l'intervalle granulométrique sélectionné diffère selon les laboratoires. Il est de 80 à 200 μm à Bordeaux. Au laboratoire de luminescence de Durham, la fraction granulométrique généralement choisie pour l'OSL est celle des « grandes inclusions » de diamètre compris entre 90 et 150 μm . Cependant, on a pu avoir aussi ponctuellement recours aux granulométries comprises entre 53 et 90 μm ou entre 150 et 355 μm . D'autre part, ces dimensions rendant plus aisée la manipulation des grains, il s'avère possible de sélectionner une unique phase cristalline et on préférera en particulier celle des quartz, ces derniers étant supposés généralement non-radioactifs, la dose interne des grains est donc souvent considérée comme nulle⁴. Enfin, en fonction de la méthode de préparation des grains, en particulier en fonction du traitement chimique administré, on peut également s'abroger de la contribution α de la brique à l'irradiation. En effet, à Durham, les grains sont traités à HF 40% ce qui entraîne une dissolution totale des feldspaths et de la partie externe des quartz sur une épaisseur correspondant à la zone irradiée par les alpha de la brique. A Bordeaux, en revanche, les grains subissant une attaque contrôlée de la fraction 80-200 μm par H_2SiF_6 31%, la silice est épargnée (il conviendra donc ici d'évaluer la contribution α de la brique). A Bordeaux, la sélection est également affinée par flottation en liqueurs denses entre les densités 2,63 et 2,67 (densité du quartz : 2,65).

Les différentes contributions à l'irradiation des grandes inclusions de quartz sont donc α , β et γ de la brique (hormis lorsque les grains ont été décapés, auquel cas on s'abroge de la contribution α de la brique), γ et cosmiques de l'environnement.

II-1-3) Technique des petites inclusions de quartz

Cette technique implique la sélection de grains de quartz de faibles dimensions de manière à ce qu'ils soient entièrement traversés par les alpha. A Bordeaux, le diamètre choisi est compris entre 3 et 12 μm . Pour ce faire, la fraction granulométrique inférieure à 40 μm issue du tamisage est attaquée par H_2SiF_6 31%, puis on récupère par un processus de décantation

⁴ Cette hypothèse est cependant à nuancer car, au cours de ce travail d'étude nous avons été confrontés à des quartz (ou plus exactement, des quartzites) qui ont présenté une irradiation interne non-nulle. Ce phénomène nous a donc amené à vérifier la « pureté » des grains de quartz utilisés lors de la détermination de la paléodose, en évaluant leur composition radiochimique, soit par spectrométrie gamma à bas bruit de fond, comme ce fut le cas à Bordeaux, soit par ICP-MS à Durham.

différentielle les grains de dimensions comprises entre 3 et 12 μm . Les minéraux étant de dimensions inférieures au parcours des α , il s'avère donc nécessaire dans de prendre en compte l'irradiation α de la brique. D'autre part, comme pour la technique des grandes inclusions de quartz, cette technique permet de se dispenser de l'auto-irradiation des grains. Ainsi, pour cette granulométrie et minéralogie, les différentes contributions à l'irradiation sont : α , β et γ de la brique et γ et cosmiques de l'environnement.

II-1-4) Technique des petites inclusions polyminérales

Cette procédure a été décrite par D.W. Zimmerman (Zimmerman, 1971 ; 1978). Comme la technique précédente, elle implique l'extraction de grains de diamètre compris entre 3 et 12 μm , ces derniers ayant été soumis à un nettoyage de leur surface par attaque ménagée HCl (1M), HF (0,5M). L'avantage de cette technique est qu'elle intègre la contribution de feldspaths ou aluminosilicates dont la luminescence est plus importante que les quartz, assurant ainsi une bonne reproductibilité et précision des résultats. Ceux-ci pouvant être composés des radioéléments K, U et Th, il devient alors nécessaire de prendre également en considération l'irradiation interne aux grains. On suppose que la composition des petites inclusions est très proche de celle de la terre cuite globale, c'est-à-dire que les concentrations en K, U et Th des grains sont approximativement équivalentes à celles de la terre cuite. Ainsi les différentes contributions intervenant dans l'irradiation des petites inclusions polyminérales sont : α , β internes aux grains, α , β et γ de la brique et γ et cosmiques fournies par l'environnement.

D'autre part, les feldspaths sont sujets à un phénomène de *fading*, c'est-à-dire à une perte progressive au cours du temps de l'information chronologique qu'il faudra donc prendre en compte dans le calcul d'âge.

II-2) TL à Bordeaux

II-2-1) Méthode des ajouts de dose suivis de régénération

Le principe de la mesure de la dose archéologique est basé sur la comparaison de la TL naturelle provoquée par la radioactivité naturelle subie au cours de l'histoire de l'échantillon, et de la TL artificielle induite au laboratoire par une irradiation à l'aide de sources radio-isotopiques calibrées.

La méthode « d'ajouts de dose suivie de régénération » a pour principe de réaliser deux séries d'expériences sur un même échantillon, ce dernier ayant été réparti en quantité égale sur plusieurs nacelles. La première série, qualifiée de « première lecture », consiste à mesurer le signal de TL naturelle sur des prises d'essai identiques dont certaines ont reçu une dose d'irradiation supplémentaire (fig.23). A ce niveau, l'expérience ne permet pas de déterminer la valeur de la dose équivalente, correspondant à l'intersection de la courbe extrapolée et l'axe des abscisses, puisqu'on se trouve en dehors du domaine de définition des données expérimentales et que la loi de variation de l'intensité de la TL en fonction de la dose d'irradiation n'est pas forcément linéaire. La solution préconisée est alors d'effectuer une

autre expérience qui permettra d'évaluer le comportement du matériau pour des doses très faibles.

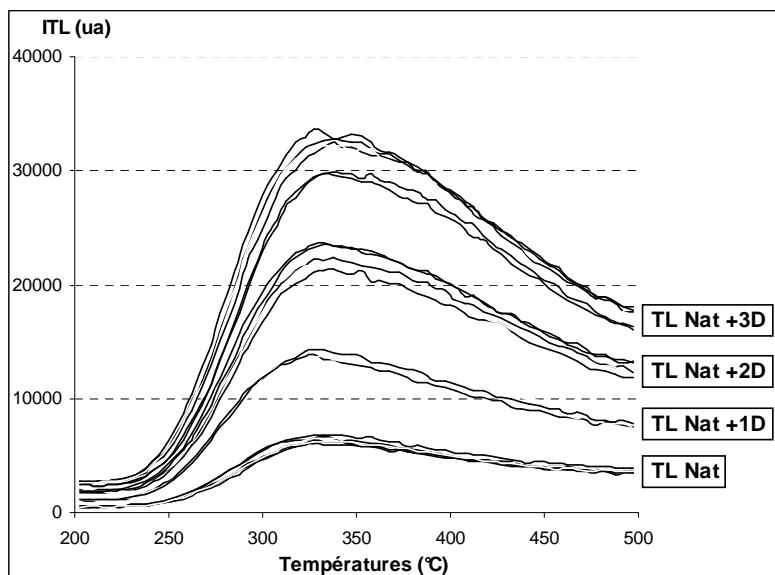


Figure 23 : Ensemble de courbes de TL obtenu sur des cristaux de quartz et de feldspaths extraits d'une brique de Saint-Martin d'Angers (Bdx 9461), par l'ajout de doses d'irradiation bêta sur l'irradiation naturelle ("TLnat+1d, +2d, +3d"). Cette série d'expériences est également appelée "première lecture". Le chauffage des cristaux est effectué en atmosphère d'azote, de l'ambiante à 500°C, à la vitesse de 4°C/s. Un palier est respecté à 190°C pendant 2mn, de manière à éliminer les composantes instables de la TL. Les signaux exploités pour la datation sont compris entre 280°C et 480°C.

Cette série suivante, dite de « seconde lecture », consiste à régénérer la luminescence issue de prises d'essai préalablement vidées de leur TL par un chauffage, ou « recuit », et ré-irradiées artificiellement au laboratoire par des doses croissantes. Les points expérimentaux de cette deuxième série permettent de tracer la loi d'acquisition : $TL=f(\text{dose})$, c'est-à-dire la courbe d'étalonnage spécifique des cristaux de cet échantillon. Elle peut être approchée par une fonction, de type polynomial par exemple, déterminée par une méthode de moindres carrés (Guibert *et al.*, 1996a; Guibert *et al.*, 1999).

En considérant que les grains provenant du même échantillon possèdent les mêmes caractéristiques de luminescence d'une expérience à l'autre, on peut alors transposer la loi d'acquisition sur les points de première lecture en recherchant le meilleur ajustement possible (Sanzelle *et al.*, 1996, Guibert *et al.*, 1996a). La valeur de la dose équivalente correspond alors à l'intersection de la courbe de première lecture ainsi tracée avec l'axe des abscisses dans la représentation graphique de la figure 24.

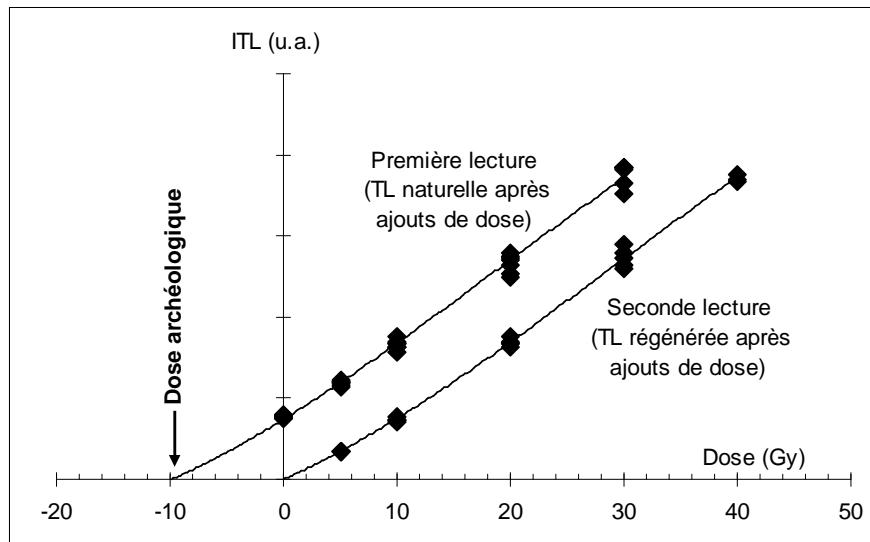


Figure 24 : Détermination de la dose d'irradiation archéologique à partir de deux séries d'expériences obtenues par l'ajout de doses respectivement sur l'irradiation archéologique/naturelle (première lecture) et sur le matériau préalablement vidé de sa TL naturelle (seconde lecture). La transposition aux points de première lecture de la fonction déduite de la seconde série de mesures, qui décrit l'évolution de l'intensité de TL en fonction de la dose administrée, depuis l'origine, permet d'accéder à la dose d'irradiation archéologique, trouvée, comme précédemment, à l'intersection de la fonction avec l'axe des abscisses.

L'intérêt majeur de cette méthode est d'éviter la détermination de la dose archéologique par extrapolation, minimisant ainsi le risque d'obtenir une valeur erronée lors d'un montage incorrect de la courbe. La seconde série de mesures permet en effet d'atteindre une meilleure justesse des résultats.

En revanche, il existe un risque de changement de sensibilité du matériau à l'irradiation, qui correspond à une variation de l'intensité de la thermoluminescence par rapport à une unité de dose d'irradiation.

Autre inconvénient, cette méthode requiert une quantité de matériel importante compte tenu du nombre de prises d'essai utilisées.

II-2-2) Test du plateau de dose

La méthode de datation par luminescence n'est applicable que si le matériau a bien été remis à zéro lors de son dernier chauffage archéologique. Si cette condition n'est pas satisfaite, alors le matériau risque de contenir une composante non nulle de TL d'origine "géologique", s'additionnant à la dose archéologique et entraînant par conséquent une surestimation de la valeur archéologique recherchée. Dans le cas des TCA néanmoins on peut être relativement assuré de la validation de cette condition, dans la mesure où celles-ci ont généralement été cuites à des températures suffisamment élevées pour vider les pièges. Cependant la probabilité de rencontrer une brique « mal-cuite » n'est pas tout à fait négligeable comme nous avons pu l'observer au cours de notre analyse des briques de Notre-Dame-sous-Terre au Mont-Saint-Michel.

Pour s'assurer de cette condition nécessaire à la bonne réalisation de la datation, il convient de procéder à un test dit « de plateau ». Celui-ci permet de déterminer sur quel intervalle de

température le comportement de la luminescence est stable. Sa mise en évidence se fait par l'étude de l'évolution de la dose naturelle évaluée en fonction de la température (fig.25). De manière pratique, les courbes sont divisées en intervalles de 5°C sur lesquels l'intensité de TL est intégrée. L'intégration se fait généralement dans la région du pic à 350°C. Pour cet intervalle de température sera calculée une loi d'acquisition fournissant une approximation polynomiale de la dose naturelle. Le domaine de température sur lequel la dose archéologique varie peu sera le domaine dit « du plateau » et c'est sur ce domaine que la comparaison des courbes de première et deuxième lecture sera effectuée.

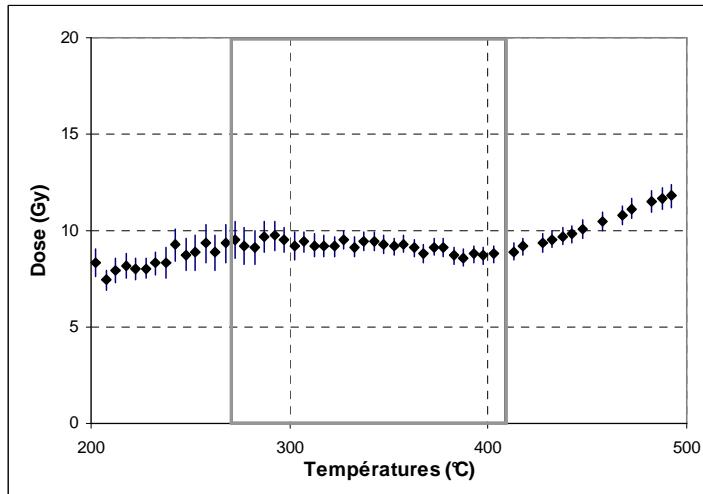


Figure 25 : Test du plateau réalisé sur l'échantillon Bdx9462, de Saint-Martin d'Angers. Ce test est préalable à la mise en œuvre de la méthode des ajouts de dose. Pour un matériau suffisamment chauffé dans le passé, tous les pièges visibles en TL sont vidés à l'instant zéro et il existe un domaine de température dans lequel la dose archéologique est trouvée constante (ici, entre 280 et 410°C). Pour un matériau insuffisamment chauffé, des pièges situés à haute température sont encore remplis, et il n'est pas possible d'identifier un domaine de stabilité de la dose naturelle. L'échantillon n'est dans ce cas pas datable.

II-2-3) Test de recuit

Le chauffage inhérent à l'expérience de thermoluminescence modifie généralement les propriétés de TL des matériaux, dont la sensibilité à l'irradiation peut varier.

La "remise à zéro" de la TL du matériau à dater afin de déterminer sa loi d'acquisition nécessite la définition des conditions de chauffage inhérentes à cette opération selon le principe des moindres perturbations. Il convient donc de déterminer la température de remise à zéro (Roque *et al.*, 2004 ; Vieillevigne *et al.*, 2006), ce par un test dit « de recuit » effectué au cas pas cas pour chaque échantillon. Physiquement, cela revient à remettre le matériau dans un état électronique le plus proche possible que celui acquis à l'issue du chauffage archéologique.

Pour cela, nous définissons des températures de remise à zéro (500, 550, 600, 650, 700 et 800 °C) que l'on applique pendant une heure à différentes prises d'essai du matériau archéologique à dater.

Nous comparons ensuite l'intensité et la forme des signaux de TL obtenus après une irradiation à ceux de la TL naturelle. Nous retenons la température de recuit qui fournit la meilleure correspondance entre les profils des courbes de TL.

Ainsi, le matériau nécessaire à la réalisation de la seconde lecture TL sera au préalable remis à zéro lors d'un chauffage de température appropriée, celle-ci ayant été définie par ce test de recuit. Les modifications de propriétés TL devront être par conséquent de faible ampleur, ce qui permet de s'assurer que la loi d'acquisition obtenue correspond bien à celle de l'échantillon irradié naturellement.

II-2-5) Etude du *fading* « anormal »

Ce phénomène a fait l'objet d'études expérimentales et théoriques auxquelles nous renvoyons pour des explications plus détaillées (Garlick & Robinson, 1972 ; Wintle, 1973, 1977 & 1978 ; Visocekas, 1985 ; Sanderson, 1988 ; Spooner, 1994a ; Zink, 1996 ; Chen & Hag-Yahya, 1997 ; Huntley & Lamothe, 2001 ; Auclair *et al.*, 2003).

Il s'oppose au *fading* "normal", qui traduit l'éviction des charges d'un piège par agitation thermique, en accord avec une cinétique de type Arrhenius.

Le *fading* « anormal » (c'est-à-dire hors des lois cinétiques usuelles), quant à lui, se traduit par une décroissance progressive de l'intensité de thermoluminescence, à l'issue d'une irradiation. Elle correspond en fait à un vidage spontané partiel des centres pièges, sans relation avec la température (Wintle, 1973 ; Visocekas *et al.*, 1976 ; Templer, 1985 ; Clark & Templer, 1988 ; Sanderson, 1988). Ce processus est fonction du temps écoulé entre l'irradiation et la lecture de TL. Il peut être mis en évidence expérimentalement sur une période de quelques mois par exemple.

Pour la datation, afin d'appréhender la stabilité du matériau à l'irradiation, nous serons amenés à comparer les signaux de TL lus directement après l'irradiation (lecture immédiate) et ceux lus un certain temps après l'irradiation, de quelques heures à quelques mois (lecture différée), à partir de prises d'essai ayant reçu une dose d'irradiation identique.

Tous les cristaux ne sont pas sujets à ce phénomène : le quartz ne semble pas présenter de *fading* "anormal" (Aitken, 1985 ; Miallier *et al.*, 1991), alors que des feldspaths plagioclases ou potassiques, notamment, sont connus pour en présenter un (Wintle, 1973 ; Sanderson, 1988 ; Tyler & Mc Keever, 1988 ; Visocekas *et al.*, 1994 ; Zink, 1996). Un test de *fading* s'avère donc nécessaire dans le cas de l'utilisation de la technique des petites inclusions.

Trois modèles aux conséquences différentes pour la datation peuvent expliquer ce phénomène (Guibert, 2002).

- l'effet tunnel

L'effet tunnel résulte d'une interprétation du déclin anormal proposé par Visocekas (1985). Il consiste en un transfert de charges d'un centre piège vers un centre de recombinaison, en passant par la bande de conduction s'il s'agit d'électrons, par la bande de valence s'il s'agit de trous (modèle de Schön et de Schön-Klasens) ou bien par un niveau localisé commun aux centres pièges et aux centres de recombinaison (modèle de Braünlich-Scharman). Le signal de

luminescence retardée (phosphorescence) résultant de la recombinaison radiative montre une décroissance approximativement hyperbolique, c'est-à-dire dont l'intensité est sensiblement inversement proportionnelle au temps écoulé depuis l'irradiation lorsque celle-ci est très brève. La conséquence de cette loi est une décroissance continue jusqu'à une valeur nulle du nombre de porteurs initialement piégés par l'irradiation. On peut alors en déduire une correction de la mesure de la dose accumulée par l'échantillon. La décroissance est progressive (Zink, 1996) et on ne peut accéder à la vraie valeur de la dose accumulée dans l'échantillon que par un calcul de correction pouvant entraîner une surestimation du résultat (en considérant que les pièges se seraient trop vidés) si le phénomène n'est pas lié à l'effet tunnel.

La fonction de déclin en fonction du temps proposée par Zink (1996) peut être exprimée comme suit :

$$g(t) = 1/t_{\text{irr}} \{ t_{\text{délai}} \cdot \ln(1+t_{\text{irr}}/t_{\text{délai}}) - t_{\text{mini}} \cdot \ln(1+t_{\text{irr}}/t_{\text{mini}}) + t_{\text{irr}} \cdot \ln((t_{\text{délai}} + t_{\text{irr}})/(t_{\text{irr}} + t_{\text{mini}})) \}$$

où t_{irr} correspond à la durée d'irradiation administrée au laboratoire ; $t_{\text{délai}}$, la durée de stockage et t_{mini} , le délai minimal entre la fin de l'irradiation artificielle et la lecture TL immédiate (4 min dans le cas des expériences menées à Bordeaux) (Guibert *et al.*, 1999). Dans le cadre des expériences de luminescence menées à Bordeaux sur petites inclusions polyminérales, si les données expérimentales suivent une décroissance représentative du modèle de déclin selon l'effet tunnel, alors la correction sur l'âge sera effectuée selon cette loi.

- La transition localisée

Le phénomène de transition localisée repose sur la possibilité d'un transfert de charge via des niveaux d'énergie communs aux centres pièges et aux centres de recombinaison, ce qui diminue l'énergie d'activation de la TL par rapport à un transfert via la bande de conduction (pour les électrons) ou par la bande de valence (pour les trous). Pour que ce mécanisme intervienne de façon non négligeable, il doit exister une grande densité de défauts dans le cristal, de telle sorte que les fonctions d'onde des états excités correspondants du piége et du centre de recombinaison présentent un taux de recouvrement non nul. Ce modèle peut expliquer le *fading* des feldspaths plagioclases (Tyler & Mc Keever, 1988). Contrairement au précédent, il présente une dépendance à la température et conduit à une cinétique de phosphorescence et de décroissance de la TL résiduelle analogue à une cinétique du premier ordre (décroissance exponentielle). Dans ce cas, la stabilité des signaux observée à température ordinaire permet d'envisager une datation accompagnée d'un chauffage à "faible" température pour évacuer les composantes les plus instables.

- pièges de faible énergie d'activation

Le modèle des pièges de faible énergie d'activation et de faible facteur de fréquence s'appuie sur la possibilité de l'existence de centres pièges caractérisés par une faible énergie d'activation (de 0,5 à 1,0 eV) et un faible facteur de fréquence (Sanderson, 1988). Dans ce cas, le signal de TL est large, de faible amplitude, et son maximum se situe entre 250 et 350

°C (dans un domaine fréquemment utilisé pour la datation). La faible énergie d'activation implique qu'à température ambiante, ces pièges se vident peu à peu, induisant une variation progressive de l'intensité de TL correspondante. Dans ce système, la décroissance est rapide sur un temps court après l'irradiation et se stabilise. Une procédure expérimentale simple permet de tenir compte de ce phénomène, en attendant entre l'irradiation et la lecture de la TL, le temps nécessaire à la stabilisation des intensités. Cependant, il n'est pas exclu du point de vue physique que cette variation soit très lente et peu perceptible sur des durées d'études de quelques mois.

Selon la cinétique de vidage de ces pièges, on peut envisager de pallier le problème de différents moyens : en réalisant les expériences de datation à faible température pour évacuer les composantes les plus instables (dans le cas du modèle de transition localisée, Tyler & Mc Keever, 1988) ou en séparant l'irradiation et la lecture de la TL d'un délai suffisant pour atteindre la stabilisation des intensités ou en prenant en compte la correction à apporter en extrapolant à l'âge mesuré la modélisation du fading (c'est le cas dans le modèle de l'effet tunnel, Visocekas, 1985 ; Zink, 1996, ou du modèle de transition localisée). Dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons eu recours à cette dernière pratique. En plus des expériences nécessaires à la détermination de la paléodose, nous avons réalisé des expériences supplémentaires pour évaluer la forme du fading correspondant à chaque échantillon étudié en petites inclusions polyminérales, modélisé ce fading et corrigé l'âge par extrapolation du modèle du fading au temps écoulé entre la cuisson de la terre cuite et son analyse au laboratoire.

II-2-6) Expérience TL

L'expérience de TL consiste à chauffer un cristal préalablement irradié et à mesurer l'intensité de la luminescence qu'il émet, celle-ci étant proportionnelle à la dose d'irradiation reçue par l'objet depuis le dernier vidage de tous ses pièges ; c'est-à-dire le dernier chauffage archéologique, événement que l'on cherche à dater.

Les grains sélectionnés en fonction de la technique choisie sont répartis sur des nacelles ou disques de laiton de 1 cm de diamètre manuellement pour les grandes inclusions et par décantation (généralement dans l'acétone) pour les petites inclusions.

- Dispositif expérimental

Les expériences de TL ont été réalisées avec les deux derniers appareils automatisés conçus au CRP2A (fig.26 a & b).



Figures 26 a & b : Appareils de TL construits et utilisés au CRP2A. Vue générale et détail de la partie centrale, où ont lieu les phases d'irradiation, de chauffage et de détection du signal (clichés CRP2A).

La détection des signaux de TL est assurée par un tube photomultiplicateur, de type EMI 9813/QKA, couplé à des filtres optiques Schott BG12 sélectionnant les composantes spectrales comprises entre 350 et 450 nm, qui correspondent aux émissions des silicates. La présence d'un filtre MTO Ta2 permet d'atténuer le rayonnement du corps noir dans les longueurs d'onde infrarouge et rouge. Les irradiations sont effectuées à l'aide d'une source beta calibrée de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

- Conditions expérimentales

En règle générale, pour les expériences de TL réalisées à Bordeaux, l'enregistrement des signaux de luminescence est réalisé lors d'un chauffage du matériau en atmosphère d'azote humidifié, depuis 60 °C jusqu'à 500 °C, à la vitesse de 4 °C/s. Un palier est effectué à 190 °C pendant 2 minutes de façon à éliminer les composantes instables de la thermoluminescence susceptibles d'entraver l'exploitation des signaux pour la datation. Le préchauffage permet ainsi de vider les pièges de durée de vie courte par rapport à l'âge de l'échantillon, lesquels sont vides sur le matériau irradié naturellement et remplis après une irradiation récente. Ainsi, les mesures des intensités de TL naturelle et de TL artificielle seront effectuées sur les mêmes pièges. Les doses d'irradiation administrées sont choisies et réglées en fonction de la valeur de la paléodose attendue.

- Procédure

La procédure de détermination de la paléodose à Bordeaux consiste en la succession de trois chauffages (après irradiation si la TL est régénérée) appliqués à chaque aliquote, selon la séquence suivante :

1°) Irradiation (sauf si naturel)

2°) 1^{er} chauffage : lecture de la luminescence naturelle ou régénérée, précédée d'un préchauffage à 190°C.

3°) 2nd chauffage : préchauffage et enregistrement du bruit de fond,

4°) 3^{ème} chauffage : préchauffage, irradiation par une dose-test pour la normalisation et lecture de la TL correspondante.

L'objectif des expériences de normalisation est de réduire la dispersion provoquée par les différences de quantité de matière entre les nacelles. La normalisation n'est pas automatique et est applicable au cas par cas.

II-3) OSL à Durham

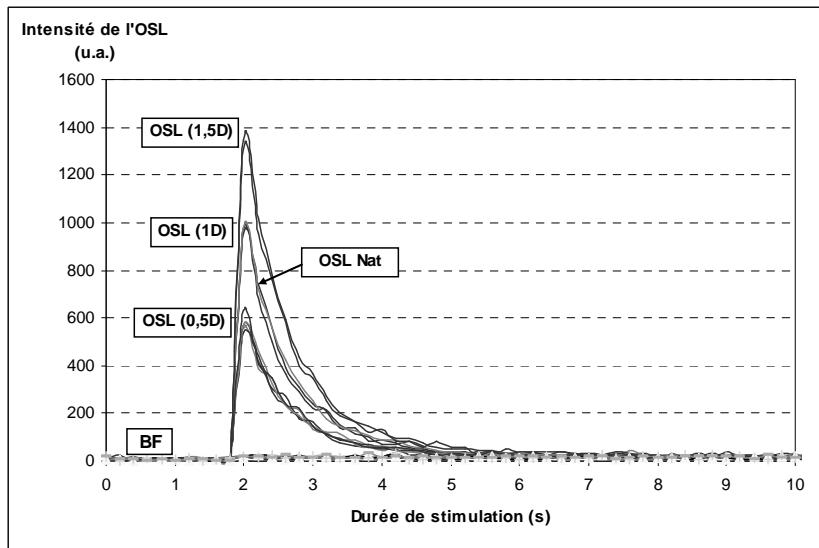
La mise au point d'une méthode de datation s'appuyant sur la détection d'une luminescence stimulée optiquement (et non plus thermiquement) a été envisagée dès 1985 (Huntley *et al.*, 1985). Il est alors établi que l'intensité du phénomène détecté est fonction de la dose d'irradiation administrée. La définition de l'OSL (Optically Stimulated Luminescence) ou "luminescence stimulée optiquement" est ainsi introduite. En première approximation, on peut considérer que l'OSL et la TL sont analogues ; seul le mode de vidage des piéges remplis par l'irradiation diffère.

En datation par OSL, l'instant zéro peut correspondre soit au dernier chauffage de l'objet, soit à la dernière exposition à la lumière solaire des cristaux qui le composent. Dans ce dernier cas, l'éclairement initial doit avoir été suffisant pour vider complètement les piéges photosensibles.

II-3-1) Méthode SAR

Le principe de la détermination de la dose d'irradiation archéologique par OSL est le même que celui développé en TL : il s'agit de comparer l'intensité du signal d'OSL dite "naturelle", qui résulte de l'irradiation naturelle, avec celles générées après des irradiations au laboratoire.

La procédure SAR (Single Aliquot Regenerative dose) utilisée à Durham (Murray & Roberts, 1998 ; Banerjee *et al.*, 1999 ; Murray & Wintle, 1998 ; 2000 ; Banerjee *et al.*, 2001 ; Bailiff & Holland, 2000) consiste à comparer directement sur une seule prise d'essai (d'où "*single aliquot*"), l'OSL naturelle et celle obtenue après régénération du signal par des doses d'irradiation connues ("*regenerative dose*"), choisies de manière à encadrer la dose naturelle attendue (fig.27). Il en résulte une détermination précise de la valeur recherchée.



Ce protocole est simple de mise en œuvre car il requiert peu de matière et les mesures sont rapides mais il nécessite l'introduction de procédures de normalisation destinées à compenser les changements de sensibilité éventuellement induits par la succession des préchauffage, irradiations et éclairages consécutifs (Armitage *et al.*, 2000 ; Wintle & Murray, 1998 ; 2000).

En supposant la croissance de l'OSL strictement linéaire, la loi d'acquisition de l'OSL est obtenue en traçant la droite exprimant l'intensité de la luminescence en fonction de la dose induite à partir de l'intégration des signaux artificiels (fig.28). L'estimation de la paléodose pour chaque échantillon est obtenue en utilisant des procédures d'interpolation appliquées dans la technique de régénération standard et en incluant les corrections des changements de sensibilité au cours des cycles de mesures répétées.

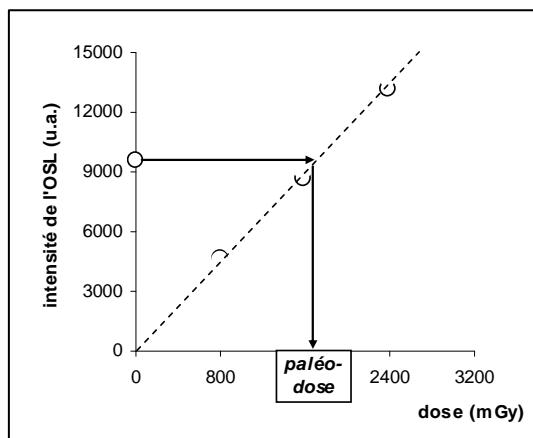


Figure 28: Détermination de la dose d'irradiation archéologique à partir d'une série d'expériences obtenues par l'ajout de doses sur aliquote préalablement vidé de son OSL naturelle (par éclairement). La valeur de la paléodose est déterminée par interpolation de l'intensité de l'OSL naturelle sur la loi d'acquisition (intensité de la luminescence en fonction de la dose d'irradiation bêta administrée).

II-3-2) Test du plateau du préchauffage

Le préchauffage, consistant en un maintien de la température pendant 10s, est appliqué pour des températures comprises entre 200 et 240°C. Le plateau thermique est obtenu en comparant l'évolution de la paléodose en fonction de la température de préchauffage (fig.29). Les expériences de détermination de la paléodose sont alors effectuées dans le domaine thermique le plus stable.

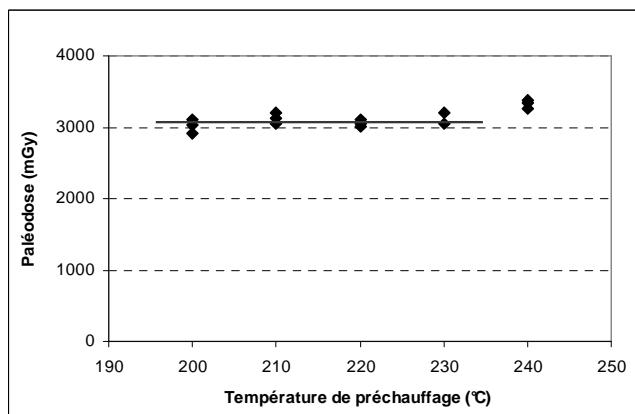


Figure 29 : Test du plateau du préchauffage réalisé sur l'échantillon 363-3 de Chipping Ongar (GB). Ce test repose sur l'étude de l'évolution de la valeur de la paléodose déterminée pour des expériences réalisées avec des températures de préchauffage différentes (généralement comprises entre 200 et 240°C). Le domaine du plateau du préchauffage correspond à l'intervalle de températures de préchauffage pour lequel les valeurs de la paléodose sont constantes. La détermination de la paléodose finale se fait donc dans ce domaine et correspond à la moyenne de l'ensemble des valeurs de paléodose déterminées individuellement pour chaque expérience. Pour l'échantillon 363-3, le domaine est stable entre 200 et 230°C, la paléodose sera donc déterminée dans l'ensemble de ce domaine.

II-3-3) Procédure de normalisation

Le degré de changement de sensibilité est mesuré en comparant les signaux d'OSL obtenus pour une même dose test, en début et fin du cycle de régénération. Dans le cas d'une évolution conséquente du changement de sensibilité, un coefficient correcteur, établi à partir en chaque point au cours de la procédure, permet de corriger ce changement de sensibilité (Bailiff, 2007) selon la formule suivante :

$$\mathbf{OSL_{corr} = OSL_{brut} / [1 + (D_{cumul}/f_{corr})]}$$

où OSL_{brut} correspond à la valeur de l'intégrale non-corrigée de l'OSL obtenue après irradiation ; D_{cumul} correspond à la somme des doses reçues préalablement par l'aliquote (administrées au laboratoire) et f_{corr} correspond au facteur correctif du changement de sensibilité obtenu pour une valeur égale à 1 de la sensibilité relative entre la dernière mesure et la mesure précédente obtenue pour la même dose (Bailiff, 2007).

II-3-5) Expérience OSL

L'expérience consiste à éclairer des cristaux préalablement irradiés et à détecter le signal de luminescence qui en résulte, dont l'intensité est proportionnelle à l'énergie absorbée par les cristaux et dépend donc de la dose d'irradiation accumulée au cours du temps depuis la dernière remise à zéro archéologique des pièges du cristal, qu'il s'agisse d'un chauffage ou d'un éclairement prolongé, instant recherché.

- Dispositif expérimental

Les mesures de Luminescence ont été réalisées à Durham par un TL-DA-12 *semi-automated reader* (Risø National Laboratory, Danmark). Le plateau amovible reçoit les disques contenant l'échantillon réduit en poudre et l'ensemble est placé dans la chambre d'OSL. Une diode bleue (470 nm; $\sim 50 \text{ mW cm}^{-2}$) fournit la source de stimulation de la luminescence. L'OSL émise est détectée à l'aide d'un tube photomultiplicateur couplé à un filtre Hoya U340 (7,5 mm) qui permet la transmission des photons émis dans le proche UV. Le spectre des photons excitants et celui de ceux émis étant différents, on évite ainsi un recouvrement des domaines spectraux de l'émission (dans le proche UV) et de l'excitation (dans le visible). La source d'irradiation nécessaire à la régénération de l'OSL est une source beta calibrée de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

- Conditions expérimentales

En règle générale, l'enregistrement des signaux d'OSL est effectué à 125°C, pendant 100s, cette durée d'éclairement étant suffisante pour vider totalement les pièges photosensibles. Un palier est maintenu à 200, 210, 220, 230 ou 240 °C pendant 10 secondes de façon à éliminer les composantes instables de la luminescence générées par les irradiations au laboratoire. Les quantités de doses d'irradiation induites sont choisies de façon à encadrer la paléodose attendue, pour obtenir une dispersion minimale des mesures, et donc une meilleure précision dans l'estimation de la dose archéologique.

- Procédure

La procédure SAR consiste à mesurer successivement sur une seule et même prise d'essai, l'OSL naturelle et celles régénérées par des doses d'irradiation administrées au laboratoire et choisies de manière à encadrer la paléodose attendue.

La procédure suivie à Durham fournit des corrections pour les changements de sensibilité et le transfert thermique, s'adaptant ainsi aux caractéristiques d'échantillons de terre cuite relativement « jeunes ».

La courbe du bruit de fond, également précédée d'un préchauffage, est enregistrée à chaque étape de la procédure de régénération pour contrôler le signal d'OSL provoqué par le transfert thermique.

La séquence de cycle d'irradiation, de lecture de l'OSL et du bruit de fond subie par chaque aliquote est développée dans le tableau 1.

Les deux dernières mesures de l'OSL régénérée sont comparées respectivement avec la première et la troisième régénérées, de même dose, afin de quantifier le changement de sensibilité des grains au cours du cycle. Le rapport 'Sens.', rapporté pour chaque étude de détermination de la dose équivalente en OSL (cf Partie 4), correspond au rapport du signal issu de la deuxième régénération avec 1D sur le signal issu de la première régénération avec 1D.

Enfin, l'expérience d'IRSL réalisée à la fin de la séquence a pour objectif de vérifier l'absence de grains de feldspaths parmi les quartz. Pour les feldspaths potassiques, en effet, des pièges sont vidés à l'aide de photons dont la longueur d'onde correspond au proche infrarouge (énergie de 1,41 eV et longueur d'onde de 880 nm), alors que le phénomène n'est pas généré pour des quartz (Hütt *et al.*, 1988).

	Traitement
1	préchauffage + lecture de l'OSL naturelle
2	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
3	Irradiation (0,8D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
4	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
5	Irradiation (1D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
6	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
7	Irradiation (0,8D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
8	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
9	Irradiation (1,2D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
10	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
11	Irradiation (0,8D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
12	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
13	Irradiation (1D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
14	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
15	Irradiation (0,8D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
16	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
17	Irradiation (1,2D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
18	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
19	Irradiation (0,8D) + préchauffage + lecture de l'OSL régénérée
20	préchauffage + enregistrement du bruit de fond
21	IRSL

Tableau 1 : séquence-type d'un cycle d'irradiation – OSL du laboratoire de Durham.

III) Détermination de la dose annuelle

III-1) Aspects généraux

III-1-1) L'équation de la dose annuelle

Le dénominateur de l'équation d'âge correspond à la dose absorbée par les cristaux, par unité de temps ; elle s'exprime en Gy/an. Elle est généralement considérée comme continue et constante (si le matériau n'a pas été déplacé au cours du temps, ce qui ne sera pas le cas d'objets récupérés à un endroit et réemployés dans un autre).

Rappelons que la dose annuelle d'irradiation est due aux particules alpha et beta et aux photons gamma provenant de la radioactivité naturelle, c'est-à-dire liés aux désintégrations radioactives du potassium 40 (^{40}K), et de l'uranium 238 et 235 (^{238}U et ^{235}U) et du thorium 232 (^{232}Th) et de leurs descendants. S'ajoutent à ces composantes une part d'irradiation due aux rayons cosmiques. Ces sources d'irradiation sont à la fois internes et externes au matériau.

Ainsi, on peut exprimer la dose annuelle comme la somme des doses annuelles d'irradiation provenant parfois des grains eux-mêmes, de l'échantillon dont ils proviennent et de l'environnement, selon l'équation:

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{int}} + I_{\text{éch}} + I_{\text{env}}$$

où I_{int} correspond à la contribution interne aux grains, $I_{\text{éch}}$ à la contribution de la brique dont ils sont issus et I_{env} à la contribution de l'environnement de l'échantillon.

Chacune des composantes peut s'exprimer comme la somme de composantes d'irradiation dues respectivement aux particules alpha, bêta, et aux photons gamma, provenant de la désintégration des radioéléments naturels, présents dans l'échantillon à dater et dans son environnement, que sont ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th et leurs descendants, et ^{40}K (voir les chaînes radioactives des éléments naturels présentés dans l'annexe ...). Parmi les composantes de la dose annuelle d'irradiation provenant de l'environnement, il convient de considérer également l'irradiation provoquée par les rayons cosmiques (I_{cosm}).

D'une manière générale on peut exprimer la dose annuelle moyenne d'irradiation comme la somme de ses différentes composantes internes et externes selon :

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{int}} + (kI_{\alpha} + I_{\beta} + I_{\gamma})_{\text{éch}} + (kI_{\alpha} + I_{\beta} + I_{\gamma} + I_{\text{cosm}})_{\text{env}}$$

Les distances de pénétration des photons gamma étant grandes par rapport aux dimensions des échantillons, on fait l'hypothèse que la composante gamma provenant de l'échantillon est confondue avec celle environnement. D'autre part, de manière générale, la dose annuelle d'irradiation due aux particules alpha et bêta provenant de l'environnement peut-être écartée simplement, en éliminant au minimum une épaisseur de 2 mm de matériau autour de l'échantillon, ces particules ayant une profondeur de pénétration dans le quartz inférieure à 2 mm environ. Dans le cas du protocole de préparation des petites inclusions et des grandes inclusions de quartz préparées avec l'acide hexafluorosilicique (qui n'attaque pas les quartz), l'équation en fonction des différentes composantes de la dose annuelle provenant de l'échantillon et de son environnement devient alors:

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{int}} + kI_{\alpha} \text{éch} + I_{\beta} \text{éch} + I_{\gamma} \text{env} + I_{\text{cosm}}$$

Où k correspond à un coefficient qui pondère la contribution des alpha dans la dose annuelle, en la rendant équivalente à celle des bêta et des gamma. Il est obtenu par le rapport Q_β/Q_α , où Q_β est la dose archéologique déterminée par ajouts de doses provenant d'une source d'irradiation bêta et Q_α , celle mesurée à l'aide d'irradiations alpha.

Dans le cas d'une datation TL suivant le protocole des grandes inclusions (*coarse grain*) préparées avec l'acide fluorhydrique, ayant pour effet l'élimination des 20 micromètres les plus externes des grains (et ainsi de la contribution des alpha), l'équation de la dose annuelle devient :

$$I_{\text{tot}} = I_{\text{int}} + I_{\beta \text{ éch}} + I_{\gamma \text{ env}} + I_{\text{cosm}}$$

En théorie, les grains de quartz analysés sont considérés comme étant « purs », I_{int} étant alors nulle et on peut ainsi s'abroger de sa détermination. Dans la pratique, et au cours de ce travail de thèse en particulier, on s'est aperçu que cette hypothèse n'est pas toujours correcte et il s'est alors avéré nécessaire de prendre en considération la contribution interne de la radioactivité des grains de quartz à la dose annuelle.

III-1-2) Le coefficient d'efficacité des alpha

Le coefficient d'efficacité k est obtenu à partir des petites inclusions. Quelque soit la technique utilisée (grandes ou petites inclusions), un troisième lot de grains est chauffé afin de remettre à zéro tout signal de luminescence naturelle. Dans le cas de la technique des grandes inclusions, ce nouveau lot de grains est issu de grains de grandes dimensions broyés jusqu'à ce que leur diamètre soit inférieur à $40 \mu\text{m}$ (le chauffage permet ainsi de supprimer également les signaux de luminescence « parasites » induits par le broyage). La fraction comprise entre 3 et $12 \mu\text{m}$ est ensuite séparée par sédimentation et les grains qui en sont issus sont déposés à l'identique sur des nacelles (environ 1 mg par aliquote) par un procédé de décantation. Certains des aliquotes du matériau remis à zéro reçoivent une dose alpha équivalente à environ 10 fois la dose bêta définie lors de la détermination de la paléodose. Les autres aliquots reçoivent des doses bêta croissantes qui définissent une courbe de croissance (intensité de la TL en fonction de la dose bêta). La dose alpha est déduite de l'intersection de l'intensité de la TL des aliquots ayant reçu une dose alpha, avec la courbe de croissance des doses bêta. Le coefficient d'efficacité k est ainsi déterminé.

III-2) Dose interne aux grains

La détermination de la contribution interne des grains à la dose annuelle a été réalisée en analyse par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS) à Durham sur les grains utilisés en OSL. Les grains ont été dissous dans une solution $\text{HF} ; \text{HNO}_3$, puis introduit dans l'ICP-MS dans une solution de 3% d' HNO_3 .

Le principe de cette technique se base sur la séparation, l'identification et la quantification des éléments en fonction de leur masse. Les concentrations des éléments radioactifs en particulier sont ensuite converties en dose.

En utilisant les données K, U et Th pour calculer la dose annuelle interne aux grains, il est supposé que la distribution des radionucléides est uniforme. En règle général, lorsque K est détecté, celui-ci est probablement lié à des feldspaths isolés en inclusions plutôt qu'à du potassium à l'intérieur des grains de quartz.

Lorsque cette expérience n'a pas pu être réalisée pour cause de quantité de matière insuffisante, une valeur arbitraire a été attribuée pour chaque échantillon, celle-ci étant évaluée à partir de la moyenne des doses internes d'autres échantillons provenant du même site ou d'une même zone.

Il est à noter qu'en règle générale, cette contribution est négligeable.

III-3) Détermination des contributions de l'échantillon à la dose annuelle

III-3-1) Spectrométrie gamma à bas bruit de fond (Bordeaux & Durham)

La contribution de l'échantillon à dater à l'irradiation annuelle, également appelée dose annuelle interne, est déterminée à partir de la mesure des teneurs en radioéléments qu'il contient, par spectrométrie gamma à bas bruit de fond (Guibert & Schvoerer, 1991).

- Détermination des doses α , β et γ à partir du spectre gamma

Le spectre d'émission du rayonnement gamma se présente sous la forme de raies dans un intervalle d'énergie compris entre 35 keV et 2700 keV (fig.30).

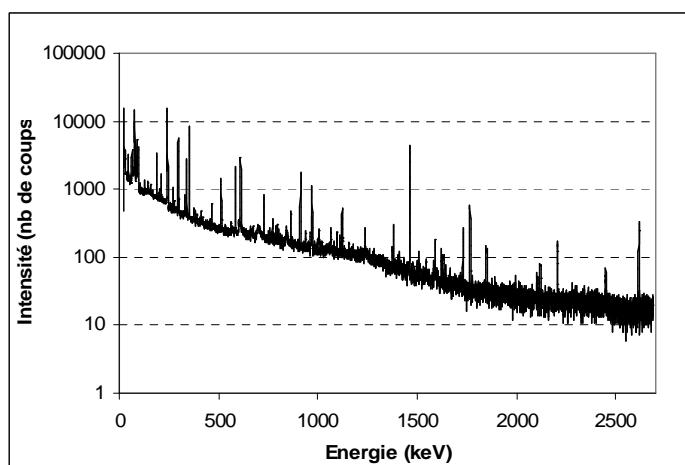


Figure 30 : Spectre obtenu par spectrométrie gamma à bas bruit de fond, sur l'échantillon de brique Bdx9472 de l'église de Saint-Martin d'Angers. L'échantillon analysé a une masse de 7,56 g. Le comptage a duré 7 jours.

Pour chaque raie, l'énergie correspondante est spécifique du radio-isotope qui se désintègre. Le calcul de l'intégrale des pics pour une durée choisie permet d'en déduire l'activité du radioélément correspondant (le nombre de désintégrations par seconde).

Les chaînes de désintégrations radioactives sont présentées en annexe.

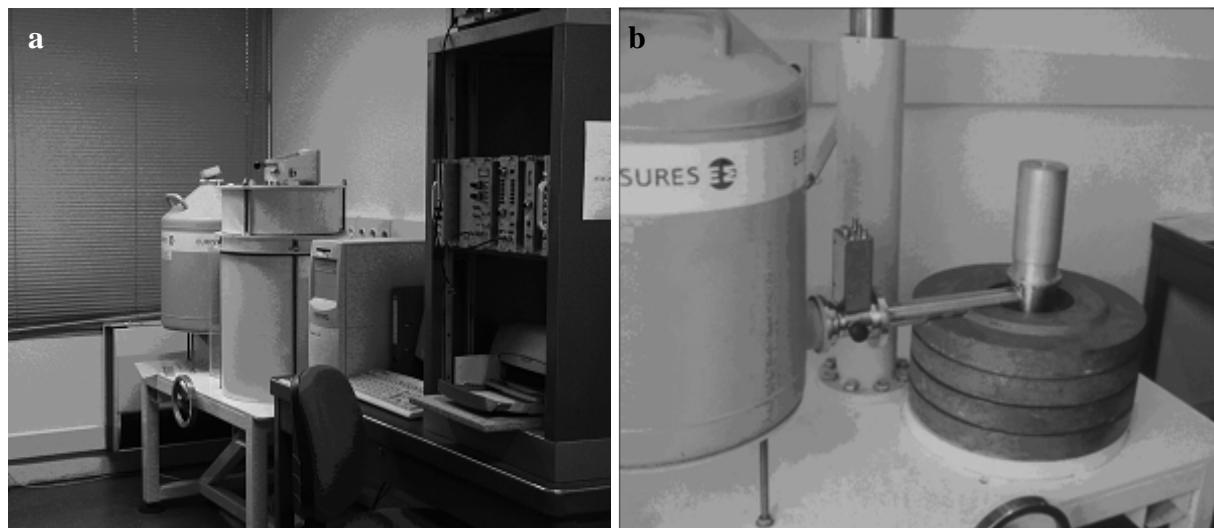
Le spectre gamma permet donc de déterminer les teneurs des radioéléments émetteurs de photons gamma aussi bien dans la chaîne de ^{238}U que ^{235}U , ^{232}Th , et la teneur en ^{40}K . Des

tables dites de « correspondance teneurs-doses », en particulier celle d'Adamiec et Aitken (1998), permettent ensuite de calculer les contributions alpha, beta, et gamma à la dose annuelle de chacun des radioéléments de chacune des chaînes radioactives.

- Dispositif expérimental

Le détecteur est composé d'un cristal de germanium de haute pureté, de type EGPC 200 P 17 (Eurisys Mesures) en forme de puits pour Bordeaux et de type GR2018, avec une fenêtre de Be pour Durham (efficacité 20%), refroidi à l'azote liquide. Il est entouré d'une couronne de plomb de faible activité, qui a pour fonction d'absorber le rayonnement γ provenant de l'environnement du détecteur (fig.31 a & b).

Pour le comptage en spectrométrie gamma, à Bordeaux, l'échantillon réduit en poudre est placé dans un pilulier rendu étanche aux échanges gazeux par l'adjonction d'un film de scellement entre le bouchon et le tube, puis de paraffine autour du bouchon. A Durham, l'échantillon est soit réduit en poudre, soit découpé en petits morceaux et introduit dans un conteneur de 47 mm de diamètre et 15 mm de haut, un film plastique est également ajouté pour étanchéifier l'ensemble. Une telle précaution permet, en particulier, d'éviter la fuite du radon, gaz inerte dont la perte en cours d'analyse conduirait à une sous-évaluation de la teneur en uranium, duquel il descend. De plus, un délai est respecté entre le conditionnement et la mesure afin d'assurer l'équilibre radioactif entre le radon susceptible de s'échapper lors de la préparation et ses descendants, jusqu'au plomb-214 et au bismuth-214 (Aitken, 1982). Cette condition est à nouveau remplie, en milieu clos, à mieux de 1 % près lorsque l'on attend sept périodes radioactives du radon, dont la demi-vie est de 3,8 jours, soit quatre semaines. D'autre part, l'échantillon est analysé à sec pour s'affranchir des perturbations de mesures induites par des variations progressives non contrôlées d'humidité.



Figures 31 a & b: appareillage de spectrométrie gamma à bas bruit de fond utilisé au laboratoire de Bordeaux (de type EGPC 200 P 17, Eurisys Mesures). Le dispositif s'organise autour d'un détecteur germanium puits, refroidi à l'azote liquide. Le détecteur est entouré d'une couronne de plaques de plomb de faible activité, destinées à absorber le rayonnement γ provenant de l'environnement du détecteur (photos IRAMAT-CRP2A).

- Déséquilibre des chaînes de l'uranium

En supposant l'équilibre séculaire entre les différents éléments d'une chaîne de désintégration radioactive, il est possible de calculer les teneurs en élément parent, à partir de n'importe quel descendant. Si elles sont comparables, il est possible d'en faire la moyenne. Dans le cas contraire, on a affaire à un déséquilibre de la chaîne de désintégration radioactive.

Dans le cas de l'uranium, ce déséquilibre est repérable en comparant les teneurs calculées à partir des radioéléments qualifiés de "tête de chaîne" (de ^{238}U au ^{234}Th et ^{235}U) et de ceux dits de "fin de chaîne" (du ^{226}Ra au ^{210}Pb). Ce déséquilibre dépend, en particulier, de la solubilité des radioéléments. Ainsi, l'uranium à l'état d'oxydation +VI et le radium sont considérés comme potentiellement solubles, alors que le thorium l'est très peu. L'uranium et le radium sont donc *a priori* des éléments "mobilisables" au sens géochimique, c'est-à-dire qu'ils peuvent être lessivés ou entraînés par l'eau de ruissellement ou d'infiltration, ou au contraire apportés et adsorbés sur les minéraux lorsque les conditions s'y prêtent (Langmuir & Herman, 1980 ; Gascoyne, 1982 ; Meakins *et al.*, 1982 ; Grün *et al.*, 1988 ; Krbetschek *et al.*, 1994 ; Guibert *et al.*, 1996b ; Guibert *et al.*, 1997). Ainsi, l'uranium et le radium peuvent être à la source du déséquilibre, hormis les pertes de radon.

Dans le cadre de cette étude, si un déséquilibre est détecté, celui-ci est probablement intervenu en amont de la fabrication des terres cuites, les radioéléments « scellés » par la matrice céramique étant désormais difficilement mobiles. On a donc considéré que ce déséquilibre n'a pas changé de manière significative depuis la fabrication, et que l'état observé aujourd'hui correspond assez généralement à celui archéologique, ce qui n'entraîne pas la détermination de la dose annuelle. Cette hypothèse reste cependant à nuancer, notamment dans le cas d'un déséquilibre lié au radium. Celui-ci tend vers un retour à l'équilibre sensible (la demi-vie du radium étant de 1600 ans), ce qui entraîne des variations possibles de la dose annuelle.

- Rôle de l'humidité

Les teneurs sont mesurées « à sec ». Les résultats obtenus peuvent donc être surévalués par rapport aux concentrations en radioéléments de l'échantillon dans la maçonnerie (surtout s'il provient de parties basses, plus sujettes aux risques d'infiltration par capillarité, ou de zones exposées au ruissellement, sous une gouttière, par exemple). L'humidité des échantillons est exprimée en pourcentage massique d'eau par rapport aux matériaux secs selon la relation suivante : $[\text{masse saturée en eau} - \text{masse sèche} / \text{masse sèche}] \times 100$.

L'étude préliminaire de l'état d'humidité des briques a été réalisée à Bordeaux par la mesure de la 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"). Les taux d'humidité à saturation rendent compte de la porosité faible à moyenne des briques. Ces mesures de teneurs à saturation ont ensuite été exploitées afin de déterminer un état d'humidité moyen des briques à dater. En règle générale, compte tenu des valeurs « normales » des pourcentages de saturation des échantillons, nous avons choisi d'attribuer

une valeur standard de 5 ± 3 ou $3\pm2\%$ pour l'humidité (à Bordeaux et Durham respectivement), utilisée pour le calcul des doses d'irradiation annuelles fournies par les échantillons.

En réalité, c'est l'humidité moyenne de l'échantillon pendant toute la durée de son installation dans la maçonnerie qu'il importe de connaître. Or, cette information n'est *a priori* pas accessible. Cette indétermination induit une incertitude systématique supplémentaire dans les mesures de teneurs. Estimée au cas par cas, elle s'exprime en fonction de l'humidité à saturation, représentant le maximum d'eau que peut absorber l'échantillon.

III-3-2) La dosimétrie β par thermoluminescence

A Durham, la dose annuelle beta provoquée par les radionucléides lithogéniques dans la terre cuite peut également être déterminée directement en utilisant la technique de la dosimétrie TL: β -TLD (Bailiff, 1982; Aitken, 1985).

Le système utilise un dosimètre de fluorure de calcium (CaF_2) de 10 mm de diamètre pour mesurer extérieurement la dose annuelle beta à la surface de l'échantillon réduit en poudre, dont il est séparé par un écran mylar pour absorber les particules alpha.

Après certaine durée d'exposition à l'échantillon, la dose béta acquise par le dosimètre est déterminée par TL selon le même principe de régénération et de comparaison directe de la luminescence naturelle à celle régénérée que pour la SAR.

III-3-3) Le comptage alpha

A Durham, nous avons également eu recours à la détermination de l'activité en alpha des radioéléments U et Th contenus dans les briques, à partir de la méthode « *thick source alpha counting* » (TSAC), décrite par Aitken (1985). Le comptage alpha permet de voir s'il y a une différence significative liée à la rétention du gaz radon.

L'échantillon réduit en poudre est alors placé sur un écran – scintillateur de ZnS préfabriqué (Daybreak Nuclear Ltd, USA) sur une coupelle en plexiglas. La détection de particules alpha par l'écran – scintillateur de ZnS entraîne l'émission de photons détectés par un tube photomultiplicateur placé au-dessus de l'échantillon.

La quantité de photons détectée est proportionnelle à l'activité en alpha des radioéléments U et Th contenus dans la brique, K n'étant pas émetteur alpha. L'objectif de cette méthode est d'étudier le déséquilibre des chaînes de désintégration de l'uranium et en particulier d'évaluer l'importance de l'émanation du gaz radon. En pratique, deux mesures successives sont effectuées pour chaque échantillon, l'une en milieu ouvert (α_0), l'autre en milieu clos (la coupelle dans laquelle se situe l'échantillon étant alors hermétiquement fermée par un couvercle) (α_1). Le rapport α_1/α_0 de l'activité en α de l'échantillon est inférieur à 10%, alors on considère que la perte en radon est négligeable.

Cependant, parmi les alphas comptés, seule une partie provient de 222Rn et de ses descendants. Donc la différence de comptage mesurée n'est pas systématiquement représentative de la fuite de radon. La méthode n'a été utilisée qu'à titre informatif, en complément des données fournies par la spectrométrie gamma à bas bruit de fond, dans la mesure où l'erreur sur le comptage est généralement estimée à 15%.

III-4) Détermination de la contribution de l'environnement à la dose annuelle

La dose annuelle externe est déterminée par l'évaluation de la contribution des rayonnements cosmiques - à partir d'une loi empirique qui prend en compte la situation du matériau au sein de son milieu - et par celle des photons γ , la contribution des particules α et β de l'environnement étant supprimée grâce à un râpage de la surface externe de l'objet sur une profondeur supérieure au parcours de pénétration de ces particules; c'est-à-dire supérieure à 2 mm.

Les procédures expérimentales choisies par les laboratoires de Bordeaux et Durham consistent à mesurer de la radioactivité des rayonnements γ et cosmiques sur le site de prélèvement lui-même.

III-4-1) Dosimétrie *in situ*

Cette méthode consiste à enregistrer le taux d'irradiation γ et cosmique reçu par l'échantillon au cours d'une durée déterminée (variant généralement de 6 à 12 mois) à partir de dosimètres déposés *in situ*, généralement à l'endroit où ont été prélevés les échantillons à dater, généralement à l'intérieur des trous de carottage des briques lorsque ce mode de prélèvement a été effectué (fig.32) ou contre la brique lorsque le prélèvement a été réalisé au burin.



Figure 32: dosimètre placé dans le trou laissé par l'échantillon prélevé dans une brique.

Ces dosimètres, constitués de cristaux thermoluminescents, hautement sensibles et préalablement vidés de toute luminescence, emmagasinent l'irradiation environnante de la même manière que l'objet archéologique à dater, au cours d'une période d'exposition donnée sur le site (Mejdahl, 1978, Valladas, 1982 ; Faïn *et al.*, 1985 ; 1997). Ils sont ensuite analysés au laboratoire. La luminescence relative à l'irradiation absorbée sur le terrain est comparée à la luminescence régénérée au laboratoire avec des doses connues (selon le même principe que le β -TLD). On détermine ainsi la dose γ et cosmique équivalente à la luminescence naturelle.

L'équipe de Bordeaux utilise des cristaux de sulfate de calcium dopé au thulium ($\text{CaSO}_4 : \text{Tm}$), très sensibles à l'irradiation (Yamashita, 1971 ; Nambi, 1982 ; Guibert, 1983 ; Dumercq, 1986 ; Denagbé, 1990). Ils sont synthétisés puis conditionnés dans des capsules en plastique placées dans un conteneur en laiton de 2 mm d'épaisseur, de manière à ne laisser pénétrer que les rayonnements gamma et cosmiques.

A Durham, les dosimètres sont constitués de cristaux d'oxyde d'aluminium dopé au carbone ($\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{C}$), enfermés dans un tube de verre de silice pur de 50 mm de hauteur et 8 mm de diamètre, scellée par de la résine. L'épaisseur des parois du tube (3 mm environ) bloque le passage des radiations α et β de l'environnement et un ruban adhésif noir évite l'exposition à la lumière.

Cette méthode permet d'obtenir une valeur de la contribution gamma et cosmique à l'irradiation annuelle qui intègre les variations possibles de dose au cours du temps, en particulier sous l'effet des fluctuations saisonnières d'humidité sous l'effet de la circulation saisonnière d'eau. L'incertitude associée à ce mode de détermination de la dose environnementale était de l'ordre de $\pm 5\%$ en 1997, évaluation obtenue au cours d'une campagne d'intercomparaison de mesures dosimétriques impliquant l'ensemble des laboratoires français de datation par luminescence (Bechtel *et al.*, 1997).

III-4-2) Gammamétrie *in situ*



Figure 33 : mesure de la radioactivité gamma d'une maçonnerie et du rayonnement cosmique par spectrométrie gamma de terrain (château de Mayenne, Mayenne, France). La sonde de détection sensible au rayonnement gamma est placée face à la zone de prélèvement. Elle est constituée d'un scintillateur $\text{NaI} : \text{Tl}$ qui convertit l'énergie des gamma en scintillations: le nombre de photons détectés est proportionnel à l'énergie déposée. Un tube photomultiplicateur associé à un système de traitement du signal permet de faire le spectre de l'énergie reçue.

Il s'agit d'effectuer une spectroscopie du rayonnement émis par l'environnement et d'évaluer, sur le terrain, la composition radiochimique de l'environnement de la brique à dater (teneurs en K, U et Th). Ainsi, dans un temps relativement court (environ une heure), compatible avec la durée de la campagne d'échantillonnage, il est possible d'obtenir une donnée quantitative sur la composante environnementale de la dose annuelle. Il est également possible d'estimer individuellement la composante due au rayonnement cosmique. Les mesures obtenues ont une précision de l'ordre du pourcent. La gammamétrie permet des mesures instantanées, qui donnent accès à la radioactivité du milieu, au moment du prélèvement des matériaux (fig.33).

Elles ne sont pas forcément représentatives des conditions auxquelles ont été soumises les briques depuis leur installation dans les différentes maçonneries.

Le laboratoire de Bordeaux est équipé d'un spectromètre portable Canberra Inspector NaI. Le détecteur est un scintillateur à cristal d'iodure de sodium dopé au thalium (NaI : Tl), couplé à un photomultiplicateur (proche UV-bleu).

III-4-3) Le modèle de double phase de la dose annuelle

Toutes les datations effectuées au cours de ce travail de thèse ont dans un premier temps été calculées selon les évaluations conventionnelles de la dose annuelle où il est supposé que la brique a été fabriquée peu de temps avant son insertion dans la maçonnerie et est restée en place depuis lors (modèle phase unique de la dose annuelle). Cependant dans le cas où l'on s'est trouvé confronté à des briques d'un âge plus vieux que la maçonnerie dont elles ont été issues, elles ont alors été interprétées comme des remplois et l'évaluation de la dose annuelle a nécessité d'être ajustée. C'est au niveau de la contribution $\gamma +$ cosmique que la dose annuelle a pu changer depuis la fabrication de la terre cuite, selon l'histoire de l'utilisation ; la dose annuelle doit donc être ajustée pour prendre en compte les différences entre la nature et la composition de l'environnement de ces deux contextes, que nous assumons être à différents localisations, localisation 1 étant avant la réutilisation, et localisation 2, à l'endroit du prélèvement. Ce changement affecte plus les datations des grandes inclusions que celles des petites. Dans un travail antérieur, un simple modèle de double phase de la dose annuelle a été appliqué pour traiter des briques romaines réemployées dans l'église anglo-saxonne de Brixworth (Bailiff, à paraître). C'est sur ce même principe que, dans le cadre de cette thèse, des corrections ont pu être proposées à des datations de remplois.

La dose annuelle moyenne est calculée en pondérant la durée supposée passée dans chaque structure et la date de la structure déterminée archéologiquement a été prise comme point de départ pour un calcul itératif. La dose annuelle totale ajustée relative au modèle à double phase correspond donc à la somme pondérée de la dose annuelle mesurée dans la localisation 2 (échantillonnée) et de la dose annuelle de la localisation 1 (avant la récupération et la réutilisation). Puisque la dose annuelle beta est dérivée des sources de la brique, l'histoire de la dose annuelle pour des briques réemployées est incertaine uniquement en raison des contributions $\gamma +$ cosmique qui doivent avoir changé entre les deux phases d'utilisation, si nous supposons les conditions d'humidité similaires. Puisque les détails de la localisation 1 ne sont pas connus, la dose annuelle combinée gamma + cosmiques au cours de l'utilisation primaire doit être estimée. Cette estimation est basée sur l'hypothèse que la brique était localisée dans un mur de mortier et de briques de composition radiochimique similaire à celle de la brique échantillonnée, et où la dose annuelle des cosmiques est typique. Dans cette approximation, une incertitude de $\pm 25\%$ est attribuée à la contribution $\gamma +$ cosmique relative à la structure de la phase 1. La dose annuelle totale ajustée est obtenue en multipliant la dose annuelle gamma + cosmiques combinés pour chaque localisation, exprimée comme une fraction de l'âge de la brique (c'est-à-dire du temps écoulé depuis la fabrication).

IV) Exploitation des résultats

IV-1) Notion de contemporanéité

La détermination de la contemporanéité de plusieurs échantillons provenant d'une même structure architecturale est définie à partir de tests statistiques

IV-1-1) distance réduite d_i

La convergence des résultats peut également être estimée en testant la dispersion expérimentale des mesures d'âge à partir de la distance réduite d_i , entre l'âge individuel et l'âge moyen de la série. La valeur d_i peut être exprimée comme suit : $d_i = (A_i - A_m) / \sigma_{i \text{ stat}}$ où A_i est l'âge (en années) de l'échantillon i , $\sigma_{i \text{ stat}}$ l'incertitude statistique liée à cette valeur et A_m , l'âge moyen (années). L'intervalle de variation de ce paramètre gaussien est compris entre -2 et +2 avec une probabilité de 95%. On peut considérer que tout échantillon hors de cet intervalle révèle une anomalie au sens statistique qu'il faut alors interpréter, et si besoin, exclure les observations aberrantes de la moyenne globale.

IV-1-2) test du χ^2

Cette loi de densité de probabilité permet d'étudier la distribution d'une série. Elle est ici utilisée afin de contrôler la "normalité" des datations au sens de la TL/OSL, avec l'hypothèse de contemporanéité des échantillons. Le χ^2 se calcule à partir de la variance des distances réduites multipliée par le nombre de degrés de liberté (soit $n-1$ où n correspond au nombre de dates). La valeur calculée du χ^2 est comparée à un intervalle de probabilité déterminé en fonction d'un degré de liberté ; dans notre cas, ce dernier est égal à : nombre d'échantillons comparés -1. Si le test du χ^2 effectué sur l'ensemble de l'échantillonnage détecte une distribution anormale due à un échantillon (c'est-à-dire que la valeur du χ^2 est en dehors de l'intervalle), alors celui-ci est considéré comme non-contemporain du reste du groupe et est alors exclu du calcul de la moyenne globale.

IV-1-3) test de Student

Le test paramétrique de Student est aussi occasionnellement utilisé dans cette étude notamment pour comparer des moyennes entre elles, telles que celles obtenues pour des mêmes échantillons par les deux laboratoires de Durham et de Bordeaux.

IV-2) Moyenne des âges TL/OSL

Cette étape se fait en conjonction avec les données archéologiques. Par exemple, deux phases de construction proches dans le temps peuvent ne pas être différenciées à partir des seules données physiques compte tenu des probables chevauchements des intervalles donnés par les incertitudes statistiques associées aux résultats individuels.

Lorsque l'ensemble des résultats pour une même structure définie archéologiquement concorde avec la dispersion attendue donnée par les incertitudes statistiques, les âges sont moyennés en utilisant une procédure classique : le coefficient de pondération affecté à chaque âge est alors égal à l'inverse de la variance statistique (CEA, 1978).

Dans cette thèse les résultats sont présentés à 1σ , c'est-à-dire avec un intervalle à 68% de probabilité.

ENGLISH SUMMARY

To answer the archaeological question related to the origin of CBM used in early medieval architecture, the dating of CBM has been undertaken by the method of luminescence. The study will elucidate whether they are reused Roman materials or medieval products. In the case of medieval production, and if brickmaking is assumed to be contemporary with the construction, then dating the brick can be approximately assimilated to dating the masonry. Then not only the original building date can be determined or checked, but also by carefully choosing the brick from the masonry to be sampled and analysed, its phasing can be defined. In this part, the methodology followed during this doctoral work to optimise the selection of the materials bearing the “age” information within the CBM is presented.

Chapter 5 : Preliminary step to the analyses

I) Sampling procedure

The brick sampling strategy was designed in conjunction with an assessment of the historical and archaeological questions to be answered. Where possible, multiple samples were taken per building phase to check their individual contemporaneity and to achieve a more precise date of the phase, in reducing the uncertainties on the mean.

The bricks were sampled either with a hammer and a burin, or with a core drill designed for dry or wet cutting.

II) Sample Preparation

The brick sample was prepared for analysis in the laboratory by sawing a section of the material for characterization of the fabric. Another portion of the brick was cut, gently crushed and sieved according to the grain sizes required and etched to remove unwanted minerals.

Chapter 6 : Characterization of the CBM

I) Texture Analysis

To assess suitability of the CBM for luminescence testing, the morphology and nature of the grains to be dated were examined. The fabric was first analysed with a binocular magnifying microscope to evaluate the type and size of grains within the clay matrix. Cathodoluminescence analysis of cut brick surfaces was used to assess the range of minerals on the basis of their luminescence colour. Polarisation microscopy on thin sections was also used to determine the grain organisation, and where possible, to identify a mineral on the basis of its optical properties. Scanning Electron Microscopy (SEM) was applied to thin sections to study the morphology and the nature of the material is studied (on a μm -scale) using the Back Scattered Electron (BSE). The latter provides a composition contrast and enables the localisation of heterogeneities in the

chemical composition to be identified. Finally the luminescence method was used to provide indication on the nature of the analysed grains.

II) Chemical analysis of the nature of constituent grains within the brick by Energy-Dispersive Spectrometry

Powdered material was analysed using the SEM in Energy Dispersive Spectrometry (EDS) mode where the X-ray spectra produced peaks characteristic of the elements within the sample and their respective intensity provides information on the quantity of the specific element within the analysed area.

Chapter 7: Dating methods of the CBM (TL & OSL)

All the above characterising methods were applied prior to the use of luminescence dating procedures to evaluate the nature and size of the potentially available luminescent inclusions, in particular the crystalline components: quartz, feldspars and other alumino-silicates.

I) Phenomenon of luminescence: definition and description

The luminescence phenomenon is based on the property of irradiated crystals to emit light during stimulation by heat or light. This light emission results from the cumulative effects of natural irradiation on crystals within the ceramic material. The irradiation by α and β particles and the γ and cosmic rays causes ionisation within the crystal. The α , β particles and γ rays are emitted during the disintegration of radioelements such as uranium, thorium and potassium that are dispersed in the ceramic fabric and in the environment. During the ionisation process, electrons are liberated from their parent atoms in the crystal and are trapped at crystal defects. The number of trapped electrons increases with radiation dose. Heat or light can provide sufficient energy to liberate the trapped electrons, which recombine with holes at luminescent centres, resulting in the emission of photons: this phenomenon is thermoluminescence (TL) or optically stimulated luminescence (OSL).

II) Principle of the method

The last archaeological firing of the ceramic empties the traps, and thereafter the traps can again acquire electrons freed by the natural irradiation. The quantity of cumulative dose is called the paleodose and is proportional to the time elapsed since this process and to the dose rate. In its simple form, the age equation of the method is therefore: $t=Q/I$ where t is the age of the brick or the time elapsed since the last firing to analysis in the laboratory (expressed in years); Q is the paleodose (in Gray = Gy) and I is the annual dose rate (Gy/yr).

III) Determination of the paleodose

The paleodose is determined with grains extracted from the ceramic. Different techniques for measuring the paleodose are available depending on the nature and the size of the grain selected. The polymimetallic fine grain technique, used in the Bordeaux laboratory, employs grains in the range 3-12 μm and includes quartz, feldspars and other alumino-silicates. The coarse grain technique uses coarse quartz grains (90-150 μm for Durham and 80-200 μm for Bordeaux). To determine the paleodose, the measured luminescence signal related to the unknown archaeological dose (called “natural signal”) is compared with the measured luminescence signals related to a known laboratory dose applied using a calibrated β -source (“regenerated signals”). Both laboratories used an additive dose and regeneration procedure: on multiple aliquots (TL) in Bordeaux, and on single aliquot (OSL) in Durham. In Bordeaux, where the polymimetallic fine grain technique was used, further analysis was required to take into consideration a phenomenon of signal loss, called “anomalous fading”, associated with feldspar minerals. It consists of measuring the evolution of the luminescence signal through time following laboratory irradiation.

IV) Determination of the annual dose rate

The different contributions to the annual dose rate arise from sources of radiation within the grains, the ceramic, the environment (the rest of the masonry, the ground) and also from cosmic radiation. To determine the contribution from sources within the grains, ICP-MS analysis was carried out in Durham with grains used for paleodose determination and recovered following luminescence measurements. The average U, Th and K concentrations within the grains were used to calculate the internal grain dose rate. The sample contribution concerns β and α dose rates, the latter contribution being removed in Durham by etching with HF which enables the removal of the outer surface layer (20 μm) of the grains corresponding to the α penetration depth. These contributions are determined from K, U and Th concentration measurements from homogenised powdered brick or bulk sample by high resolution γ -spectrometry. These concentrations are then converted into the related dose rate using the conversion factors determined by Adamiec and Aitken (1998). In Durham, β -TLD is used with powdered material to directly evaluate the β dose-rate. In both laboratories, high resolution γ -spectrometry provides an indication of the state of disequilibrium within the uranium-series. A secondary indication of the radon emanation is provided by thick-source alpha-counting (Durham). Finally, the γ and cosmic contribution from the environment of the sample was evaluated using *in situ* dosimetry where phosphors were left for several months in or nearby the sampled location and analysed in the laboratory to measure the average dose rate during the measurement period.

If the bricks appear to be reused and hence sampled in a secondary context, the dose rate needs to be adjusted to take account of the differences between the nature and composition of the environment in these two contexts, which we assume to be in different locations, location 1, before the reuse and location 2, as sampled.

The adjusted total annual dose rate related to the two-phase model corresponds to the weighted sum of the dose rate measured at location 2 (sampled) and the dose rate at location 1 (i.e. before

the reuse). Since the beta dose rate is derived from sources within the brick, it is only the gamma and cosmic components of the dose rate that may have changed between the two phases of use if we assume the moisture conditions are similar.

Since the details of location 1 are not known, the combined gamma and cosmic dose rate during the period of primary use must be estimated. This estimate is based on the assumption that the brick was located in a brick wall of composition similar to the sampled brick and where the cosmic dose rate is typical. An uncertainty of $\pm 25\%$ is assigned to this estimate.

The adjusted total dose rate is obtained by multiplying the combined gamma and cosmic dose rate for each location by the respective durations in each location, expressed as a fraction of the brick age (i.e., time elapsed since manufacture).

PARTIE 3

ETUDES DE CAS FRANCAIS

CHAPITRE 8

EGLISE ABBATIALE DE SAINT-PHILBERT-DE-GRANDLIEU

CHAPITRE 9

LA COLLEGIALE SAINT-MARTIN A ANGERS

CHAPITRE 10

NOTRE-DAME-SOUS-TERRRE, MONT-SAINT-MICHEL

CHAPITRE 11

EGLISE NOTRE-DAME-OUTRE-L'EAU, RUGLES

CHAPITRE 12

EGLISE PAROISSIALE SAINT-MARTIN, CONDE-SUR-RISLE

CHAPITRE 13

EGLISE SAINT-AUBIN, VIEUX-PONT-EN-AUGE

La partie française de cette étude s'est focalisée sur le nord-ouest du pays et en particulier sur les Pays-de-Loire et la Normandie, ces régions présentant une concentration de monuments encore en élévation pour la période considérée.

Les techniques et mode de construction communs à ces édifices, telle que l'utilisation de la brique en claveau et/ou en lits dans la maçonnerie, rappellent l'architecture romaine et byzantine. La tradition antique dans les régions sélectionnées est d'ailleurs encore particulièrement visible au haut Moyen Âge comme le révèle la présence de vestiges architecturaux romains (Cliquet, 1993 ; Provost, 1988 ; Delacampagne, 1990 ; Barral i Altet, 19-20). Par conséquent, la question de l'origine des matériaux de construction qui y sont employés est ambiguë, le recours au remploi antique étant particulièrement favorable, comme de Boüard l'a évoqué (1975, 55-6), mais cette possibilité n'est pas exclusive et l'hypothèse de productions médiévales a également été suggérée (Forsyth, 1953, 25). La méthode de luminescence stimulée permettant de dater la cuisson subie par les TCA, il devient désormais possible d'éclaircir ce débat.

Un autre problème réside dans le fait que, en dépit des similarités architecturales entre ces édifices, celles-ci n'impliquent pas nécessairement leur contemporanéité, la situation étant en réalité plus complexe. Musset (1967) et Decaëns (1987) suggéraient en effet une influence de la Touraine et de l'Anjou des IX^e et X^e siècles sur la Normandie de l'an mil pour l'utilisation des terres cuites, cette caractéristique architecturale disparaissant par la suite dans l'architecture romane. Le positionnement chronologique de ces édifices est donc particulièrement important puisqu'il s'agit d'établir ou de vérifier les réseaux d'influence au sein du groupe entre les différentes régions. Parmi ce groupe d'édifices, certains s'avèrent donc être de véritables jalons architecturaux dont le positionnement chronologique est nécessaire compte tenu de leur rôle de référents dans l'histoire de l'art. Cependant les datations préalables pour cet ensemble d'édifices n'ont généralement été établies qu'à partir de l'interprétation de textes historiques selon une tradition du XIX^e siècle et ont souvent été sujettes à controverses, celles-ci oscillant traditionnellement entre la période carolingienne (Caumont, 1869) et l'an mil (Lesueur, 1961), voire le premier quart du XI^e siècle (Espinay, 1876). La nécessité du recours à l'archéologie du bâti et à l'archéométrie se fait ici de nouveau sentir. Or les terres cuites architecturales constituent un indice essentiel puisqu'elles sont susceptibles d'aider à la datation du monument si elles lui sont contemporaines.

Ce travail de recherche s'est donc concentré sur des constructions où le mode d'utilisation organisé et structuré des briques révèle une sélection pré-méditée pour ce matériau particulier, situation pour laquelle le matériau est plus susceptible d'avoir été fabriqué dans le but de l'édification et lui serait donc hypothétiquement contemporain. Cette recherche a d'abord concerné l'église abbatiale de Saint-Philbert-de-Grandlieu en Loire-Atlantique, qui constitue la limite chronologique inférieure de cette étude. L'investigation s'est poursuivie en Maine-et-Loire, autour de la collégiale Saint-Martin d'Angers, avant qu'un programme de restauration ne rende inaccessibles certaines zones-clés jusqu'à épargnées de l'édifice. L'église Notre-Dame-sous-Terre a ensuite été sélectionnée pour sa valeur de témoin le plus ancien et le mieux préservé du passé monastique du Mont-Saint-Michel. Enfin, pour compléter cette étude en Normandie, plusieurs églises paroissiales (Vieux-Pont-en-Auge, Rugles, Condé-sur-Risle)

présentant divers modes d'utilisation préméditée des TCA ont également fait l'objet d'analyses.

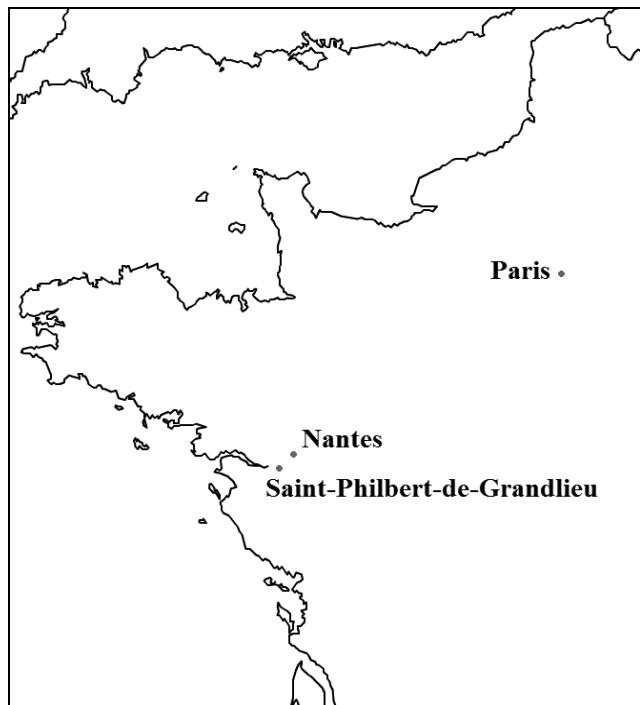
English summary

The work deals with the study of a group of buildings in north-western France, which display analogous building methods and techniques, such as the use of brick as voussoirs and/or laid in horizontal rows in the masonry, similar to the style of Roman or Byzantine architecture. The question regarding the origin of the brick can be problematic: are they Roman reused material as suggested by de Bouard in 1975 or medieval products? Bricks are moreover an important component since they can help date the monument if their manufacture is contemporary with the construction. Amongst this group of buildings, some provide architectural markers for dating since they represent key-sites in the history of architecture, acting as references for other buildings displaying similar architectural features. However not all such buildings may be contemporary, and the situation is usually more complex. The dates for this group have been debated, fluctuating between the Carolingian period and the early 11th century. The dating of these key-sites is therefore essential in order to establish the extent of the influence within the group between the different regions. To provide an answer to these questioning, a number of religious buildings in Pays de Loire and Normandy were selected on the basis of the use of the CBM. The choice was focused on buildings where the organized and structuralised mode of use of CBM revealed a purposeful selection of these particular materials, situations where the bricks were more likely made for the building and are therefore contemporary to it. This work first concerns the abbey church of Saint-Philbert-de-Grandlieu which constitutes the inferior chronological earlier limit of this study, the Carolingian being well accepted for the origin of the building. The second building is the Collegiate church of Saint-Martin in Angers, sampled before a large restoration program prevented the access of the original preserved standing features of the building. The third building, the underground church of Notre-Dame-sous-Terre, was chosen since it constitutes the oldest standing witness of the monastic origins of the Mont-Saint-Michel. The remaining buildings in Normandy included the parish rural churches of Vieux-Pont-en-Auge, Rugles and Condé-sur-Risle.

L'ÉGLISE ABBATIALE DE SAINT-PHILBERT-DE-GRANDLIEU

I) Présentation

I-1) Le site et son cadre géographique



La commune de Saint-Philbert-de-Grandlieu se situe à 25 km au sud de Nantes, dans le département de la Loire-Atlantique (fig.34). Le département appartient géologiquement au Massif Armorican. Le site est implanté dans la zone marécageuse du lac de Grandlieu, en pays d'Herbauge. L'ancien prieuré de Saint-Philbert est édifié le long de la rivière Boulogne sur une petite butte de schiste qui a sans doute été nivellée pour faciliter l'installation de l'édifice et l'exploitation de la matière première pour ses matériaux de construction (Lebouteux, 1965, 75).

Figure 34 : Situation géographique de Saint-Philbert-de-Grandlieu

I-2) Description de l'édifice : plan et élévations



Figures 35 a, b & c: Vues extérieures de l'abbatiale dans son état actuel : façade occidentale ; bas-côté sud et chevet.

Dans son état actuel, l'église présente une nef de quatre travées (six à l'origine), flanquée de bas-côtés étroits, un transept saillant et un chœur terminé par une abside semi-circulaire dans laquelle est aménagée une crypte voûtée. L'ensemble est cerné par un déambulatoire, flanqué de constructions basses dont deux chapelles latérales et terminé aujourd'hui par un chevet plat (fig.35 & 36).

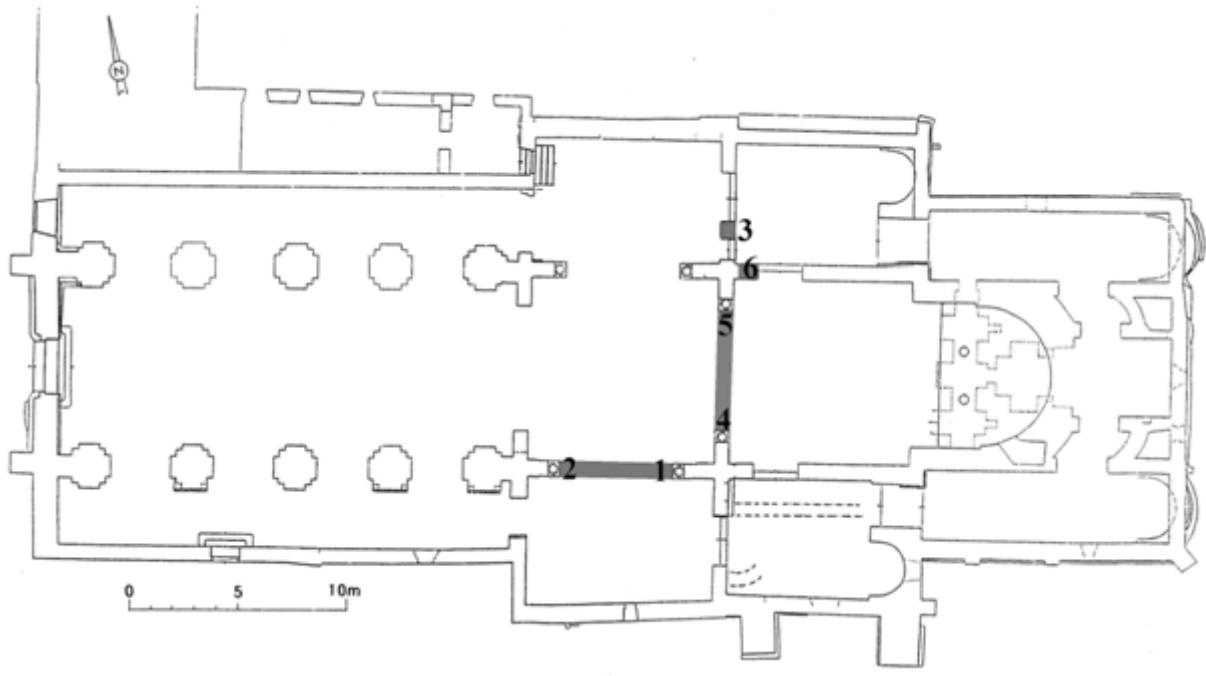
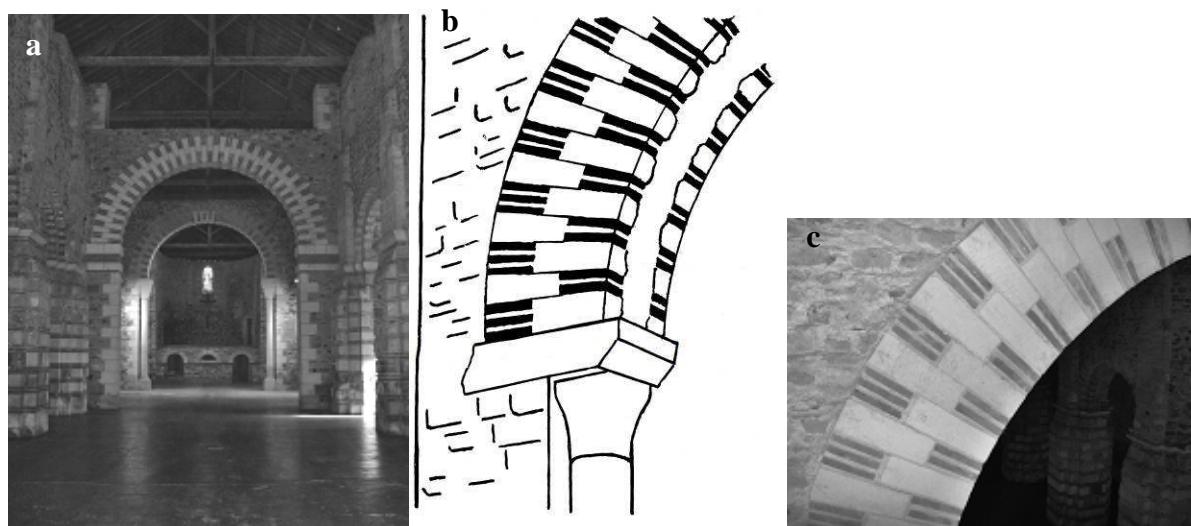


Figure 36 : Plan de l'abbatiale Saint-Philbert-de-Grandlieu, dans son état actuel (d'après CEM, dans Hebber-Suffrin *et al.*, 1997) ; indication en grisé de la localisation des prélèvements.

Afin de limiter cette étude, l'intérêt s'est concentré sur la croisée du transept et sa jonction avec la chapelle orientale nord. La description architecturale et archéologique du site est donc restreinte à cet ensemble.



Figures 37 a, b & c : Vue des piliers de la nef, des arcs de la croisée et de l'abside du chœur ; alternance deux briques – une pierre sur la rangée interne et trois briques - une pierre sur la rangée externe, pour les claveaux des arcs de la croisée du transept (schéma d'après Lesueur, 1961); photo de l'arc occidental reconstitué.

L'ensemble de l'édifice présente un petit appareil de moellons bruts de taille variée, posés en assises horizontales régulières. Le matériau le plus usité pour cet appareil est une roche métamorphique locale. Les contreforts de la nef et le portail sont en granit gris (Lebouteux,

1965, 76). Le tuffeau blanc, calcaire turonien provenant probablement d'Anjou (à plus d'une centaine de kilomètres du site) (Prigent & Sapin, 2004), est également employé seul ou en alternance avec des briques. Le calcaire est surtout employé pour la nef et les remplois. Les arcs et éléments porteurs sont réalisés en briques et pierres de calcaire d'appareil alternées (appareil mixte) ou en pierre de calcaire seule (Lebouteux, 1965, 76 ; fig.37 b & c). L'appareil des grandes arcades consiste en un damier de minces claveaux de pierre blanche et de briques placées alternativement à l'intrados (deux briques et une pierre) et à l'extrados (trois briques et une pierre). Le diamètre de ces arcs, exceptionnellement large (6 m), constitue un point de rupture dans l'architecture (fig.37a) ; ils n'ont jamais soutenu de coupole mais présentaient plutôt un aspect purement visuel (Maître, 1898).

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations TL

I-3-1) Sources écrites

En 677, le moine Filibert, fondateur du monastère de l'île d'Hério (Noirmoutier) reçoit de l'évêque de Poitiers Ansoald, la *villa* au lieu-dit Déas (diocèse de Poitiers) (Cartron-Kawe, 1998), qui figure dans l'acte de fondation de Noirmoutier (Archives de Cunaud – copie du XI^e siècle sur parchemin) et qui prend le nom de Saint-Philbert-de-Grandlieu en 1119.

Entre 815 et 819, une petite église monastique semble avoir été édifiée par l'abbé Arnoulf, chef du monastère de Noirmoutier (Chifflet, 1664). Son existence est également attestée dans le diplôme⁵ de Louis le Pieux qui concède à l'abbé la permission de mettre en communication le monastère avec la Boulogne (Chifflet, 1664 ; Brunellière, 1924). L'arrivée des premières incursions normandes qui sillonnent la mer et ciblent préférentiellement leurs attaques sur les riches monastères côtiers ou insulaires incitent les moines de Noirmoutier à se réfugier au domaine de Déas, suffisamment éloigné des côtes, en 836, sous la décision de l'abbé Hilbold (Chifflet, 1664). Le moine Ermentaire, témoin de l'exode, relate cet épisode dans ses récits des *Vita Sancti Filiberti* et des *Miracula* (Chifflet, 1664 ; Poupardin, 1895). Cette même année, les reliques de saint Filibert, jusqu'alors conservées à Noirmoutier, sont alors déplacées à Déas (Cartron-Kawe, 1998). Onze ans plus tard, les Normands, arrivés par l'estuaire, le lac de Grandlieu, puis la Boulogne, pillent et incendent l'église, mais les reliques demeurent sauves (Chifflet, 1664). En 858 les Vikings réitèrent leur assaut ; les reliques sont alors transférées à Tournus et l'église est laissée à l'abandon (Lasteyrie, 1911). La fin du X^e ou le début du XI^e siècle voit le retour des moines à Déas ; le monastère devient prieuré et des travaux de remise en état sont entrepris (Lebouteux, 1965, 50).

Peu de données sont parvenues sur l'histoire du site entre les XII^e et XVI^e siècles.

Relativement épargnée pendant la Révolution, l'église fait néanmoins l'objet de réparations sommaires par l'abbé Léauté au XIX^e siècle (Lebouteux, 1965, 50). Dans les années 1860, une nouvelle église est construite à Saint-Philbert-de-Grandlieu. L'ancienne abbatiale est alors abandonnée par le clergé. Sous tutelle de la ville, elle devient marché aux poulets et, compte tenu de l'état de délabrement des maçonneries, son pourtour est découronné sur une hauteur de 3m (Lebouteux, 1965, 50).

⁵ Original du diplôme du 16 mars 819 conservé aux Archives de Saône-et-Loire, 177, n°1 (Maître, 1899)

Après une première série de fouilles archéologiques dans la dernière décennie du XIX^e siècle (Maître, 1898) et un programme de restauration par Déverin, l'église est finalement classée Monument Historique le 15 avril 1896.

Malgré les mutilations dont elle a souffert, Saint-Philbert constitue aujourd'hui le plus authentique témoin subsistant en France de l'architecture religieuse de l'époque carolingienne (Maître, 1899).

I-3-2) Etudes archéologiques

Les premières propositions d'attribution chronologique de l'église de Saint-Philbert-de-Grandlieu sont basées sur des critères typologiques architecturaux.

Au cours des années 1860, Boismen, architecte de la nouvelle église à Saint-Philbert-de-Grandlieu, Orieux (1864) et Marionneau (1868) identifient l'église comme un témoin de l'art roman, exception faite de la crypte qu'ils situent au IX^e siècle. En revanche, pour l'historien d'art Louis Courajod, qui visite l'édifice en 1895, l'édifice serait plutôt un exemple de l'architecture carolingienne (Maître, 1898).

A la fin du XIX^e siècle, l'archiviste départemental Léon Maître classe Saint-Philbert parmi les édifices antérieurs à l'an Mil compte tenu de l'usage de la brique alternant avec la pierre. Son argumentation s'appuie en particulier sur l'analogie avec les vestiges de l'abbaye voisine de Vertou datée du IX^e siècle, aujourd'hui disparue, où le même type d'imbrications est encore observable en 1850 (Marionneau, 1877 ; Maître, 1898). L.Maître est également le premier à entreprendre des fouilles archéologiques dans l'abbaye en 1896. A partir de sondages dans la partie orientale de l'église, il en déduit que la croisée du transept de la première église (celle de 815) a dû être rasée jusqu'aux fondations lors de la campagne de travaux de 835 par l'abbé Hilbod, qui la fait remplacer par les grands arcs et les extensions des bras du transept (Maître, 1898).

Les fouilles du Père de la Croix, menées à la fin du XIX^e siècle, permettent la mise au jour des fondations des parties orientales antérieures réalisées à partir de blocs de récupération gallo-romains dont les chapiteaux, fûts et colonnes sont attribués typologiquement au V^e siècle (de La Croix, 1905). Camille de La Croix conclut alors qu'il s'agit ici d'une construction antique et que le bâtiment primitif de Saint-Philbert constituerait en fait une ancienne basilique réemployée. Cette théorie est néanmoins largement contestée par ses contemporains, L.Maître et Robert de Lasteyrie (1909). D'autre part, contrairement à L.Maître, il considère que le transept et ses ouvertures sur les deux absidioles appartiennent à l'église d'origine (de La Croix, 1905). Cette hypothèse sur l'authenticité du transept et des arcs d'entrée des absidioles est ensuite reprise par F.Lesueur (Lesueur, 1961).

L'analyse architecturale minutieuse de Pierre Lebouteux menée dans les années 1960 permet de mettre en évidence la modification des parties orientales en 836 liée à l'installation de la crypte dans l'abside orientale pour accueillir le sarcophage de Saint-Philbert. Il observe en particulier une différence entre les deux campagnes de construction du IX^e siècle, celle de 819

et celle de 836, visible dans l'arrangement de l'alternance pierre-briques des arcs du transept et du chevet. En effet, le premier, qu'il suppose indemne de la première église, présente des arcs avec une double rangée de claveaux appareillés en damier de trois rangs de briques et une pierre et des piédroits en pierre uniquement. Tandis que, dans le chevet, l'appareil des piédroits est mixte et irrégulier et celui des arcs présente une alternance deux briques – une pierre. Hormis l'arc ouest de la croisée qui date des restaurations modernes, les trois autres arcs semblent être d'origine et ne semblent pas avoir subi de dommages.

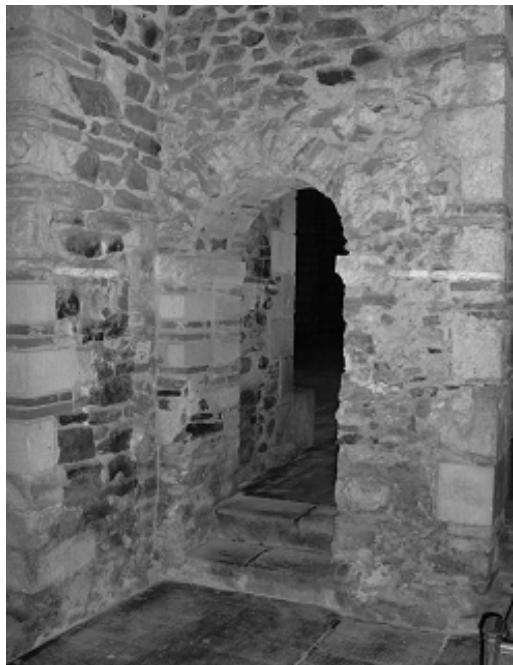


Figure 38 : Angle sud-ouest de l'ancien piédroit de la chapelle nord mitoyenne au croisillon nord.

Le mur est du croisillon nord semble ancien compte tenu de la présence de briques dans le montage des arcs de ses ouvertures. Cette considération n'inclut cependant pas la petite porte, où l'alternance pierre - brique y est irrégulière ; d'autre part, son imposte est typologiquement datable des XI^e-XII^e siècle. Il semblerait donc qu'on ait affaire ici à un percement ultérieur (Lebouteux, 1965, 78 ; fig.38). Le mur sud de la chapelle nord (entre la chapelle et l'avant-chœur) présente aussi une particularité. Bien que cette partie du mur ait subit de nombreux remaniements, on remarque sur son côté ouest, près de la porte, un piédroit en briques et pierres (visible sur la partie gauche de la photo fig.42) qui s'appuie contre le mur ouest sur une hauteur de 1,37 m et qui semble d'origine.

Plus récemment, Carol Heitz attribue lui-aussi la croisée du transept, une partie des croisillons et un fragment du mur extérieur du collatéral nord à la première église, celle décrite par Ermentaire (Heitz, 1980). La construction du chœur, de l'abside et sa crypte et des vastes chapelles latérales s'ouvrant sur le transept est liée à l'arrivée des reliques en 836.

Dans l'ensemble, toutes ces études s'accordent pour considérer plusieurs campagnes rapprochées dans le temps.

Enfin, en préalable à une campagne de restauration des Monumets Historiques, un projet de révision des études archéologiques anciennes par C.de La Croix et ses successeurs jusqu'à C.Heitz, est mené par François Heber-Suffrin, Daniel Prigent, Christian Sapin de 1997 à 2000, puis intégré en 1998 dans le Projet Collectif de Recherches Interrégional des « édifices religieux du haut Moyen-Age en Aquitaine » par Brigitte Boissavit-Camus *et al.* (2003) Les perspectives de l'étude archéologique du bâti sont l'étude des maçonneries de certaines structures ; l'identification, l'analyse et la datation des mortiers grâce aux charbons de bois qu'ils peuvent contenir ; une étude métrologique et statistique des matériaux de construction : pierres, briques, enduits.

Le premier examen en 1998 mené sur les quatre arcs de la croisée du transept a pour objectif de reconnaître et distinguer les zones authentiques de celles restituées. Les observations menées sur la croisée du transept permettent une première appréciation de la mise en œuvre, des matériaux et de la chronologie relative de cette structure. Il semblerait tout d'abord que les arcs, comme l'avait pressentit L.Maître, n'aient pas été construits dans le but de voûter, mais plutôt dans celui d'assurer une monumentalité de la croisée. La reconstitution de l'arc ouest semble inventée, le système d'accrochage étant différent de ce côté. Il apparaît également que les faces nord des arcs de la croisée aient été temporairement exposées sans protection.

Le mur est du croisillon nord semble être ancien. Il présente néanmoins des traces de reprise telle que la petite porte mentionnée par F.Lebouteux qui affiche une certaine irrégularité dans l'alternance de son appareil et dont la mouluration de l'imposte serait caractéristique des XI^e-XII^e siècles (rapports de fouilles).

Les interprétations archéologiques résultant de cette récente étude du bâti considèrent désormais que les hypothèses du Père de la Croix reprises par ses successeurs ne sont plus recevables. L'état du transept tel qu'il nous est parvenu ne serait pas celui d'origine, mais résulterait d'une reprise ultérieure. Le mur est du croisillon nord serait donc antérieure à cette reprise de la croisée et sans doute au mur de jonction entre le chœur et sa chapelle latérale nord. Entre ces deux dernières structures, la relation chronologique n'est cependant pas établie.

I-3-3) Etudes C14

Des analyses par la méthode du radiocarbone ont été réalisées au laboratoire de Lyon sur les charbons de bois prélevés dans les mortiers. Le résultat individuel de l'unique échantillon provenant des arcs de la croisée fournit une date de 1250 ± 40 en années BP et après calibration : [686 ; 878] ap.J.C. (à 2 sigma).

I-4) Problématiques

L'objectif de cette étude réside dans l'emploi des TCA qui en est fait à Saint-Philbert. La question préliminaire à leur étude concerne leur origine : s'agit-il en effet de remplois antiques ou de productions contemporaine à l'édification ? L'origine antique des briques paraît tout à fait probable compte tenu de la présence sur le site d'autres matériaux antiques tels que des éléments de colonnes, fûts ou chapiteaux (de la Croix, 1905). Or, aucune occupation antique du site n'est véritablement attestée (Maître, 1899, 71 ; Provost, 1988). De la même façon, les travaux de voirie réalisés récemment, accompagnés d'un suivi archéologique, n'ont permis la mise au jour d'aucun vestige antique (Prigent, *comm.pers.*). L'existence à une quinzaine de kilomètres de la ville de Rezé, dont l'origine antique est avérée, pourrait donc suffire à expliquer l'existence de matériaux antiques (ceux découverts par C.de La Croix) sur un site vierge d'occupation gallo-romaine. La contrainte du transport ne semble pas avoir constitué d'obstacle par voie fluviale. Par exemple la présence de tuffeau du Turonien moyen dont il

existe en Anjou des gisements potentiels et employé dans la construction de l'abbatiale indique que celui-ci a donc dû être transporté sur une distance supérieure à 100 km.

Le deuxième intérêt que suscite ce site est la controverse qui touche les parties orientales de l'édifice et en particulier le transept. Celui-ci appartient-il en effet à l'édifice d'origine comme le suspecte C.de la Croix, P.Lebouteux et C.Heitz, ou résulterait-il d'une reprise de construction comme le suggère L.Maître et les études récentes?

Il s'agit ici de savoir à quelle campagne de construction se rattachent les arcs de la croisée, la porte du mur est du croisillon nord et le piédroit de l'angle sud-ouest de la chapelle nord, et de tenter de distinguer ces différentes phases, afin d'en établir la chronologie. L'objectif est donc double, puisqu'il s'agit non seulement d'améliorer nos connaissances sur les origines d'un monument majeur du haut Moyen Age, mais aussi d'en comprendre l'histoire architecturale, afin d'évaluer quel parti prendre et exposer dans un éventuel projet de restauration MH.

Enfin, au cours de cette étude, un travail d'intercomparaison est mené afin de tester la potentialité des techniques utilisées en luminescence pour la datation de terres cuites et de tenter d'en améliorer la méthode. Pour ce faire, 4 laboratoires européens ont participé à cette étude, chacun avec ses protocoles et techniques « traditionnels ».

I-5) Le matériel d'étude

Douze carottes de briques ont été prélevées dans le transept et la chapelle nord adjacente à l'avant-chœur.

Parmi ceux-ci, quatre échantillons référencés Bdx 10219, Bdx 10220, Bdx 10221 et Bdx 10222 proviennent du côté nord de l'arc sud de la croisée ; les quatre suivants : Bdx 10225, Bdx 10226, Bdx 10227 et Bdx 10228, du côté ouest de l'arc est de la croisée (fig.39a); 2 autres, Bdx 10229 et Bdx 10230, dans le piédroit situé dans l'angle sud-ouest de la chapelle nord et enfin 2 derniers, Bdx 10223 et Bdx 10224, de l'embrasure de la petite porte entre le bras nord du transept et la chapelle nord (fig.39b). Les parties prélevées sont indiquées en gris sur le plan (fig.36).

Parmi ces échantillons, Bdx10219/STPG#1, Bdx 10220/STPG#2, Bdx 10226/STPG#8 et Bdx10228/STPG#10 ont été divisés en 4 portions de dimensions équivalentes et partagées entre les laboratoires européens de Bordeaux (F), Catane (I), Milan (I) et Durham (GB) afin d'effectuer une intercomparaison des datations, l'objectif étant ici d'évaluer la validité des méthodes employées par chacun des laboratoires.

La partie interne des carottes subdivisées (longueur d'environ 60 mm) fut distribuée au laboratoire de Catane ; la portion suivante (longueur d'environ 50 mm), à Durham, la troisième (longueur d'environ 60 mm) ; à Milan, et enfin la partie externe (longueur d'environ 60 mm) fut réservée à Bordeaux.

La localisation des prélèvements, leurs dimensions et les descriptions tirées de l'observation à l'œil nu des briques sont reportées dans le tableau 2.



Figures 39 a & b : Vues de la croisée du transept et ouverture entre le croisillon nord et la chapelle nord du chœur (les flèches rouges indiquent les zones de prélèvements).

échantillon	Localisation		Dimensions (cm)			Observation visuelle préliminaire de la pâte des échantillons
	Ref	maçonnerie	L	1	e	
Bdx10219 /STPG#1	1	9 ^{ème} rangée au dessus du taillant de la colonne est	32	21	5	Pâte rose beige, finement micacée, friable. Nombreux grains de quartz
Bdx10220 /STPG#2		10 ^{ème} rangée au dessus du taillant de la colonne est		20, 5	5	Pâte brune à gros grains siliceux
Bdx10221	2	10 ^{ème} rangée au dessus du taillant de la colonne ouest	32	19	6,25	Pâte gris-beige, à texture argileuse feuillettée. Peu de quartz visibles.
Bdx10222		8 ^{ème} rangée au dessus du taillant de la colonne ouest		21	5	Pâte rouge à texture feuillettée, avec de nombreux gros grains siliceux blancs
Bdx10223	3	Brique située à 85cm au dessus du sol du transept	33		4,75	Pâte rose-beige, micacée, avec nombreux grains de quartz
Bdx10224		Brique située à 55 cm au dessus du sol du transept	29		4,25	Pâte rose-beige à micro-fissures subparallèles et gros quartz
Bdx10225	4	1 ^{ère} brique de la 6 ^{ème} rangée externe	33		4,75	
Bdx10226 /STPG#8		3 ^{ème} brique de la 3 ^{ème} rangée externe	32		4,5	Pâte rose à grains siliceux en grande quantité.
Bdx10227	5	3 ^{ème} brique de la 6 ^{ème} rangée externe	31, 5		5	
Bdx10228 /STPG#10		3 ^{ème} brique de la 5 ^{ème} rangée externe	33		4,75	Pâte brune avec grains siliceux en grande quantité.
Bdx10229	6	Brique à 87 cm au dessus du sol			4,25	
Bdx10230		Brique à 145 cm au dessus du sol			4,5	

Tableau 2 : Localisation, dimension et description de la pâte des 12 échantillons prélevés à Saint-Philbert-de-Grandlieu (où Ref correspond à la référence de chaque échantillon sur le plan fig.39 de l'église ; L est la longueur de la brique échantillonnée ; 1, sa largeur et e, son épaisseur. Sur le plan, **1** correspond à l'arrondi oriental de l'arc sud de la croisée ; **2**, à l'arrondi occidental de l'arc sud de la croisée ; **3**, à l'ouverture entre le croisillon nord et la chapelle nord du chœur ; **4**, à l'arrondi sud de l'arc oriental de la croisée, **5**, à l'arrondi nord de l'arc oriental de la croisée et **6**, au mur de jonction entre le chœur et sa chapelle nord).

Les dimensions moyennes des briques échantillonnées sont relativement homogènes : les longueurs varient de 29 à 33cm, les largeurs de 19 à 21cm et les épaisseurs mesurées, de 4,25 à 6,25 cm (tableau...). Il n'est donc pas possible de différencier des lots compte tenu de l'homogénéité des dimensions. Nous verrons dans la suite de cette étude si la datation des briques reflète l'homogénéité de leurs caractéristiques métriques.

II) Datation par TL de la cuisson des briques

II-1) Caractérisation de la fraction cristalline

Il s'agit ici de caractériser par cathodoluminescence, microscopie de polarisation et microscopie électronique à balayage sur lames minces les grains utilisés pour la datation. A partir de certains caractères distinctifs des grains, nous évaluons ainsi la technique la plus appropriée à adopter pour la datation par luminescence.

II-1-1) Composition élémentaire

L'analyse quantitative élémentaire par spectrométrie de rayons X en dispersion d'énergie a été effectuée sur poudre pour les douze échantillons. Les analyses sont normalisées à 100 % et cette normalisation ne prend pas en compte les teneurs en carbone et en eau.

L'ensemble des briques analysées présente une nature siliceuse, la teneur en CaO n'excédant pas les 2%. La composition des pâtes semble globalement homogène (fig.40), bien que dans le détail deux groupes semblent se distinguer. Si les teneurs en K₂O et Fe₂O₃ sont sensiblement uniformes d'un échantillon à l'autre, les teneurs en SiO₂ et Al₂O₃ permettent de différencier deux ensembles : les briques Bdx10220, Bdx10226, Bdx10227 et Bdx10228 ont des teneurs en SiO₂ supérieures aux autres briques (71-74% contre 65-69% respectivement) et des teneurs en Al₂O₃ inférieures (16-17% contre 20-22%). Ces différences néanmoins ténues sont peut-être liées à des groupes argileux distincts.

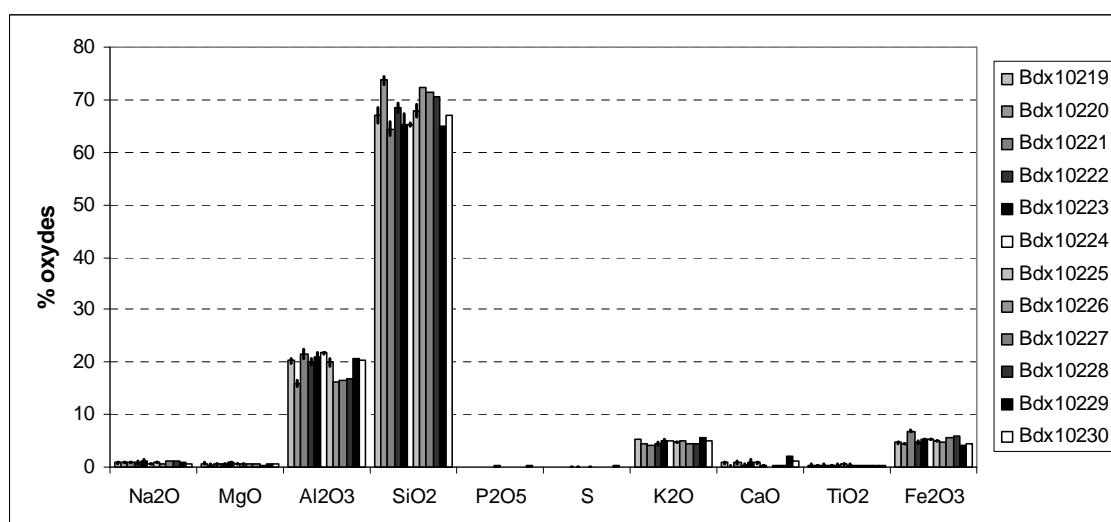


Figure 40 : Histogramme des compositions des briques de Saint-Philbert-de-Grandlieu (exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes).

Nous verrons dans la deuxième partie de cette étude si les datations corroborent cette discrimination dans la composition élémentaire en révélant des lots distincts de briques produites à diverses périodes.

II-1-2) Étude de la nature et de la morphologie des grains

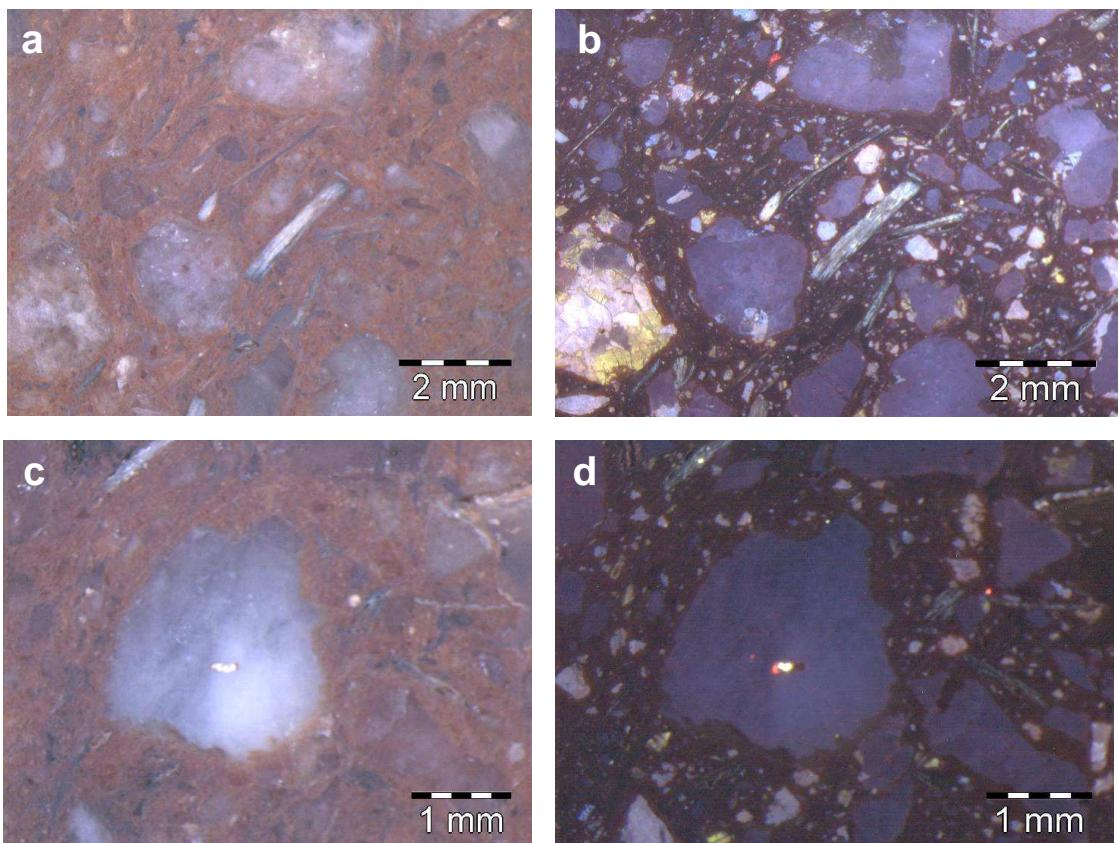
Des observations sur des lames minces par microscopie optique montrent que les briques de Saint-Philbert sont constituées d'un matériel hétérogène. La proportion de grandes inclusions de quartz et de feldspaths et de fragments de roche (tel que du granite, du schiste, du quartzite...) est très grande par rapport à la matrice argileuse (fig.50). La nature des agrégats varie d'un échantillon à l'autre, mais en général la minéralogie est complexe, résultant de différentes contributions des sédiments de la Loire et du sud du Massif armoricain. On peut donc s'attendre à une forte hétérogénéité radioactive à une échelle du domaine de pénétration des béta (quelques millimètres).

La cathodoluminescence et la microscopie de polarisation ont également permis de mettre en évidence, pour des grains de dimensions appartenant au domaine granulométrique utilisé pour les mesures de détermination de la paléodose par la technique des grandes inclusions de quartz (80-200 µm), des grains polyphasés (fig.42) et/ou parfois associés à des inclusions de nature différente (fig.41). Cette donnée pourrait expliquer la tendance aux grandes inclusions à se fragmenter observée au cours de la phase de broyage lors de la préparation des échantillons. La microscopie à balayage a, quant à elle, permis de déterminer la nature de ces inclusions à l'intérieur des grains de quartz, révélant ainsi la présence de feldspaths (fig.43a) ou de grains radioactifs tels que des zircons ou des monazites (fig.43b&c) autour desquels ont pu se cristalliser les quartz au cours de leur formation.

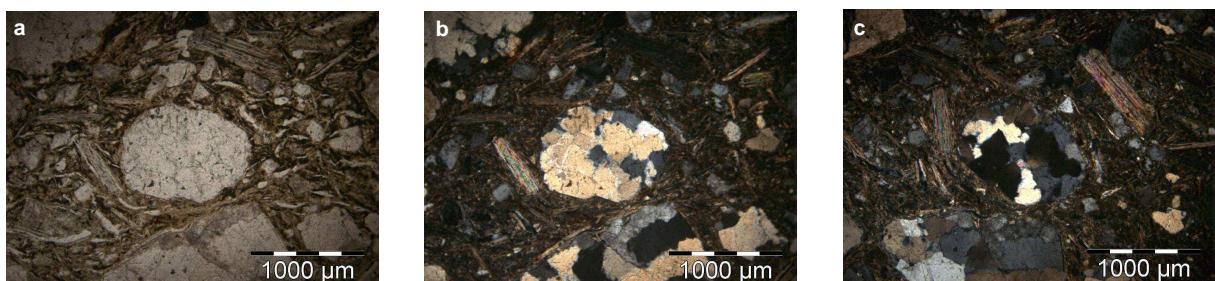
Les feldspaths se révèlent être « polluants » pour l'étude de la TL des quartz compte tenu de leur tendance à présenter une intensité de luminescence relative bien supérieure à celle des quartz. La littérature nous renseigne peu sur la luminescence des zircons (les monazites, elles, ne luminescent pas). Cependant, on sait par expérience que les zircons peuvent être source de contamination particulièrement dans notre type d'étude dans la mesure où, naturellement radioactifs, ils contribuent à la dose annuelle reçue par les grains de quartz. Ainsi, un quartz contenant un grain radioactif aura été plus irradié qu'un quartz « sain », et la luminescence du premier sera donc plus importante que celle du second. Bien qu'aisément identifiable, la difficulté réside surtout dans la quantification de cette contribution interne.

Un recensement visuel (par imagerie en mode rétrodiffusé au MEB) du rapport du nombre de quartz de dimensions comprises entre 80 et 200 µm (soit la fraction utilisée pour la datation) contenant une inclusion radioactive par le nombre de quartz sains a permis une première évaluation à 20% de la proportion de quartz contenant une inclusion radioactive.

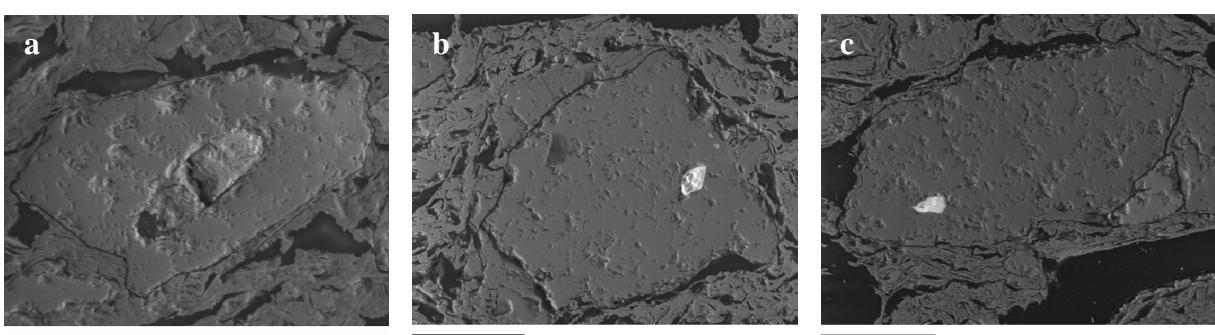
Les petites inclusions (3-12 µm), quant à elles, sont dépourvues de ces perturbations pouvant entraîner des luminescences parasites et des difficultés de micro-dosmiétrie.



Figures 41 : Images en lumière naturelle (a, c) et en cathodoluminescence (b,d) d'une section de la brique Bdx10222. Observation de grains à la luminescence bleu mauve caractéristique des quartz, associés à des grains de nature différente : des feldspaths calcosodiques (luminescence jaune verdâtre), feldspaths potassiques (bleu intense) et/ou de zircons (point luminescent dans le quartz au centre de la photo d). Des analyses EDS sont venues confirmer ces attributions minéralogiques.



Figures 42 : Bdx 10223 : Images en lumière polarisée non analysée (a) et lumière polarisée analysée (b, c). Observation de grains polyphasés de quartz ou de quartz associés à des feldspaths ou des zircons, confirmant les observations obtenues par cathodoluminescence.



Figures 43: a : Bdx 10223, feldspath inclus dans un grain de quartz ; b : Bdx 10224, zircon inclus dans un quartz et c : Bdx 10226, zircon inclus dans un quartz

II-2) Détermination de la dose équivalente

II-2-1) Techniques mises en œuvre

Différentes techniques ont été mises en œuvre dans un but d'intercomparaison entre les différents laboratoires de datation.

- Technique des petites inclusions polyminérales

Le tableau suivant résume les procédures de préparation des petites inclusions suivies par chaque laboratoire et les détails des procédures de mesure de la luminescence. Les différences majeures dans la préparation sont liées à l'application de traitements variés d'attaques chimiques, de la moins agressive à Milan à la plus lourde à Bordeaux.

Labo-ratoire	Mode de préparation des échantillons	Méthode et protocole	Processus de remise à zéro avant régénération	Domaine du plateau thermique	Etude du fading
Bordeaux	3-12µm ; HCl (1M) ; H ₂ O ₂ (50vol) ; HCl (1M) + HF (0,5M)	TL; ajouts de dose avec régénération.	Chauffage à la température de recuit équivalente	300-480°C	Après stockage de 2 min à 3 mois, sur matériau remis à zéro (irradiation bêta)
Catane	2-11µm ; HCl (1M)	TL ; ajouts de dose et correction de la linéarité à faible dose sur matériau remis à zéro	2 chauffages à 500°C	350-400°C	Après stockage pendant 15 et 30 jours (irradiation alpha et bêta)
Milan	2-11µm ; Acide acétique (30%)	TL ; ajouts de dose et correction de la linéarité à faible dose	2 chauffages à 500°C	290-310°C	Après stockage de 6 mois (irradiation bêta)
		OSL ; Single Aliquot Regeneration	éclairement	-	Caractérisation du rapport quartz/feldspath par spectrométrie Raman

Tableau 3 : techniques et protocoles utilisés par l'ensemble des laboratoires pour la détermination de la paléodose à partir des petites inclusions polyminérales.

- Technique des grandes inclusions de quartz

Les informations relatives aux procédures suivies pour la technique des grandes inclusions de quartz, ainsi que les détails de préparation pour chaque laboratoire sont rapportées dans le tableau 4.

Laboratoire	Mode de préparation des échantillons	Contrôle de l'efficacité de la préparation	Méthode et protocole	Procédé de remise à zéro avant régénération
Bordeaux	80-200µm ; HCl (1M), 31% H ₂ SiF ₆ , séparation densimétrique	Observations par cathodoluminescence de prélèvements d'échantillon	TL ; technique des ajouts de dose et régénération sur aliquotes multiples	Chauffage à la température de recuit équivalente
Catane	100-300µm ; HCl (2,5M), 40% HF	Observations microscopiques de prélèvements d'échantillon	TL ; technique Single Aliquot & Regeneration	2 chauffages à 500°C
Durham	90-150µm ; HCl (1M), 40% HF	Test IRSL	OSL ; technique Single Aliquot & Regeneration	éclairement

Tableau 4: techniques et protocoles utilisés par l'ensemble des laboratoires pour la détermination de la paléodose à partir des grandes inclusions de quartz.

II-2-2) Etude du *fading*

Les quatre échantillons d'intercomparaison ont fait l'objet d'une étude préliminaire de la stabilité de leur luminescence sur les petites inclusions polyminérales, ces dernières contenant, entre autre des quartz, des feldspaths et autres aluminosilicates susceptibles d'être sujets à une diminution de la luminescence au cours du temps, qualifiée de « *fading* ».

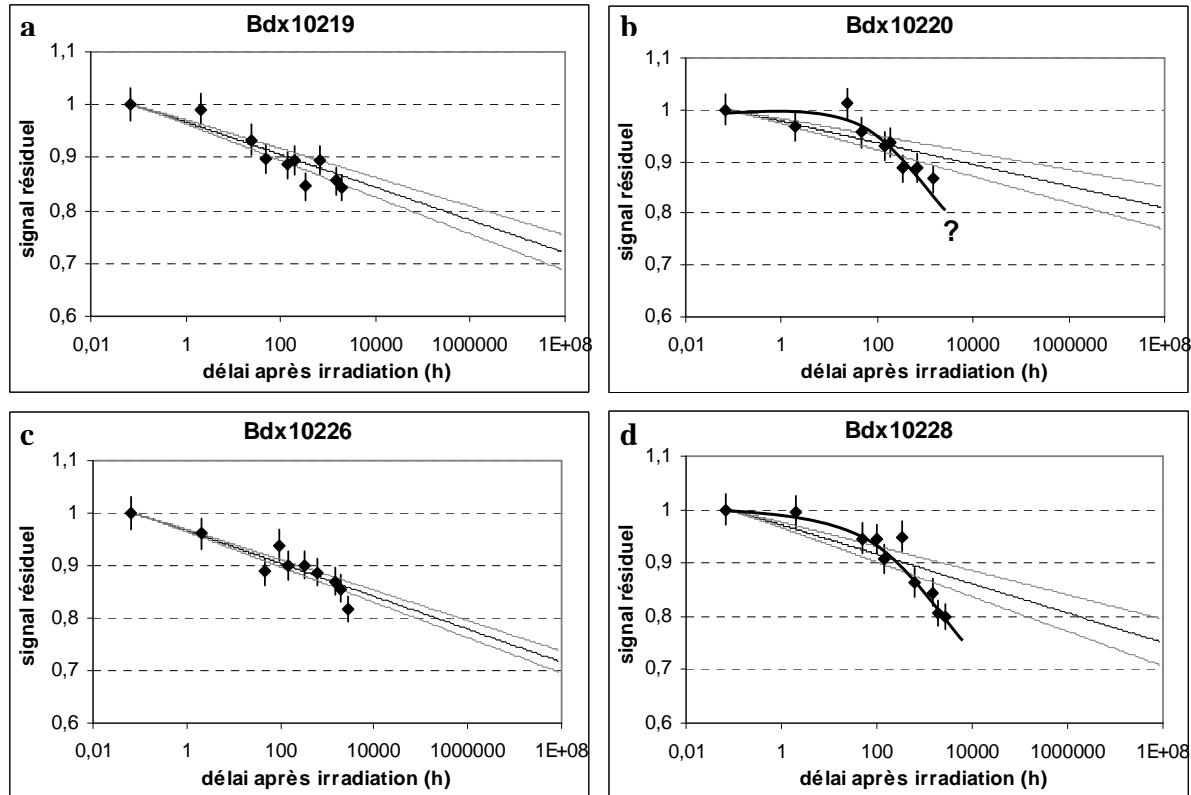
La présence d'un mélange polyminéral a donc nécessité des expériences supplémentaires visant à tester la stabilité des signaux de TL au cours du temps : elles permettent de déterminer l'existence d'un *fading* de la TL artificielle dans le domaine de température utilisé en datation. Les résultats obtenus pour les échantillons sont graphiquement présentés sur les figures 49 a, b, c et d. Ce test du *fading* a montré une décroissance, dans certains cas, complexe et difficilement corrigable.

Pour les échantillons Bdx10219 et Bdx10226 (fig.44a & c), le système semble bien suivre une décroissance caractéristique du *fading* anormal par effet tunnel des feldspaths (Visocekas, 1979). Dans ces cas précis, l'évolution est modélisable par une fonction logarithmique et l'âge de l'échantillon peut être corrigable.

Les échantillons Bdx10220 et Bdx10228 (fig.44b & d) en revanche semblent présenter un *fading* plus important que celui envisagé par le modèle de l'effet tunnel. Les points correspondant au délai après 5 jours passent en effet sous la courbe de type logarithmique.

L'évolution du *fading* de ces échantillons peut s'interpréter par la combinaison de deux comportements antagonistes. Ces observations impliquent que les signaux de TL sont probablement émis par au moins deux espèces minérales distinctes. Il n'est pas exclus non plus que l'évolution particulière du *fading* observé pour ces deux échantillons résultent de mesures aberrantes ponctuelles. C'est pourquoi, il a tout de même été décidé de corriger leur *fading* suivant le modèle décrit par Visocekas.

Suivant le modèle de l'effet tunnel, la perte moyenne pour l'ensemble des quatre échantillons est de 3% par décade environ.



Figures 44 : Étude de la stabilité des signaux de TL de Bdx 10219 (a), Bdx10220 (b), Bdx10226 (c) et 10228 (d): comparaison entre la TL enregistrée après un délai entre l'irradiation et la lecture TL, allant de 2 heures à 3 mois, et la TL enregistrée immédiatement après l'irradiation. Quel que soit ce délai, la TL correspondante est inférieure à la TL mesurée immédiatement après l'irradiation, ce qui conduit à un rapport inférieur à 1. Cette étude prouve l'existence d'un *fading*, qui n'atteint pas ici de niveau stable après 3 mois de délai. On a tracé la courbe ajustée aux points expérimentaux correspondant à une loi déduite du modèle de recombinaison par effet tunnel (de type logarithmique). L'ajustement selon un modèle de décroissance logarithmique caractéristique des pertes par effet tunnel des feldspaths convient pour Bdx10219 et Bdx10226. L'ajustement incorrect pour les échantillons Bdx10220 et Bdx10228 montre la complexité de ce phénomène non appréhendé par les modèles classiques du *fading*.

Des différences dans le comportement des petites inclusions polyminérales ont été observées entre les laboratoires de Milan, Catane et Bordeaux. Contrairement aux observations faites à Bordeaux, aucun *fading* n'a été détecté dans les échantillons de Catane et de Milan. Cette différence est peut-être liée aux compositions minéralogiques différentes des fractions de petites inclusions préparées, ainsi qu'au préchauffage.

II-2-3) Résultats des mesures de la dose équivalente

- Résultats du laboratoire de Bordeaux

Le domaine d'étude choisi pour chaque échantillon à l'aide du test du plateau est reporté dans le tableau 5. Y sont également reportés les résultats des mesures de dose équivalente, la valeur k , les températures de remise à zéro, en fonction des différentes techniques utilisées. Des incertitudes associées aux valeurs D_e et k sont des valeurs statistiques qui sont liées à la dispersion des intensités TL entre aliquotes.

Les mesures expérimentales de k , coefficient d'atténuation α , posent problème pour certains échantillons, les valeurs étant particulièrement faibles ($<0,04$). Des observations au microscope ont montré que les petites inclusions de quartz n'étaient pas uniformément réparties à la surface des nacelles, mais présentaient de nombreux agrégats de grains, invalidant l'hypothèse de monocouche de grains supposée dans le calcul de la dose annuelle alpha. Pour ces échantillons, une valeur k de $0,08 \pm 0,02$ a donc été attribuée à la place.

Echantillon	Technique	D_e (Gy)	k	$T^{\circ}\text{C}$ recuit	Domaine d'intégration du pic ($^{\circ}\text{C}$)
Bdx10219	PIp	$7,92 \pm 0,41$	$0,07 \pm 0,01$	550	255-375
	GIq	$7,69 \pm 0,58$	$0,08 \pm 0,02$	600	325-425
Bdx10220	PIp	$6,90 \pm 0,39$	$0,07 \pm 0,01$	600	280-420
	GIq	$5,85 \pm 0,57$	$0,08 \pm 0,02$	700	330-470
Bdx10221	GIq	$3,52 \pm 0,56$	$0,08 \pm 0,02$	650	280-420
Bdx10222	GIq	$4,61 \pm 0,34$	$0,05 \pm 0,01$	600	330-430
Bdx10223	GIq	$8,49 \pm 0,70$	$0,08 \pm 0,02$	625	280-460
Bdx10224	GIq	$4,55 \pm 0,39$	$0,08 \pm 0,02$	625	320-420
Bdx10225	GIq	$6,53 \pm 0,57$	$0,06 \pm 0,01$	600	280-450
Bdx10226	PIp	$9,27 \pm 0,53$	$0,08 \pm 0,01$	650	290-430
	GIq	$6,32 \pm 0,58$	$0,05 \pm 0,01$	750	300-480
Bdx10227	GIq	$5,41 \pm 0,49$	$0,05 \pm 0,01$	625	280-450
Bdx10228	PIp	$7,02 \pm 0,58$	$0,08 \pm 0,01$	650	300-420
	GIq	$5,65 \pm 0,54$	$0,05 \pm 0,01$	700	300-480
Bdx10229	GIq	$6,22 \pm 0,55$	$0,04 \pm 0,01$	600	250-380
Bdx10230	GIq	$5,55 \pm 0,48$	$0,05 \pm 0,01$	650	250-380

Tableau 5 : valeur de la dose équivalente D_e , exprimée en Gray et corrigée du *fading* ; k est la valeur du coefficient d'efficacité alpha, et « $T^{\circ}\text{C}$ recuit » est la température de remise à zéro du signal de TL. PIp correspond à la technique des petites inclusions polyminérales ; GIq, celle des grandes inclusions de quartz.

- Intercomparaison

Les résultats de la détermination de la dose équivalente par chaque laboratoire sont reportés dans le tableau 6.

échantillon	Laboratoire	Technique	D _e (Gy)	k
Bdx 10219 / STPG #1	Bordeaux	TL PIp	7,92±0,41	0,07±0,01
		TL GIq	7,69±0,58	0,08±0,02
	Durham	OSL GIq	7,70±0,20	0,06±0,01
	Milan	TL PIp	11,40±0,65	0,32±0,02
	Catane	TL PIp	5,42±0,52	0,06±0,01
Bdx 10220 / STPG #2	Bordeaux	TL- PIp	6,90±0,39	0,07±0,01
		TL- GIq	5,85±0,57	0,08±0,02
	Milan	TL- PIp	11,1±0,4	0,31±0,02
	Catane	TL- PIp	7,43±0,37	0,07±0,01
	Catane	TL- GIq	6,37±0,27	-
Bdx 10226 / STPG #6	Bordeaux	TL- PIp	9,27±0,53	0,08±0,01
		TL- GIq	6,32±0,58	0,05±0,01
	Milan	TL- PIp	10,5±0,5	0,28±0,02
	Catane	TL- PIp	7,02±0,78	0,09±0,01
	Catane	TL- GIq	6,19±0,24	-
Bdx 10228 / STPG #10	Bordeaux	TL- PIp	7,02±0,58	0,08±0,01
		TL- GIq	5,65±0,54	0,05±0,01
	Milan	TL- PIp	11,0±0,6	0,29±0,02
	Catane	TL- PIp	6,21±0,6	0,09±0,01

Tableau 6 : valeur de la dose équivalente D_e (Gy) déterminée pour chacun des laboratoires en fonction des différentes techniques et méthodes; PIp correspond à la technique des petites inclusions polyminérales ; GIq, celle des grandes inclusions de quartz. La valeur du coefficient d'efficacité alpha k est également reportée.

II-3) Détermination de la dose annuelle

II-3-1) Techniques mises en œuvre

Hormis la mesure commune de la contribution « γ + cosmique » à la dose annuelle résultant de la dosimétrie *in situ*, les contributions α et β de l'échantillon à la dose annuelle ont été déterminées par chaque laboratoire selon les procédures décrites dans le tableau suivant.

Laboratoire	Dose annuelle de l'échantillon	Dose environnementale
Bordeaux	Spectrométrie gamma à bas bruit de fond de K, U et Th	Dosimétrie <i>in situ</i> (CaSO ₄ :Tm) par Bordeaux et détermination des gradients gamma dans les briques par Catane
Catane	ICP-MS pour les mesures de K, U et Th	
Durham	ICP-MS pour les mesures de K, U et Th	
Milan	Spectrophotométrie de flamme pour K, alpha counting pour U et Th	

Tableau 7: résumé des techniques et protocoles utilisés par l'ensemble des laboratoires pour la détermination de la dose annuelle.

II-3-2) Mesures de spectrométrie gamma à bas bruit de fond à Bordeaux

- Estimation de l'humidité

Aux huit échantillons provenant des grands arcs de la croisée du transept a été attribuée une valeur standard d'humidité de $5\pm3\%$. En revanche les quatre échantillons situés dans les zones basses, Bdx 10223, Bdx 10224, Bdx 10229 et Bdx 10230 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, cette zone de l'église ayant autrefois été partiellement comblée sous des remblais. L'étude de l'état d'humidité de ces quatre 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 8.

Echantillon	% d'eau à saturation
Bdx10223	11,45
Bdx10224	14,56
Bdx10229	14,33
Bdx10230	11,94

Tableau 8 : Humidité des briques à dater, exprimée en pourcentage massique d'eau par rapport aux matériaux secs. Sont reportées les valeurs à "saturation" ($[\text{masse saturée en eau} - \text{masse sèche} / \text{masse sèche}] \times 100$). L'humidité moyenne des briques à dater est calculée à partir des valeurs d'humidité dite "à saturation".

Le pourcentage à demi-saturation moyen de ces quatre échantillons étant équivalent à 6,5% indique que ces briques sont peu poreuses. Il a donc été choisi de conserver la valeur standard de $5\pm3\%$ pour la contribution de l'humidité dans le calcul des doses d'irradiation annuelle de ces quatre échantillons.

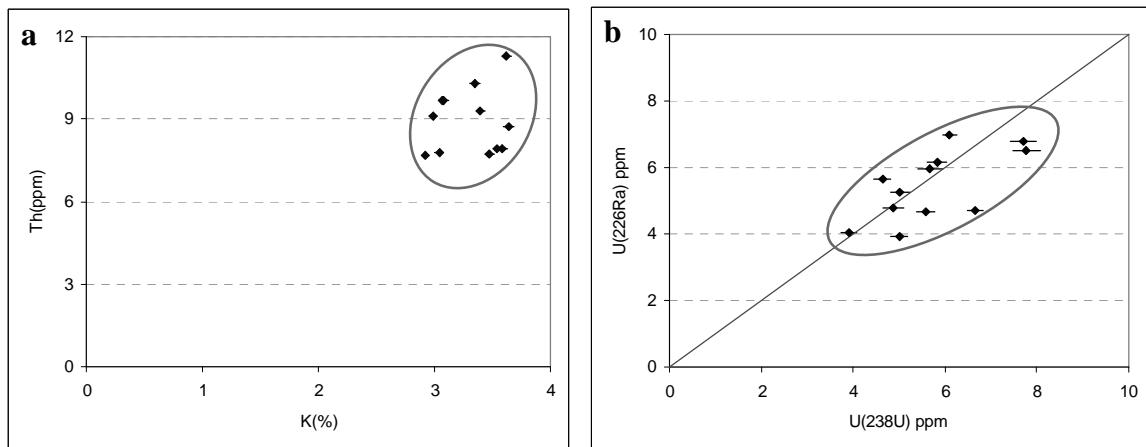
- Etude du déséquilibre des chaînes de l'uranium

Les contributions équivalentes de K, U et Th des terres cuites sont reportées dans le tableau 9.

Echantillon	K _{céram.} (%)	U(²³⁸ U) _{céram.} (ppm)	U(²²⁶ Ra) _{céram.} (ppm)	Th _{céram.} (ppm)
Bdx10219	3,54 \pm 0,04	6,67 \pm 0,17	4,69 \pm 0,04	7,92 \pm 0,10
Bdx10220	3,40 \pm 0,04	6,10 \pm 0,17	7,00 \pm 0,05	9,31 \pm 0,10
Bdx10221	3,04 \pm 0,04	4,88 \pm 0,23	4,78 \pm 0,05	7,79 \pm 0,12
Bdx10222	2,99 \pm 0,04	5,02 \pm 0,21	5,27 \pm 0,05	9,12 \pm 0,11
Bdx10223	3,58 \pm 0,05	7,71 \pm 0,28	6,78 \pm 0,06	7,93 \pm 0,12
Bdx10224	3,35 \pm 0,05	7,77 \pm 0,30	6,53 \pm 0,06	10,28 \pm 0,14
Bdx10225	2,92 \pm 0,04	5,58 \pm 0,20	4,66 \pm 0,04	7,67 \pm 0,09
Bdx10226	3,62 \pm 0,04	4,64 \pm 0,18	5,65 \pm 0,05	11,31 \pm 0,11
Bdx10227	3,07 \pm 0,04	5,83 \pm 0,21	6,14 \pm 0,05	9,69 \pm 0,11
Bdx10228	3,08 \pm 0,04	5,68 \pm 0,28	5,98 \pm 0,06	9,66 \pm 0,14
Bdx10229	3,64 \pm 0,04	3,91 \pm 0,17	4,03 \pm 0,04	8,73 \pm 0,10
Bdx10230	3,48 \pm 0,04	5,01 \pm 0,19	3,93 \pm 0,04	7,72 \pm 0,09

Tableau 9 : Composition radiochimique des briques, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond.

Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type.



Figures 45 a & b: Etude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse de U^{238}/Th et U^{226}/Th .

Bien que quelque peu dispersées, les composantes Th et K (fig.45a) semblent se grouper ; dans le détail, on observe que les concentrations en K sont relativement constantes, celles de Th le sont un peu moins. Cette hétérogénéité modérée est liée à une variabilité intrinsèque de la matière première. Les rapports des concentrations en uranium U238 et Ra226 (fig.45b) sont quant eux peu fluctuants, ne permettant pas de déceler un déséquilibre prononcé dans les chaînes de l'uranium.

II-3-3) Micro-inclusions radioactives

Il s'agit ici de prendre en compte les effets de la présence des spots radioactifs en inclusion dans les gros grains de quartz.

La surface des lames minces de trois échantillons a été examinée par imagerie en mode rétrodiffusé au microscope électronique à balayage. Sur les 430 gros grains (80-200 μ m de diamètre) de quartz étudiés lors de ce recensement, 16 présentaient une inclusion radioactive (6/121 pour Bdx100226 ; 5/127 pour Bdx10223 et 5/182 pour Bdx10224) : par analyse élémentaire ponctuelle en EDS, 3 d'entre elles ont été déterminées comme étant des monazites ; les autres, des zircons. Cette première évaluation visuelle permet une quantification à ~3% de la contamination des grains sains. Cependant, en partant du principe que les grains sont coupés au hasard et compte tenu de la dimensions relatives des zircons et des quartz, la population estimée pourrait atteindre des niveaux aussi élevés que 20% environ. Par extrapolation de cette valeur relative sur le nombre total de grains analysés dans une coupelle lors de l'analyse TL (estimé à 3000 environ), on établit qu'il doit y avoir ainsi environ 600 grains « contaminés » par nacelle.

On cherche désormais à connaître d'après les propriétés des zircons, si ces cristaux induisent une part négligeable ou pas de la TL. Cela passe par la détermination des teneurs en radioéléments des inclusions radioactives repérées pour définir l'importance de leur contribution dans le signal de TL, c'est-à-dire évaluer *a priori* leur dose équivalente. Cette contribution interne est déterminée par le comptage des teneurs en radioéléments des grains de quartz par spectrométrie gamma à bas bruit de fond (tableau 10).

Echantillon	U _{interne} (ppm)	Th _{interne} (ppm)
Bdx10219	0,36±0,27	1,09±0,75
Bdx10220	0,36±0,27	1,09±0,75
Bdx10221	0,36±0,27	1,09±0,75
Bdx10222	nd	1,11±0,83
Bdx10223	0,68±0,12	0,84±0,36
Bdx10224	0,60±0,12	0,67±0,38
Bdx10225	nd	nd
Bdx10226	0,64±0,22	2,47±0,73
Bdx10227	0,27±0,07	0,97±0,25
Bdx10228	0,36±0,27	1,09±0,75
Bdx10229	0,35±0,16	1,81±0,50
Bdx10230	0,35±0,17	0,83±0,58

Tableau 10: Composition radiochimique déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond, des grains de quartz utilisées pour la détermination de la paléodose en TL. Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type. *nd* signifie « non détecté ».

Des valeurs non-négligeables de radioéléments ou composants radioactifs ont été mesurées dans les grains de quartz analysés en TL : de 0 à 0,7 ppm d'U, de 0 à 3 ppm de Th. Bien que certains échantillons (Bdx10219, Bdx10220, Bdx10221 et Bdx10228) n'ont pas pu être étudiés à cause du manque de matériel, il leur a été attribué les valeurs en U et Th moyennes à partir des valeurs individuelles obtenues sur les autres échantillons. Enfin, la composante K des quartz étant inférieure au seuil de détection, sa contribution a été négligée.

Dans un souci de justesse, il faudrait également évaluer la sensibilité relative des zircons (c'est-à-dire leur part de la luminescence relative) par rapport aux quartz. Or la dose effective de ce binôme ne nous est pas accessible. Nous avons donc proposé une alternative à la correction en choisissant le modèle simplifié de répartition homogène de la radioactivité dans le grain de quartz.

La contribution interne dans les doses annuelles alpha et bêta des quartz a été estimée en supposant une distribution uniforme des sources dans les grains, ce modèle reprenant l'hypothèse formulée par Aitken en 1988 et aujourd'hui toujours non résolue.

II-3-4) Résultats des mesures de la dose annuelle

- Résultats du laboratoire de Bordeaux

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle par échantillon.

Echantillon	Tech.	$I\alpha_{ceram}$ (mGy/an)	$I\alpha_{quartz}$ (mGy/an)	$I\beta_{ceram}$ (mGy/an)	$I\beta_{quartz}$ (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	I_{totale} (mGy/an)
Bdx10219	PIp	1,41±0,07		3,66±0,12		1,15±0,04	6,21±0,26
	GIq	0,19±0,05	0,13±0,05	3,35±0,11	0,01±0,00	1,13±0,04	4,71±0,18
Bdx10220	PIp	1,73±0,08		3,75±0,13		1,25±0,04	6,75±0,28
	GIq	0,24±0,08	0,13±0,05	3,42±0,12	0,01±0,00	1,23±0,04	5,02±0,22
Bdx10221	GIq	0,18±0,05	0,12±0,06	2,89±0,10	0,01±0,00	1,08±0,04	4,29±0,19
Bdx10222	GIq	0,13±0,04	0,04±0,03	2,92±0,10	0,00±0,00	1,11±0,08	4,21±0,32
Bdx10223	GIq	0,23±0,06	0,18±0,05	3,55±0,12	0,02±0,00	1,09±0,04	5,06±0,22
Bdx10224	GIq	0,24±0,06	0,15±0,05	3,42±0,12	0,01±0,00	1,33±0,05	5,15±0,22
Bdx10225	GIq	0,12±0,01	nd	2,82±0,10	nd	1,22±0,05	4,16±0,16
Bdx10226	PIp	1,81±0,08		3,73±0,13		1,27±0,06	6,82±0,28
	GIq	0,14±0,03	0,16±0,03	3,42±0,12	0,02±0,01	1,25±0,06	5,00±0,19
Bdx10227	GIq	0,12±0,08	0,06±0,01	3,09±0,11	0,01±0,00	1,28±0,04	4,56±0,19
Bdx10228	PIp	1,81±0,08		3,37±0,12		1,32±0,04	6,49±0,26
	GIq	0,14±0,03	0,08±0,03	3,08±0,11	0,01±0,00	1,30±0,04	4,61±0,18
Bdx10229	GIq	0,09±0,02	0,08±0,02	3,24±0,11	0,01±0,00	1,17±0,06	4,60±0,18
Bdx10230	GIq	0,10±0,03	0,07±0,03	3,13±0,11	0,01±0,00	0,82±0,04	4,12±0,17

Tableau 11 : $I\alpha_{ceram}$ est la contribution α de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); $I\alpha_{quartz}$ est la contribution α des inclusions radioactives contenues dans les quartz à la dose annuelle (mGy/an) ; $I\beta_{ceram}$, la contribution β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); $I\beta_{quartz}$, contribution β des inclusions radioactives contenues dans les quartz à la dose annuelle (mGy/an) ; I_{env} , la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) déterminée par dosimétrie *in situ* et enfin I_{totale} , la dose annuelle totale ; *nd* signifie « non détecté ».

- Intercomparaison

Les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle mesurées par chaque laboratoire sont reportées dans le tableau 12.

échantillon	Laboratoire	Technique	$I\alpha$ (mGy/an)	$I\beta$ (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	I_{totale} (mGy/an)
Bdx 10219 / STPG #1	Bordeaux	TL PIp	1,41±0,07		1,15±0,04	6,21±0,26
		TL GIq	Céram: 0,19±0,05	Céram: 3,35±0,11	1,13±0,04	4,71±0,18
			Quartz: 0,13±0,05	Quartz: 0,01±0,00		
	Durham	OSL GIq	Céram: 0	Céram: 3,77±0,12	1,20±0,04	5,25±0,12
			Quartz: 0,27±0,02	Quartz: 0,02±0,01		
	Milan	TL PIp	6,01±0,30	3,99±0,25	1,19±0,04	11,19±0,45
Bdx 10220 / STPG #2	Bordeaux	TL- PIp	1,73±0,08	3,75±0,13	1,25±0,04	6,75±0,28
		TL- GIq	Céram: 0,24±0,08	Céram: 3,42±0,12	1,23±0,04	5,02±0,22
			Quartz: 0,13±0,05	0,01±0,00		
	Milan	TL- PIp	5,97±0,29	3,64±0,27	1,37±0,04	10,97±0,45
	Catane	TL- PIp	1,59±0,06	3,75±0,12	1,34±0,04	6,68±0,32
	Catane	TL- GIq		3,49±0,12	1,34±0,04	4,83±0,25
Bdx 10226 / STPG #6	Bordeaux	TL- PIp	1,81±0,08	3,73±0,13	1,27±0,05	6,82±0,28
		TL- GIq	Céram: 0,14±0,03	Céram: 3,42±0,12	1,25±0,05	5,00±0,19
			Quartz: 0,16±0,03	Quartz: 0,02±0,01		
	Milan	TL- PIp	5,65±0,28	3,50±0,26	1,37±0,04	10,52±0,50
	Catane	TL- PIp	1,56±0,07	3,41±0,13	1,32±0,04	6,29±0,31
	Catane	TL- GIq		3,27±0,13	1,32±0,04	4,59±0,23
Bdx 10228 / STPG #10	Bordeaux	TL- PIp	1,81±0,08	3,37±0,12	1,32±0,04	6,49±0,26
		TL- GIq	Céram: 0,14±0,03	Céram: 3,08±0,11	1,30±0,04	4,61±0,18
			Quartz: 0,08±0,03	Quartz: 0,01±0,00		
	Milan	TL- PIp	5,74±0,29	3,71±0,28	1,42±0,04	10,87±0,45
	Catane	TL- PIp	1,82±0,07	3,27±0,13	1,40±0,04	6,49±0,35

Tableau 12 : Résultats des différentes contributions à la dose annuelle mesurée par chaque laboratoire en fonction des techniques et des méthodes de chacun : $I\alpha_{ceram}$ est la contribution α de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); $I\alpha_{quartz}$ est la contribution α des inclusions radioactives contenues dans les quartz à la dose annuelle (mGy/an) ; $I\beta_{ceram}$, la contribution β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); $I\beta_{quartz}$, contribution β des inclusions radioactives contenues dans les quartz à la dose annuelle (mGy/an) et enfin I_{totale} , la dose annuelle totale (mGy/an).

II-4) Datation

II-4-1) Intercomparaison

Les datations finales des échantillons d'intercomparaison sont reportées dans le tableau suivant pour chaque laboratoire en fonction des techniques et méthodes pratiquées par chacun :

échantillon	Laboratoire	Technique	Age (a)
Bdx 10219 / STPG #1	Bordeaux	TL PIp	1280±90
		TL GIq	1600±140
	Durham	OSL GIq	1425±90
	Milan	TL PIp	1030±70
	Catane	TL PIp	915±85
Bdx 10220 / STPG #2	Bordeaux	TL- PIp	1020±80
		TL- GIq	1165±120
	Milan	TL- PIp	1010±65
	Catane	TL- PIp	1110±50
	Catane	TL- GIq	1320±70
Bdx 10226 / STPG #6	Bordeaux	TL- PIp	1360±90
		TL- GIq	1265±125
	Milan	TL- PIp	1000±60
	Catane	TL- PIp	1120±120
	Catane	TL- GIq	1350±75
Bdx 10228 / STPG #10	Bordeaux	TL- PIp	1080±90
		TL- GIq	1230±130
	Milan	TL- PIp	1010±65
	Catane	TL- PIp	960±92

Tableau 13 : Valeurs des âges calculés par chaque laboratoire (en année avant 2006).

Les âges calculés par Bordeaux et Durham à partir des grandes inclusions de quartz extraites de l'échantillon Bdx10219/STPG-1 sont en accord, bien qu'ils soient plus vieux que les âges obtenus à partir des petites inclusions par les laboratoires de Bordeaux, Catane et Milan.

La comparaison de des âges « petites inclusions polyminérales » pour les quatre échantillons indique que les résultats de Catane et de Milan concordent entre eux et diffèrent des résultats obtenus par Bordeaux. Cependant ces derniers convergent mieux vers les âges obtenus à partir des grandes inclusions de quartz.

D'autre part, les âges obtenus à Bordeaux à partir des petites inclusions des échantillons Bdx10219/STPG-1 et Bdx10226/STPG-8 sont plus vieux que les âges obtenus pour Bdx10220/STPG-2 et Bdx10228/STPG-10 ($\chi^2 = 7,45$, en dehors de l'intervalle de confiance à 80% de [0,58 - 6,25]), indiquant que les briques n'ont pas été fabriquées au cours de la même période.

II-4-2) Résultats de Bordeaux

Les valeurs numériques des datations individuelles pour l'ensemble des douze échantillons de briques prélevées à Saint-Philbert sont reportées dans le tableau 14 et dans le graphique 46.

Sur les 4 échantillons d'intercomparaison, les dates obtenues à partir à partir des deux techniques (grandes inclusions de quartz et petites inclusions polyminérales) convergent après correction, offrant ainsi un intervalle pour la « vraie » datation.

Echantillon	technique	Age (années) en 2006	Dates (AD) $\pm 1\sigma_{\text{tot}}$
Bdx10219	PIp	1280 \pm 90 (69)	726 \pm 90
	GIq	1601 \pm 137 (123)	405 \pm 137
Bdx10220	PIp	1020 \pm 80 (67)	986 \pm 80
	GIq	1165 \pm 121 (113)	841 \pm 121
Bdx10221	GIq	822 \pm 134 (130)	1184 \pm 134
Bdx10222	GIq	1056 \pm 115 (107)	910 \pm 115
Bdx10223	GIq	1679 \pm 153 (139)	327 \pm 153
Bdx10224	GIq	931 \pm 84 (76)	1075 \pm 84
Bdx10225	GIq	1629 \pm 149 (135)	377 \pm 149
Bdx10226	PIp	1360 \pm 80 (76)	646 \pm 80
	GIq	1265 \pm 125 (116)	741 \pm 125
Bdx10227	GIq	1186 \pm 115	820 \pm 115
Bdx10228	PIp	1081 \pm 86 (78)	925 \pm 86
	GIq	1227 \pm 126 (118)	779 \pm 126
Bdx10229	GIq	1352 \pm 130	654 \pm 130
Bdx10230	GIq	1345 \pm 128	661 \pm 128

Tableau 14: Résultats de la datation par TL des briques de Saint-Philbert. Les âges TL sont donnés en années avant 2006. Les incertitudes sont données à un sigma.

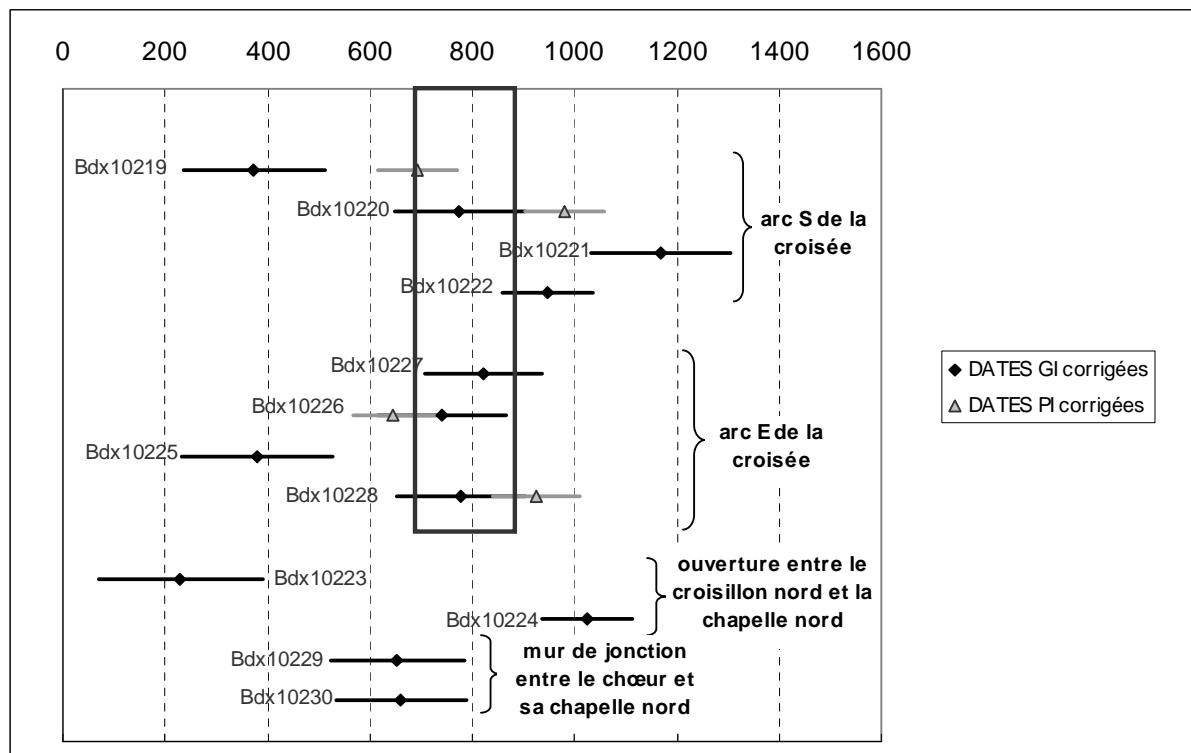


Figure 46: Résultats des datations par TL des 12 briques prélevées à Saint-Philbert-de-Grandlieu obtenus à Bordeaux. Les dates « GI corrigées » sont les dates calculées après prise en compte de la contribution interne de l'irradiation; les dates « PI corrigées » sont les dates obtenues par la technique des petites inclusions polyminérales après proposition de correction du *fading*. La zone grisée indique la datation fournit par le C14 sur charbon de bois provenant du mortier des arcs.

En comparant les résultats de datations avec les observations résultants de l'analyse élémentaire des échantillons, on remarque que les datations des échantillons contenant moins d' Al_2O_3 Bdx10220, Bdx10226, Bdx10227 et Bdx10228 ne semblent pas former un groupe distinct des autres datations, ce qui montre ici que la composition élémentaire n'est pas un argument en faveur d'une évaluation même approximative de la datation.

Les dates obtenues à Bordeaux pour la majorité des échantillons prélevés sont comprises entre le III^e et le XII^e siècle. Hormis les échantillons Bdx11019, Bdx10223 et Bdx10225, dont les datations en grandes inclusions varient entre le III^e et V^e siècles, et l'échantillon Bdx 10221, dont la datation est postérieure au XI^e siècle, pour les autres échantillons, les datations sont comprises entre le VII^e et le X^e siècle.

Pour les échantillons de la croisée, en appliquant le test du χ^2 , on s'aperçoit que la valeur de ce dernier est incohérente ($\chi^2=34,94$ pour un intervalle à 90 % de probabilité : 2,17 – 14,1) pour l'ensemble du groupe mais devient cohérente ($\chi^2=8,38$ pour un intervalle à 90 % de probabilité : 0,71 – 9,49) si les échantillons Bdx10219, Bdx10221 et Bdx10225 sont retirés de la moyenne, la date globale pour la croisée devenant alors 818 ± 51 ap.J.C.

III) Discussion

III-1) Intercomparaison

Bien que les datations sur petites inclusions polyminérales des trois laboratoires de Bordeaux, Catane et Milan présentent des incertitudes plus faibles pour chacun des échantillons, leurs résultats ne concordent pas complètement. Tandis que Bordeaux propose des dates variant du VIII^e au X^e siècle, les laboratoires de Catane et Milan présentent des moyennes se situant au X^e et XI^e siècle. D'autre part, bien que ni Milan ni Catane n'aient observé aucun *fading* significatif avec ces petites inclusions, la présence de potassium détecté en fortes teneurs, suggérant un apport important de feldspaths potassiques, nous invite à la prudence lors de la mise en œuvre de ces minéraux. Ces différences systématiques interlaboratoires peuvent en partie s'expliquer par la variété de la nature du matériau analysé ; le mode de préparation et de sélection des grains divergeant, les minéraux sélectionnés et étudiés sont probablement de nature différente pour chaque laboratoire. De plus, l'ensemble des laboratoires a remarqué la présence de gros grains polyphasés, qui ont pu se désagréger lors du broyage et se mélanger aux inclusions étudiées, de plus faible granulométrie, ces derniers présentant une dose archéologique différente des grandes inclusions. Cette hypothèse pourrait donc expliquer les divergences de datation entre grandes inclusions de quartz et inclusions polyminérales, à condition que ces inclusions aient été irradiées davantage que les petites inclusions, du fait d'une radioactivité interne aux grains ou aux joints de grains plus élevée que celle de la terre cuite.

Il est certain cependant que la présence de radioéléments qui a été détectée par spectrométrie gamma à Bordeaux et par ICP-MS à Durham parmi les grandes inclusions de quartz (ou de silice), indépendamment de la friabilité de certains agrégats siliceux, pourrait également expliquer la dispersion dans les mesures de luminescence, et des doses calculées, ainsi que la

surestimation des âges quartz que Bordeaux, Durham et Catane proposent, bien que ces derniers concordent en considérant l'erreur expérimentale.

Les âges quartz sont en effet systématiquement plus élevés que les âges "petites inclusions polyminérales". Cette différence persiste même après correction de la dose annuelle interne des grandes inclusions de quartz (diminution de l'âge de 0 à 150 ans) et du *fading* anormal des petites inclusions polyminérales (augmentation de 200 à 300 ans de l'âge). Enfin, il est important de signaler la convergence des résultats sur grandes inclusions de quartz obtenus par Bordeaux avec ceux de Durham, convergence que l'on retrouvera par la suite au cours de cette thèse.

L'expérience d'intercomparaison lancée à Saint-Philbert rappelle plusieurs évidences scientifiques.

Cette étude montre que la datation par luminescence n'est pas une méthode de routine, dans la mesure où les propriétés physiques exploitées ne sont que partiellement connues. Les informations recueillies à Bordeaux selon la nature des inclusions sont très probantes pour la démonstration d'un effet matériau sur la divergence du résultat final. Il s'avère désormais nécessaire de caractériser finement le matériau à dater afin de déterminer la technique la plus appropriée pour la datation, ainsi que la micro-dosimétrie relative à l'échantillon à prendre en compte pour améliorer la justesse des datations. Dans la mesure du possible, la mise en œuvre des grandes inclusions de quartz (ou de silice) doit donc s'accompagner de mesures complexes de radioactivité interne des espèces minérales utilisées pour la TL ou l'OSL par ICP-MS, ou par toute autre méthode de dosage d'éléments en trace, et également par des méthodes micro-analytiques. Il est fort probable que le progrès dans la justesse d'une datation passera par un accroissement de la complexité des mesures. A l'avenir, pour pallier ce problème, la technique du « monograine » pourrait également être envisagée car elle a l'avantage de permettre la discrimination des résultats.

III-2) Contribution à l'étude archéologique de Saint-Philbert-de Grandlieu

D'un point de vue archéologique, l'interprétation des résultats et leur contribution à l'amélioration de la connaissance de l'histoire et de l'évolution architecturale de Saint-Philbert sont quelque peu compromises par l'élargissement des incertitudes liées aux problèmes rencontrés.

Néanmoins, dans le détail, on peut observer des tendances concernant l'origine des matériaux employés. Les échantillons Bdx10221 et Bdx10224, avec des datations contemporaines ou postérieures au XI^e siècle, peuvent correspondre à des phases de réfection des maçonneries à l'époque romane, après le retour des moines à l'abbaye. Les datations plus anciennes des échantillons Bdx10219, Bdx10223 et Bdx10225, quant à elles, peuvent être interprétées comme des matériaux de récupération. Enfin, les datations des autres échantillons s'organisent autour du IX^e siècle. Il apparaît évident ici que l'on a affaire ici à une production prémeditée de matériaux de construction de type terre cuite dans le but de cette construction monumentale, ce qui peut paraître surprenant si l'on considère la soi-disant « urgence » dans laquelle ont été entreprises l'édition ou la reprise de construction de l'abbatiale. Ainsi,

malgré les contraintes temporelles, la possibilité de s’approvisionner aisément en matériaux de remploi (présence de villas à proximité, le transport qui ne semble pas constituer de véritable obstacle) et l’apparente volonté esthétique de s’inscrire dans une affiliation ancienne en perpétuant les archéotypes romains, il semblerait qu’à Saint-Philbert, on ait généralement préféré utiliser un matériel neuf plutôt que de récupération.

Enfin, concernant les différentes structures architecturales qui ont fait l’objet de cette étude, des propositions d’interprétation chronologique peuvent être élaborées.

La porte entre le croisillon nord et la chapelle nord, structure où ont été prélevés les échantillons Bdx10223 et Bdx10224, présente une alternance pierre-brique irrégulière (Lebouteux, 1965), indice possible de l’utilisation de matériel hétéroclite tel qu’en cas de recours au tout venant. Ce caractère se répercute également dans les résultats des datations hétérogènes obtenues sur les deux échantillons de brique (Bdx10223 et Bdx10224) prélevés dans cette structure.

Concernant l’arc entre la chapelle nord et le chœur, la datation homogène des deux briques (Bdx10229 et Bdx10230) suggère des produits issus d’un même lot ou contemporains. Si on considère que ces briques ont été produites dans le but de l’édification de l’arc et qu’elles lui sont donc contemporaines, alors on peut placer la construction de l’ouverture entre le milieu du VI^e siècle et le milieu du VIII^e siècle. Cette datation est cependant quelque peu antérieure aux suppositions archéologiques et historiques qui tendent plutôt à placer la plus ancienne construction à Saint-Philbert au début du IX^e siècle et on voit difficilement ici quelle aurait été la fonction d’un édifice plus ancien, antérieur à l’arrivée des reliques. Il s’agit donc plus probablement ici d’éléments déplacés. D’autre part, le faible échantillonnage pour cette zone d’étude rend toute interprétation délicate ; il convient donc de nuancer ces conclusions.

Enfin, l’intervalle moyen de la datation situe la fabrication des briques de la croisée du transept entre le VIII^e et le X^e siècle (à 2 sigma), si l’on exclut les échantillons indiquant des remplois ou des reprises ultérieures, ce qui concorde avec l’unique résultat obtenu par C14 sur le charbon de bois du mortier des arcs ([686 ; 878] ap.J.C. à 2 sigma).

English summary

Records indicate that between 814 and 819 a monastic church was built on the top of a schist mount and beside the River Boulogne, in Saint-Philbert-de-Grandlieu (Chifflet, 1664). To protect themselves from the Norse incursions, the monks of Noirmoutier took refuge in St-Philbert-de-Grandlieu in 836 (Chifflet, 1664 ; Poupartin, 1895), but 11 years later, the raiders ransacked and burnt the church (Chifflet, 1664). When the Norse reiterated their assault in 858, the monks abandoned the church (Lasteyrie, 1912). In the late 10th or early 11th century, they came back to St-Philbert. The minster became a priory and reparation building works were undertaken (Lebouteux, 1965). Few records have survived for the period between the 12th and the 16th century. Although left relatively untouched during the French Revolution, the church underwent minor repairs in the 19th century (Lebouteux, 1965). After a first series of archaeological excavations in the last decade of the 19th century (Maître, 1898) and a restoration program, the church finally became a listed building on 15th April 1896. Despite all the mutilations, the church of Saint-Philbert is the most authentic surviving witness of religious Carolingian architecture in France today (Maître, 1899).

The current church consists of a long aisled nave separated from the chancel by a salient transept. The study focuses on the transept crossing and its junction with the north-east chapel. The building walls are mainly made of local rubble (Lebouteux, 1965) but tuff is also used in alternation with bricks in the arches and the jambs of the openings (Lebouteux, 1965).

The meticulous archaeological analysis of Lebouteux in the 1960's highlighted the eastern wall of the north transept arm as ancient on the basis of the bricks in the openings (excluding the small door where the stone-brick alternation is not regular and its imposts have been typologically dated to the 11th-12th century). The south wall between the north chapel and the chancel also displays a particular feature. There is a remaining jamb made of bricks and stones that seems to be original (Lebouteux, 1965).

Before restoration work by the Monuments Historiques commenced, a program aiming to revise the earlier archaeological studies, led by F.Heber-Suffrin, D.Prigent and C.Sapin was implemented from 1997 to 2000. The archaeological interpretation from this recent study showed the current state of the transept is not original but has evolved with later restorations. The eastern wall of the north arm would be prior to this rebuilding, but the little door between the transept and the chapel might be a later insertion, as suspected by Lebouteux (1965).

The focus of this study concerns the use of CBM in the building. The first question concerns its origin: reused Roman materials or early medieval production? An antique origin is viable on the basis of the presence of other Roman materials such as the column elements discovered by L.Maitre on site. However, there is no archaeological evidence of ancient classical occupation of the site. The Roman town at Rezé (5 km from Saint-Philbert-de-Grandlieu) could, however, explain the presence of the ancient materials. The transport by river of materials over such a distance would have presented no obstacle to the builders of Saint-Philbert as is revealed by the presence of materials from Anjou (100 km far from Saint-Philbert) found among the building materials of the church. However, the CBM used in the arches are very homogeneous in size,

colours and fabric, suggesting a contemporary production of these materials for the purpose of the building.

The second part of the study concerns the debate related to the eastern sections of the building and particularly the transept. Does it belong to the primitive building as suspected by C.de la Croix or to a later building phase as suggested by L.Maître and the recent studies? Moreover, the aim is to evaluate the phasing chronology between the crossing, the north arm and the north chapel of the chancel.

Four bricks were sampled from the south and eastern arches of the crossing. They were divided into four fractions each and given to the four luminescence laboratories of Bordeaux (F), Catane (I), Durham (UK) and Milan (I). The aim was an intercomparison study to evaluate the accuracy of the protocol and methods used by each laboratory.

Four further brick samples were taken from two other locations in the same arches, two more from the jamb of the junction wall between the chancel and its north chapel and finally, two last samples were taken from the doorway between the north transept and the chapel. These last eight samples were only analysed in Bordeaux following the TL method applied on polymimetal fine grains. This protocol required further tests relating to the fading of the luminescence.

Following the fine grain technique, the age results for the four intercomparison samples, after correction of the fading, range from 1020 ± 80 years to 1360 ± 80 years for Bordeaux data and from 915 ± 85 to 1120 ± 120 years from the data from the Catane and Milan laboratories (however, contrary to Bordeaux measurements, none of those laboratories detected a fading). Using the coarse grain technique, the age results vary from 1165 ± 120 to 1600 ± 140 years for Bordeaux and from 1320 ± 70 to 1425 ± 90 years for the laboratories of Catane and Durham respectively. The disparity in the results shows that the limits of the method must be considered with caution and that further fundamental investigation is necessary. Uncertainties allocated to the dates relating to the fading correction on the polymimetal fine grains data and the presence of internal radioactive inclusions in the coarse grains, means that the definition of the phasing is not possible at this time. However, the preliminary results show the builders of St Philbert mainly used early medieval bricks (manufactured ca. 9th century) and might have also used occasionally older salvaged materials. Later bricks suggest restoration of the church in the Romanesque period.

LA COLLEGIALE SAINT-MARTIN A ANGERS

I) Présentation

I-1) Contexte géographique et historique du site

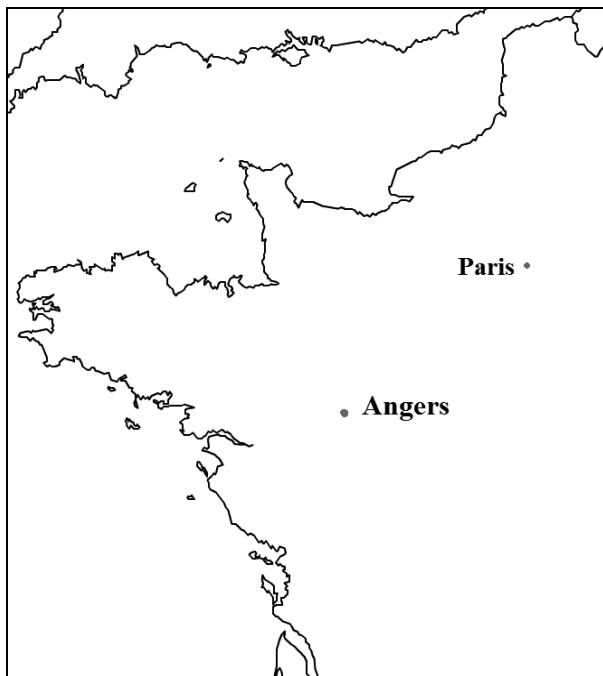


Figure 47: Situation géographique d'Angers

La ville d'Angers appartient au département du Maine-et-Loire (fig.47). Celui-ci se situe géologiquement sur une zone de contact entre les sols schisto-gréseux du Massif armoricain et les terrains calcaires, argileux et sableux du Bassin parisien (pays du tuffeau blanc).

A l'époque antique, *Juliomagus* (future Angers) est le chef-lieu de la *Civitates Andecavorum*. Située au carrefour de voies romaines (Table de Peutinger) et à la convergence d'un réseau hydrographique favorable, Angers développe très tôt une économie basée sur le commerce et devient ainsi une importante ville-marché (Pietri & Biarne, 1987, 71). La grande période de romanisation de la ville s'amorce sous Claude à la fin du II^e siècle (Provost, 1988, 30). Au début du VI^e siècle, le territoire d'Angers est intégré au royaume franc (Aubin & Pietri, 1996) et son importance ne fait que croître au vu de sa position stratégique à la frontière des territoires bretons et normands. L'éclatement du pouvoir carolingien vers la fin du IX^e siècle entraîne la formation du comté d'Anjou, dirigé par la dynastie ingélégérienne, dont un des célèbres représentants est le comte Foulque Nerra (987-1040).

Située dans le centre-ville actuel d'Angers, sur la rive gauche de la Maine, l'église étudiée ici était à l'origine circonscrite dans le *suburbium* à l'extérieur de l'enceinte antique de *Juliomagus* (Pietri & Biarne, 1987, 80). Elle est dédiée à saint Martin (316-397), fondateur du premier monastère d'Occident et évêque de Tours, dont le culte fut particulièrement célébré en Gaule jusqu'au Moyen Age.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévation

L'église qui nous est parvenue présente un plan cruciforme.

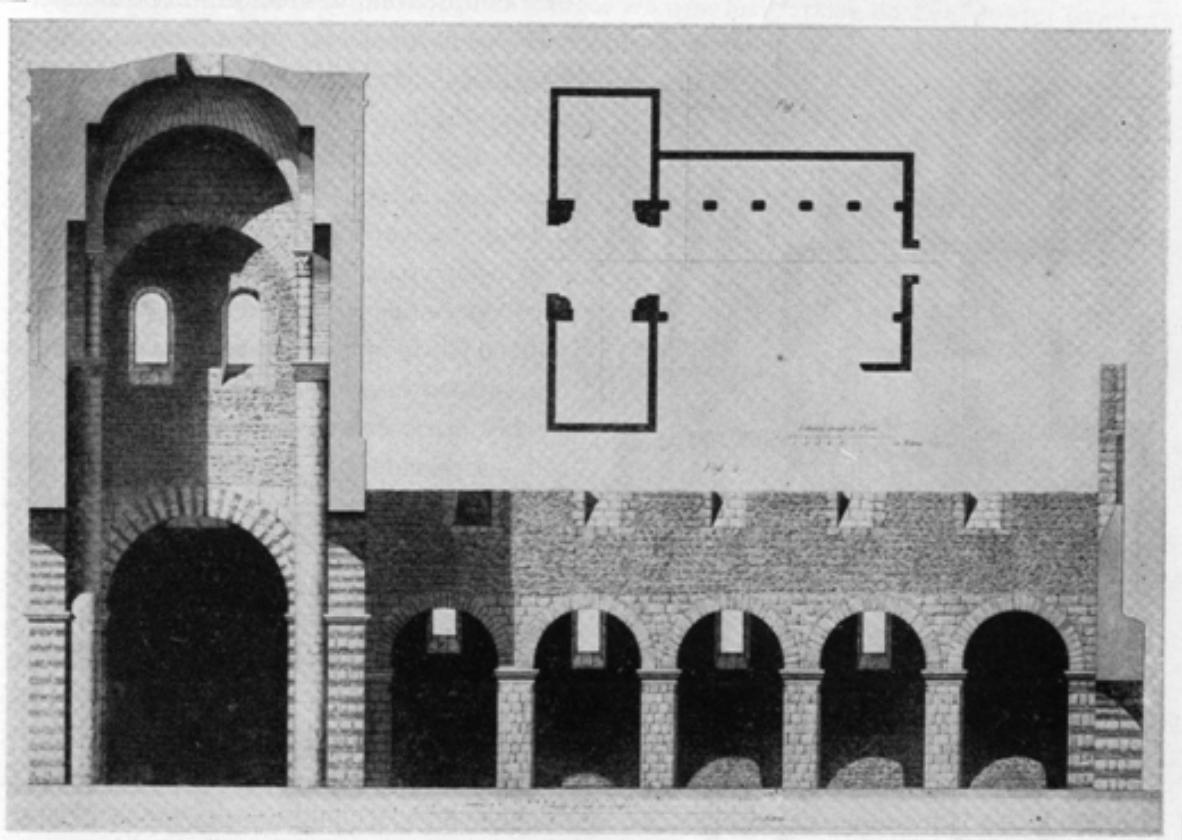


Figure 48: plan de l'église dans l'état avant restauration (d'après Adolphe Berty, dans Gailhabaud, v.1840) : on voit ici qu'il ne subsiste au XIX^e siècle que le transept, le collatéral sud de la nef et la façade occidentale.

Avant les récents travaux de restauration, il ne subsistait de l'église, laissée à l'abandon pendant près de deux siècles, qu'une partie de la nef, le vaste transept débordant et le chœur. De la nef, à l'origine constituée de cinq travées flanquées de bas-côtés, seulement trois des grandes arcades, le mur extérieur du bas-côté sud et la façade occidentale étaient toujours en place (fig.48). La tour-lanterne de la croisée est restée intacte jusqu'à aujourd'hui. Autrefois charpentée -comme nous le montrent les trous d'insertion de poutres (Mallet, 1987, 596)-, la tour-lanterne est modifiée et surmontée d'une coupole sur pendentifs dans une seconde phase (Prigent & Hunot, 2006, 10).



Figures 49 a, b & c : Vue de l'arc occidental de la croisée dans l'axe de la nef ; détail de la face externe du pilier nord ouest de la croisée ; vue de la croisée à partir du chœur (clichés CRP2A).

La croisée, qui fera essentiellement l'objet de notre étude, est limitée par des arcs-doubleaux en plein cintre, reposant sur des impostes moulurés et supportés par de robustes piliers de section rectangulaire (Lesueur, 1961, 14 ; fig.49). Les piles sont construites en assises régulières de moyen appareil calcaire alternant avec des assises de trois rangs de briques (Mallet, 1984, 23). Les arcs, constitués de claveaux de pierre alternant eux aussi avec trois rangs de briques (Prigent & Hunot, 1998, 39), diffèrent dans la mise en œuvre de leurs matériaux: les arcs est et ouest sont constitués de rangs de briques et de pierres sur toute la largeur de l'intrados, tandis que les arcs nord et ouest sont fourrés (Mallet, 1984, 23) avec un remplissage hétérogène (moellons et briques utilisées de manière erratique). Au-dessus de ces arcs et des écoinçons, les murs sont construits en petit appareil (Mallet, 1984, 24). Des fenêtres au niveau supérieur de la lanterne sont contournées sur leur face extérieure d'un cordon orné de billettes (Mallet, 1984, 24). Des colonnes d'angles sans liaison avec les maçonneries (Mallet, 1984, 24) montent jusqu'à l'étage supérieur de ces fenêtres et un système d'arcs et de colonnettes supportent la voûte.

Le cœur quant à lui, est construit en petit appareil et ne présente pas d'éléments de terre cuite. De même, les parties originelles subsistantes de la nef, construites en petit appareil de roches locales (arkose ; calcaire paléozoïque ; Prigent & Hunot, 1998, 39), ne présentent ni assises, ni claveaux de briques. L'encadrement des grandes fenêtres en plein cintre, peu ébrasées, est construit dans un moyen appareil de tuffeau (Prigent & Hunot, 1998, 39). Le chœur tel qu'il nous est parvenu correspond à une reconstruction en style gothique angevin de la fin du XII^e siècle.

L'édifice a fait l'objet d'une restauration et d'une restitution à la fin du XX^e siècle, ayant entraîné la reconstruction de ses parties détruites.

I-3) Hypothèses préalables aux datations TL

I-3-1) Sources historiques

L'un des rares documents relatifs à la construction de la collégiale Saint-Martin est une publication partielle d'une charte du comte d'Anjou Foulque Nerra (987-1040). Ce texte, antérieur à 1020, décrit la volonté de Foulque Nerra et de son épouse, la comtesse Hildegarde, de remettre à neuf une église ruinée et d'y instituer un collège de chanoines (Hiret, 1608). Cette intervention est à rapprocher de l'invention du corps de saint Loup au début du XI^e siècle par l'évêque Hubert (1006-1047), relatée dans une authentique de reliques de 1012 (transmis dans le *Lectionnaire d'Angers* (BM Angers, ms 680)). Ce parchemin mentionne également l'église de Saint-Martin (Mussat, 1964). Cependant, la relation entre cette découverte et la reconstruction de l'église n'est pas claire. La mise au jour a peut-être été occasionnée par le bouleversement du sol relatif aux travaux (Mallet, 1984, 23) ou au contraire, elle a pu influer la décision de restaurer la communauté (Martin-Demézil, 1986, 42).

I-3-2) Données typo-chronologiques

La datation de la construction de la collégiale de Saint-Martin peut être tentée à partir de l'étude typologique de ses caractéristiques architecturales en comparaison avec celles de la cathédrale Saint-Maurice et de l'abbatiale Saint-Serge à Angers (Mallet, 1987, 596). La cathédrale Saint-Maurice est reconstruite vers 1025 (Comte & Siraudeau, 1990, 37) et dédiée le 16 août 1030 (Farcy, 1910, 8). Lesueur (1961, 224) considère que les vestiges de deux piles rectangulaires aux angles occidentaux de la croisée du transept, constituées d'assises de tuffeau alternant avec trois rangs de briques, appartiennent à cette phase de construction. La Chronique de Saint Serge (Marchegay & Mabille, 1869, 134) rapporte que l'abbatiale est reconstruite au début du XI^e siècle et dédiée en 1058 (Lesueur, 1961, 222 ; Mallet, 1984, 24). De cette phase ont subsisté les piles rectangulaires de la croisée du transept présentant des assises de pierre alternant avec trois rangs de briques dans les parties basses et un des grands arcs de la croisée présentant des claveaux de pierre alternant avec deux rangées de briques. Ces caractéristiques architectoniques sont analogues à celle décrites par ailleurs à Saint-Martin, permettant de situer sa reconstruction dans la première moitié du XI^e siècle.

D'autre part, le type de décor à billettes des fenêtres extérieures du niveau supérieur aux piliers de la croisée est généralement attribué au début du XI^e siècle (Lesueur, 1961, 220). Les hautes colonnes d'angles et le système d'arcs et de colonnettes supportant la voûte ont dû être ajoutés vers la fin du XI^e siècle (Lesueur, 1961, 220 ; Mallet, 1984, 24), cette datation se basant en particulier sur le décor des chapiteaux à collerette et volutes. D.Prigent (2004b, 289) attribue quant à lui la construction de la coupole et les supports qui lui sont associée à Foulque Nerra. Quoi qu'il en soit, si l'on accepte la construction de la tour-lanterne en plusieurs phases, alors au vu des attributions typologiques des niveaux supérieurs et de l'adjonction des colonnes d'angle, la phase d'édification des gros piliers de la croisée devrait être antérieure à l'an mil (Lesueur, 1961, 220).

I-3-3) Etudes archéologiques

Le chapitre de la collégiale est supprimé le 20 novembre 1790 en application de la constitution civile du clergé. L'édifice subit alors un abandon progressif entraînant sa désaffection et sa destruction partielle.

La reprise d'intérêt pour l'église se manifeste dès la première moitié du XIX^e siècle. En 1830, Arcisse de Caumont fait dessiner l'église, qui fait également l'objet en 1835 d'une visite de Prosper Mérimée, second inspecteur des Monuments Historiques de France. Quelques années plus tard, Victor Godard-Faultrier (1839), fondateur du Musée archéologique d'Angers, inclut Saint-Martin parmi la liste des églises recensées, attribuées au IX^e siècle sur la base de l'utilisation de l'emploi du petit appareil. Déjà les travaux de l'érudit angevin Jean de Bourdigné (1529, 127), de Jean Hiret (1608), repris plus tard par Robert de Lasteyrie (1912) situaient la construction de l'église à l'époque carolingienne. Ce n'est qu'avec Gustave d'Espinay (1876) que l'on commence à associer l'édification de l'église au comte d'Anjou Foulque Nerra. En 1902-1903, le chanoine Paul-Henri Pinier rachète la partie orientale de l'église et entreprend des fouilles dans la croisée du transept. C'est ensuite au tour de l'archéologue américain George Forsyth d'y effectuer des sondages archéologiques et de réaliser une étude architecturale entre 1929 et 1936. Dans son ouvrage consacré à l'étude archéologique de Saint-Martin publié en 1953, il y décrit ses découvertes qu'il définit respectivement comme un *oratorium* mérovingien, un début de construction du IX^e et un édifice du X^e siècle. A la suite de Forsyth, les études archéologiques et architecturales se multiplient dans la deuxième moitié du XX^e siècle avec les interventions successives de F. Lesueur (1961), qui relance l'hypothèse d'attribution de la construction à Foulque Nerra, idée qui prévaut alors jusque dans les années 1990. Jacques Mallet (1987) y effectue aussi des travaux de recherche.

En 1986, le bâtiment devient la propriété du Conseil Général du Maine-et-Loire, qui choisit de le transformer en musée. L'édifice en état de délabrement fait d'une part l'objet de travaux de restauration dès 1990 sous la direction de l'architecte en chef des Monuments Historiques Gabor Mester de Parajd et d'autre part d'une étude archéologique qui s'est étendue sur près de deux décennies par Daniel Prigent et Jean-Yves Hunot du service archéologique départemental du Maine-et-Loire. L'objectif de cette restauration est de « mettre en valeur les différents vestiges archéologiques [...] et de restituer l'édifice dans l'état dans lequel il se présentait après la Révolution ».

Les nombreuses études dont a bénéficiées l'église de Saint-Martin d'Angers ont permis d'élaborer une chronologie relative des différents édifices qui se sont succédé sur le site (Prigent & Hunot, 2006).

Il semblerait ainsi que le transept de la collégiale ait été construit sur une voie romaine flanquée de part et d'autre de structures domestiques. Cette voie devait être parallèle aux autres *cardines* de la ville. D'après Forsyth, au moins trois campagnes de constructions romaines se sont succédé sur le site dont la dernière, une villa, est à dater de la fin du III^e siècle (Forsyth, 1953 ; Provost, 1988, 104).

Après une période d'abandon, un premier sanctuaire chrétien s'établit et inaugure ainsi une succession de quatre constructions religieuses sur le site de Saint-Martin. Un oratoire primitif de plan rectangulaire terminé par une abside est construit dans le faubourg de la cité d'Angers, partiellement à partir des maçonneries antérieures *in situ* (Forsyth, 1953 ; Prigent & Hunot, 2003, 323). Les sarcophages trapézoïdaux qu'il contient permettent de placer sa construction au V^e siècle. Au siècle suivant, ce premier édifice conservé dans sa partie occidentale est allongé à l'est par la construction d'un chevet plat. Des vestiges des arcs d'une baie géminée en brique et mortier de tuileau ont été mis au jour dans une couche de démolition. Des analyses C14 de cette structure nous fournissent une date comprise entre 296 et 537 après J.-C. L'agrandissement progressif vers l'est se poursuit dans le troisième édifice. Vraisemblablement construit vers la fin du VII^e siècle, celui-ci présente un plan en forme de croix. Enfin, le dernier édifice –qui va faire l'objet de notre étude- conserve ce plan cruciforme (Prigent & Hunot, 2003, 325). Ces deux dernières phases sont accompagnées de l'aménagement de sarcophages à dalle d'ardoise attribués à l'époque carolingienne par l'inscription « *Carolus Rex* ». Des analyses C14 sur des charbons de bois présents dans les mortiers du quatrième édifice proposent une datation entre les IX^e et X^e siècles. Cela remettrait donc en question l'intervention de Foulque Nerra (Prigent & Hunot, 1998, 39), celle-ci se limitant peut-être seulement à la surélévation de la nef.

La chronologie des différentes phases de construction de ce quatrième édifice peut être suivie à partir du mode d'utilisation des TCA. On les retrouve seulement dans les piédroits et arcs de la croisée, dans l'arc de l'abside du pignon nord du transept (et pas dans le pignon sud), et un dessin du XIX^e siècle de l'érudit angevin Berthe nous révèle que la façade occidentale comportait également des assises de briques, et que le cintre et les piédroits de la porte étaient montés en briques. En revanche, on remarque un abandon progressif de leur emploi puisque leur utilisation se raréfie dans la nef et le chœur. Ainsi, on peut proposer une chronologie relative de la construction : après l'édification de la croisée, des croisillons et de la nef, avec le portail occidental, on aurait érigé la coupole de la croisée, puis surélevé la nef au début du XI^e siècle. L'étude du moulage des pièces de charpente révèle que la croisée a elle-même été érigée après le chœur et les deux bras. Il doit néanmoins s'agir d'une seule et même campagne de construction. D'autre part, les différences dans le mode de remplissage des arcs de la croisée suggèrent une construction en deux étapes ou la présence de deux équipes travaillant simultanément sur le même chantier. Cependant, compte tenu de l'homogénéité des impostes, on aurait plutôt affaire ici à une seule et même phase.

Ainsi, si l'étude stratigraphique et l'analyse du bâti permettent de définir les phases de construction, parfois dans le détail, les données textuelles et stylistiques ne permettent pas de trancher entre une date du début du XI^e siècle (hypothèse traditionnelle), ou antérieure, pour la première campagne. Les datations par le radiocarbone ont en revanche fourni un intervalle significatif du milieu du IX^e à la fin du X^e siècle, avec une probabilité plus importante pour la première moitié du X^e. Malgré la convergence des dates obtenues, l'importance de cette nouvelle proposition pour l'histoire de l'architecture romane et de la fin du haut Moyen Âge, nécessitait une confirmation à partir d'une méthode indépendante.

I-3-4) Les données du radiocarbone et de l'archéomagnétisme

- Datations C14

Dans le cadre de l'étude pluridisciplinaire engagée par le GdRE « Terres cuites architecturales et datations », deux charbons de bois issus des mortiers utilisés dans la construction des arcs à imbrication de la croisée du transept ont été prélevés et analysés au laboratoire de radiocarbone de Lyon. Les résultats sont reportés dans le tableau suivant.

Référence échantillon	Code laboratoire	Age en années BP	Intervalle après calibration (2 sigmas)
US 261	Ly-10781	1135 ± 30	(784-983) ap. J.-C.
US 272	Ly-7857	1202 ± 34	(735-942) ap. J.-C.

Tableau 15 : résultats des datations C14 sur les charbons de bois provenant de la croisée du transept

- Datation par archéomagnétisme

Au cours de cette même campagne, des prélèvements des briques des arcs ont également été effectués par l'équipe d'archéomagnétisme. Les échantillons ont ensuite été analysés au laboratoire de Rennes afin d'en déterminer l'inclinaison du champ magnétique terrestre enregistré par les terres cuites au cours de leur dernière cuisson (fig.50).

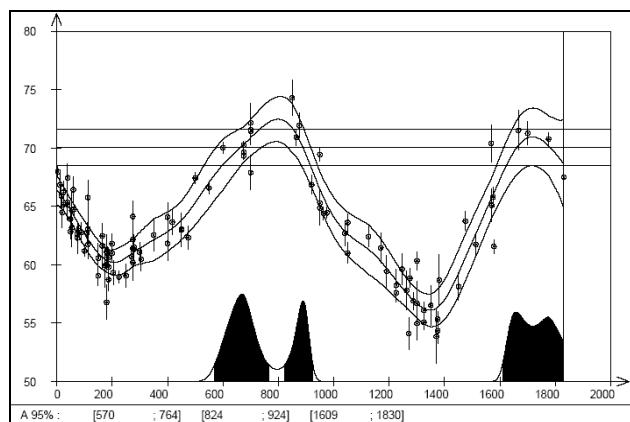


Figure 50 : graphique des datations proposées par archéomagnétisme sur les briques des claveaux des arcs de la croisée du transept par comparaison des valeurs mesurées des déclinaisons des briques aux courbes de variation de référence du CMT.

Les trois intervalles de datation proposés par archéomagnétisme à partir de la déclinaison du champ magnétique terrestre sont : [570 ; 764], [824 ; 924] et [1609 ; 1830] ap.J.C. à 95% de probabilité.

I-4) Problématiques

Dans le cadre de notre étude, l'intérêt archéologique de cet édifice réside dans l'emploi qu'il y est fait des terres cuites architecturales. L'utilisation de ces matériaux, généralement anecdotique en Anjou (compte tenu de la grande disponibilité des autres matériaux de construction), prolonge la tradition de l'Antiquité tardive romaine : en assises de plusieurs rangs de briques dans les maçonneries, en claveaux de briques alternant avec ceux de pierre, en rangée de briques dans l'extrados des cintres. Au vu de l'abandon observé stratigraphiquement par les études archéologiques entre l'époque gallo-romaine et le premier sanctuaire chrétien du haut Moyen Age, il semblerait bien qu'on ait affaire ici plus probablement à une imitation tardive du *modo romano* plutôt qu'une perpétuation des procédés de construction. Cependant, qu'en est-il de l'origine de ces matériaux de terre cuite ? S'agit-il de remplois antiques, largement accessibles sur le site compte tenu de l'histoire gallo-romaine du site et de ses proches environs, ou de productions contemporaines à l'édification ? L'homogénéité des dimensions (Prigent, *comm.pers.*), de la texture et des couleurs des briques présentes dans la croisée suggère plutôt une production synchrone de ces matériaux. Les différences observées avec les *tegulae* antiques recueillies viennent appuyer cette hypothèse.

Auquel cas, la datation des matériaux de construction pourrait peut être permettre de trancher sur la controverse que suscite l'attribution chronologique de la construction du quatrième édifice. En effet, s'agissait-il d'un édifice carolingien ou d'une construction due à Foulque Nerra ?

I-5) Présentation des prélèvements

Six prélèvements ont été effectués au burin et au marteau dans les piliers du carré du transept et sur un élément de la façade occidentale, vestiges qui nous sont parvenus intacts de l'édifice d'origine (fig.51).



Figure 51 : Localisation des prélèvements : les briques analysées proviennent des deux piliers occidentaux de la croisée et d'un contrefort de la façade occidentale (d'après G.Mester de Parajd & M.Iseppi).

L'échantillon Bdx 9472 correspond à une brique utilisée de champ, dans la face occidentale externe du pilier nord ouest de la croisée. Les prélèvements Bdx 9456, Bdx 9457 et Bdx 9459 proviennent de rang de briques dans la face nord côté interne du même pilier. Les deux premiers échantillons sont issus de la même brique.

Dans l'angle interne du pilier sud-ouest de la croisée, un seul échantillon a été prélevé ; il s'agit de Bdx 9461.

Enfin, un dernier prélèvement (Bdx 9462) a été effectué dans un contrefort de la façade occidentale d'origine, dans le prolongement de l'arcade séparant le bas-côté nord du vaisseau central.

Les dimensions moyennes autant pour les briques prélevées, que pour l'ensemble des briques de la croisée sont de 400 x 285 x 32 mm.

II) Datation par TL de la cuisson des briques

II-1) Étude de la nature et de la morphologie des grains utilisés pour la datation

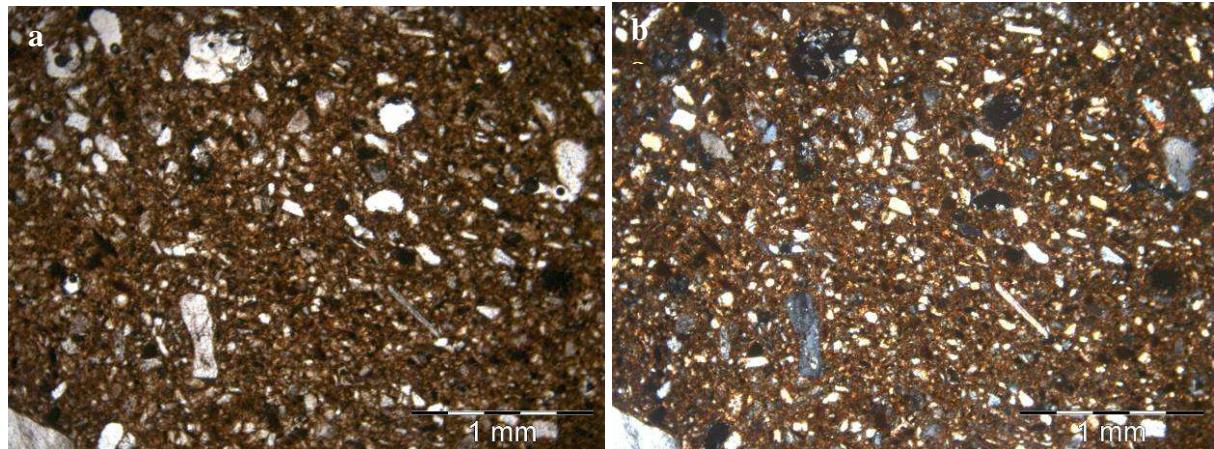
II-1-1) Texture

L'observation préliminaire à l'œil nu ne révèle aucune différence notable entre les six briques analysées. La pâte est homogène, de texture relativement fine. Chacune des briques présente un cœur réduit (de couleur grise) et une périphérie de couleur orangée.

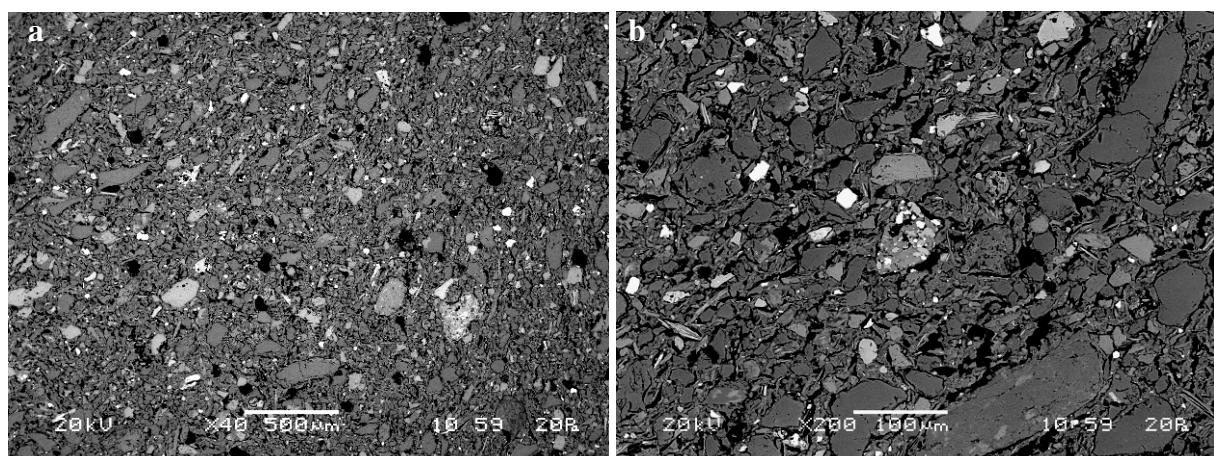
L'analyse au microscope polarisant permet de confirmer la nature très fine de la pâte compte tenu de la granulométrie des minéraux majoritairement présents (diamètre inférieur à 300 μm), avec la présence ponctuelle de gros grains de dimensions plus importantes (supérieure à 600 μm). On a affaire ici à une pâte très chargée (densité importante de petits minéraux dans la matrice).

Compte tenu de l'homogénéité du groupe et pour éviter la surabondance et la redondance des données explicatives, nous avons choisi de ne présenter l'étude de la texture que d'un seul échantillon.

L'observation pétrologique révèle une pâte très chargée d'inclusions de type quartz essentiellement monocrystallins, de granulométrie bien répartie, inférieure à 100 μm de diamètre, voire 50 μm (fig.52). Les grains sont anguleux. On note la présence de fragments de roche, de nombreux micas et de feldspaths altérés (fig.53). Compte tenu de la dimension des inclusions, nous avons préféré recourir à la technique des petites inclusions polyminérales.



Figures 52 : Observation (x40) en lumière polarisée (a) (analysée (b)) de la lame mince de l'échantillon Bdx9457. On observe que la pâte, très chargée, est relativement homogène quant à la nature, à la fréquence, à la taille et à la proportion des inclusions qu'elle contient.



Figures 53 : Bdx9457 : images MEB en mode électrons rétrodiffusés; grossissement x40 (a) et x200 (b) inclusions comprises entre 80 et 200 μ m en quantité insuffisante pour répondre au besoin de la préparation de quartz des échantillons en vue de leur datation par la méthode des grandes inclusions.

II-1-2) Composition élémentaire

L'analyse quantitative élémentaire par spectrométrie de rayons X en dispersion d'énergie a été effectuée sur poudre pour l'ensemble des échantillons étudiés pour la datation.

Aux incertitudes de mesure près, la composition des pâtes semble globalement homogène pour l'ensemble des individus analysés (fig.54). L'ensemble des briques présente une nature siliceuse, la teneur en CaO n'excédant pas les 2,50%. Les teneurs en Fe₂O₃ fluctuent entre 11,80 et 13,99 %, celles d'Al₂O₃, entre 16,70 et 17,94% et celles de K₂O entre 3,6 et 4,12 % ce qui constitue une faible variation au sein de chaque groupe.

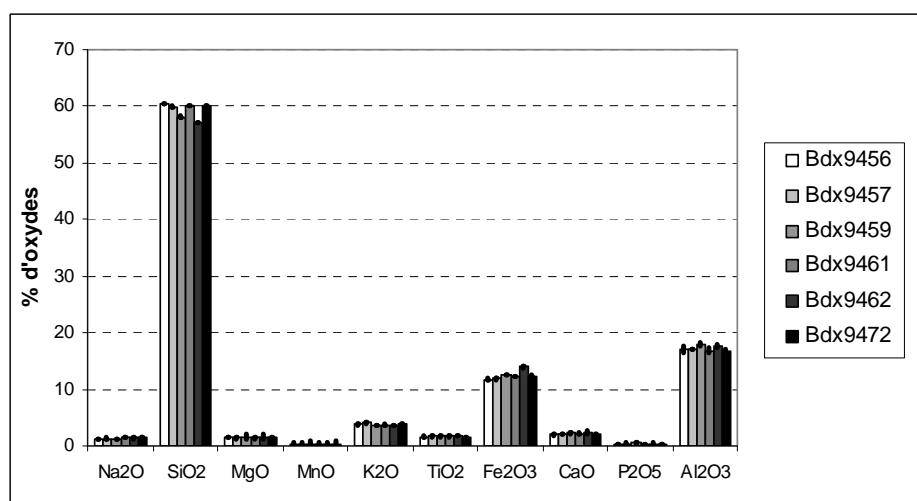


Figure 54 : Histogramme des compositions des briques de Saint-Martin (exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes). Les analyses sont normalisées à 100 % et cette normalisation ne prend pas en compte les teneurs en carbone et en eau.

Ainsi a priori, aucun élément ne nous permet de discriminer un échantillon par rapport à l'autre nous verrons dans la deuxième partie de cette étude si les résultats des datations corroborent cette uniformité.

II-2) Détermination de la dose équivalente

II-2-1) Etude du fading des petites inclusions polyminérales

La présence d'un mélange polyminéral au sein des six échantillons a nécessité des expériences supplémentaires visant à tester la stabilité des signaux de TL au cours du temps elles permettent de déterminer l'existence d'un *fading* de la TL artificielle dans le domaine de température utilisé en datation en raison de la présence des feldspaths potassiques détectés au cours de la caractérisation (Sanderson, 1988 ; Tyler & Mc Keever, 1988 ; Visocekas *et al.*, 1994 ; Zink, 1996).

Afin de tester la stabilité des signaux, la TL différée (délai entre irradiation et mesure variant de 2 heures à trois mois) et la TL immédiate (mesurée directement après l'irradiation) sont comparées. A titre d'exemple, l'étude de la stabilité des signaux de luminescence est représentée graphiquement pour l'échantillon Bdx9461 (fig.55), les autres échantillons présentant une évolution similaire.

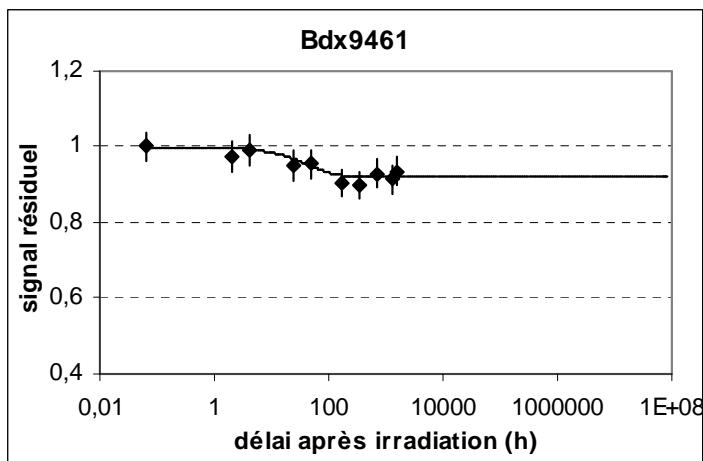


Figure 55: Bdx9461 : Étude de la stabilité des signaux de TL : comparaison entre la TL enregistrée après un délai entre l'irradiation et la lecture TL, allant de 2 heures à 3 mois, et la TL enregistrée immédiatement après l'irradiation. La courbe ajustée aux points expérimentaux correspond à une loi déduite du modèle de recombinaison avec un niveau stable correspondant à la moyenne des TL résiduelles mesurées à partir du 7^e jour.

Un *fading* « normal » plutôt qu'« anormal » est observé, dans la mesure où l'évolution de la luminescence au cours du temps semble conduire à une stabilisation. Les données expérimentales ne montrent pas l'existence d'un effet tunnel selon les modalités proposées par Visocekas (1985). Les points expérimentaux semblent se positionner autour d'un niveau stable de TL au bout de 7 jours (fig.55) plutôt que continuer à s'éloigner de la valeur de référence (égale à 1). Nous avons donc choisi d'adopter un modèle de variation exponentiel décroissant vers une asymptote en considérant comme constante l'intensité de TL obtenue après un délai d'une semaine pour l'ensemble des échantillons.

La correction sur l'âge du *fading* a été effectuée en divisant la valeur de la paléodose par la moyenne des valeurs du *fading* après stabilisation du signal obtenues à partir des données expérimentales.

II-2-2) Résultats

Les résultats des mesures de dose équivalente, la valeur k, les températures de remise à zéro et le domaine du plateau pour chaque échantillon sont reportées dans le tableau 17.

Echantillon	D _e (Gy)	k	T°C recuit	Domaine d'intégration du pic (°C)
Bdx9456	10,91±0,47	0,12±0,01	625	280-500
Bdx9457	10,67±0,62	0,11±0,00	625	280-500
Bdx9459	11,66±0,53	0,11±0,01	650	280-480
Bdx9461	10,76±0,51	0,11±0,01	650	280-480
Bdx9462	10,99±0,60	0,11±0,00	580	280-480
Bdx9472	12,38±0,64	0,12±0,00	600	280-500

Tableau 17 : D_e est la dose équivalente après correction du *fading* exprimée en Gray ; k est la valeur du coefficient d'efficacité alpha, et enfin T°C est la température de remise à zéro du signal de TL.

II-3) Détermination de la dose annuelle

II-3-1) Etude du déséquilibre des chaînes de l'uranium

Les contributions équivalentes de K, U et Th des céramiques sont reportées dans le tableau 18.

Echantillon	K _{céram.} (%)	U(²³⁸ U) _{céram} (ppm)	U(²²⁶ Ra) _{céram} (ppm)	U(²¹⁰ Pb) _{céram} (ppm)	Th _{céram.} (ppm)
Bdx9456	2,87±0,04	9,34±0,26	8,23±0,07	7,35±0,35	24,39±0,22
Bdx9457	2,94±0,04	9,59±0,27	8,24±0,07	7,50±0,39	24,08±0,22
Bdx9459	2,74±0,04	9,11±0,31	8,80±0,07	9,42±0,50	23,79±0,22
Bdx9461	2,69±0,03	9,32±0,27	8,11±0,06	8,48±0,42	23,54±0,19
Bdx9462	2,77±0,04	9,27±0,29	8,61±0,07	9,31±0,47	24,27±0,21
Bdx9472	2,86±0,04	9,46±0,23	7,94±0,06	7,52±0,31	24,61±0,19

Tableau 18: Composition radiochimique des briques, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type.

On remarque que ces valeurs sont particulièrement élevées pour l'uranium et en particulier pour le thorium. Ces valeurs affecteront surtout la contribution de l'échantillon à l'irradiation des grains étudiés pour la détermination de la paléodose. Le Pb210 et le 226Ra sont assez en accord, en moyenne le rapport Pb210/Ra226 valant 0,99. On peut donc considérer qu'il y a équilibre radium - plomb et donc pas de perte significative de radon *in situ*.

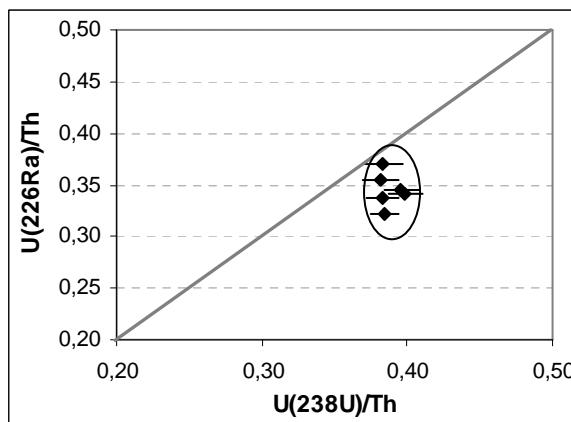


Figure 56 : Etude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse du rapport des concentrations U(²³⁸U)/Th et U(²²⁶Ra)/Th.

En revanche, les rapports U/Th et Ra/Th montrent une très faible variabilité de U/Th et une variabilité significative de Ra/Th (fig.56). L'hypothèse la plus probable est celle d'un déséquilibre au niveau de ²²⁶Ra. Cette hypothèse du lessivage ancien du radium nécessite la modification des données de conversion d'Adamiec et Aitken (1998) pour évaluer les contributions α et β de l'échantillon à la dose annuelle.

II-3-2) Humidité

Les taux d'humidité à saturation des six briques analysées sont reportés dans le tableau 19.

Echantillon	% d'eau à saturation
Bdx9456	12,23
Bdx9457	15,76
Bdx9459	13,55
Bdx9461	13,25
Bdx9462	14,40
Bdx9472	15,50

Tableau 19 : Humidité des briques à dater, exprimée en pourcentage massique d'eau par rapport aux matériaux secs. Sont reportées les valeurs à "saturation" ([masse saturée en eau – masse sèche / masse sèche] x100).

Ces valeurs comprises entre 12,23 et 15,76 % rendent compte de la porosité faible à moyenne des briques, ce qui autorise l'attribution d'une valeur standard de 5±3% pour l'humidité, utilisée pour le calcul des doses d'irradiation annuelles internes.

II-3-3) Résultats

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle par échantillon. Les valeurs des doses annuelles environnementales ont été déterminées par dosimétrie *in situ*.

Echantillon	$I\alpha_{ceram}$ (mGy/an)	$I\beta_{ceram}$ (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	I_{totale} (mGy/an)
Bdx9456	4,71±0,32	3,95±0,14	1,45±0,01	10,11±0,53
Bdx9457	4,18±0,17	4,01±0,14	1,45±0,01	9,64±0,44
Bdx9459	4,52±0,26	3,89±0,13	1,45±0,01	9,86±0,46
Bdx9461	4,12±0,28	3,78±0,13	1,35±0,01	9,25±0,46
Bdx9462	4,41±0,18	3,91±0,14	1,38±0,01	9,71±0,42
Bdx9472	4,51±0,18	3,92±0,13	1,30±0,01	9,74±0,42

Tableau 20 : Déterminations des doses annuelles des briques de Saint-Martin. Les incertitudes sont données à un sigma. $I\alpha_{ceram}$ et $I\beta_{ceram}$ sont les contributions α et β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); I_{env} , la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) et I_{totale} , la dose annuelle totale.

II-4) Datation

Les résultats de la datation par TL des échantillons de briques de Saint-Martin d'Angers sont reportés dans le tableau 21.

Echantillon	Age (années) $\pm 1\sigma_{tot}$ (σ_{stat})	Dates (AD) $\pm 1\sigma_{tot}$
Bdx9456	1079±65 (47)	928±65
Bdx9457	1107±79 (64)	900±79
Bdx9459	1182±79 (59)	825±79
Bdx9461	1163±82 (63)	844±82
Bdx9462	1132±81 (63)	875±81
Bdx9472	1272±83 (66)	735±83

Tableau 21 : Résultats des datations individuelles des briques de Saint-Martin. Les âges TL sont donnés en années avant 2007 et les incertitudes, à un sigma.

La convergence de l'ensemble des résultats est estimée en testant la dispersion expérimentale des mesures d'âge à partir de la distance statistique entre l'âge individuel et l'âge moyen de la série. La figure 57 présente les valeurs de d_i pour le groupe.

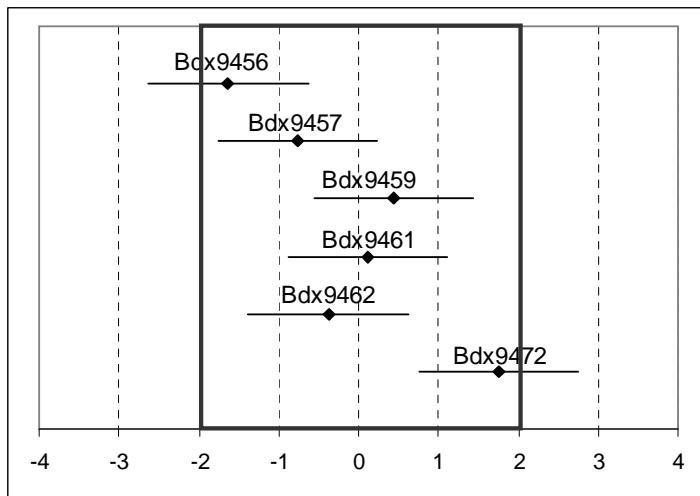


Figure 57: valeurs d_i ($d_i = (A_i - A_m) / \sigma_{i \text{ stat}}$).

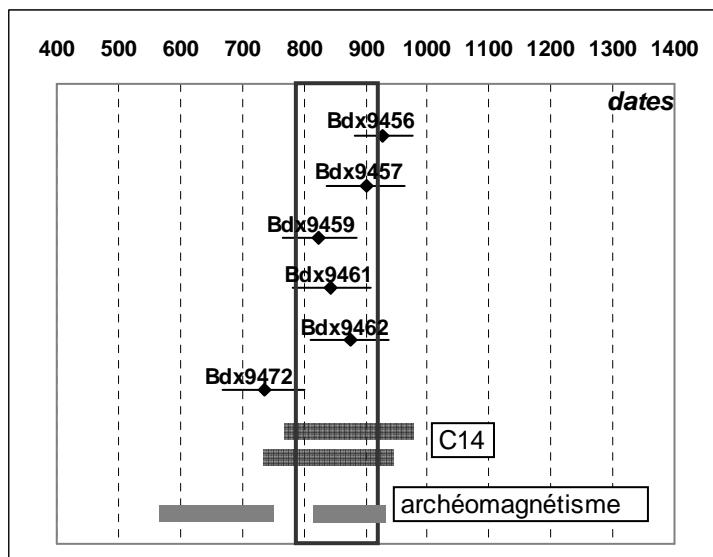


Figure 58: Résultats des datations TL individuelles et moyenne globale pour Saint-Martin et indications des datations C14 et archéomagnétisme.

On constate que tous les échantillons sont compris dans l'intervalle [-2 ; +2]. D'autre part, en appliquant le test du χ^2 , on s'aperçoit que la valeur de ce dernier est cohérente ($\chi^2=5,56$ pour un intervalle à 80 % de probabilité : 1,61 – 9,24) pour l'ensemble du groupe.

L'ensemble des échantillons peuvent donc être considérés comme contemporains et il devient alors possible d'en effectuer la datation moyenne globale.

Après correction du *fading*, l'ensemble des briques des piliers de la croisée et de la façade occidentale fournit des datations homogènes ; de 735 ± 83 ap.J.C. à 928 ± 65 ap.J.C. à 1 sigma. Cette cohérence atteste de la contemporanéité des cinq échantillons, dont la moyenne pondérée des datations est 851 ± 60 ap.J.C. (à 1 sigma).

Si, compte tenu de l'homogénéité des dates calculées, on s'accorde à considérer qu'il s'agit de briques dans leur position primaire, ces résultats permettent alors de situer leur fabrication entre la deuxième moitié du IX^e siècle et la première moitié du X^e siècle. Si on accepte ensuite que cette production soit liée à l'édification, et qu'elle lui soit alors globalement contemporaine, on peut ainsi situer la construction des piliers de la croisée dans cet intervalle.

III) Discussion

Cette étude est intéressante sous divers aspects.

Tout d'abord les datations TL des briques (intervalle de [731 ; 971] ap.J.C. à 2 sigma) concordent avec celles obtenues par C14 sur les charbons de bois des mortiers (tableau 15) et avec l'intervalle de datation [824 ; 924] ap.J.C. (à 2 sigma) proposé par archéomagnétisme (fig.58), ce qui permet ainsi de valider l'ensemble des résultats physiques.

Ensuite, au vu des résultats obtenus pour l'origine des briques utilisées dans la construction de l'édifice, cette étude constitue un exemple de la perpétuation au haut Moyen Age de savoir-faire techniques romains, notamment de la production des terres cuites architecturales. Cette technique n'est donc pas tombée dans l'oubli, comme il l'a autrefois été suggéré (Boüard, 1975), et a été préférée ici à la pratique de remplois romains, malgré la présence locale de ces matériaux disponibles et déjà prêts à l'emploi. Cette étude a également permis de préciser la date d'édification de la croisée et de la façade occidentale de la collégiale au IX^e siècle ou dans le premier quart du X^e siècle, contestant ainsi son attribution à Foulque Nerra. On voit ici l'importance de distinguer les sources écrites de leur interprétation chronologique à un ensemble architectural précis. Si, comme le mentionne la charte de fondation, Foulque Nerra a effectivement contribué à la mise en œuvre de la collégiale, alors son intervention s'est probablement limitée à une restauration des structures édifiées au siècle précédent et notamment à la remise en état de la nef.

La datation de l'édifice est donc antérieure de plus d'un siècle à l'intervention supposée de Foulque Nerra. Cette réévaluation chronologique n'est pas sans conséquence car elle repose la question de la place de Saint-Martin d'Angers dans l'histoire de l'art, et plus largement, de la province historique de l'Anjou, qui semble avoir joué un rôle précurseur dans de nombreux domaines artistiques. D'un point de vue architectural, le cas d'étude de Saint-Martin est essentiel, puisque, avec d'autres édifices religieux de Pays de Loire et de Normandie, il constitue un exemple d'influences et du maintien des formes architecturales carolingiennes. L'intérêt de cette étude réside dans le repositionnement chronologique de cet édifice-clé au sein du groupe, permettant ainsi de mieux appréhender le réseau d'influences artistiques et techniques entre ces régions.

D'autre part la tour-clocher étudiée ici est représentative de la tension politique générale et de la volonté d'imposer des *turris* dont la signification au commencement de la période préféodale est aussi importante que l'influence romaine.

English summary

Located in the centre of the current town of Angers, the church is dedicated to Saint Martin (AD 316-397). The church, recently restored, shows a plan which consists of a square aisled nave, a gothic chancel and a large salient transept with a bell-tower at the crossing. The latter is built on four large pillars and arches decorated with bricks in the masonry made of limestone *moyen appareil* (Mallet, 1984, 23-4). On the basis of architectural analogies, the building of the crossing tower of Saint-Martin to its current state can be evaluated to have been done within the first half of the 11th century (Mallet, 1987, 596). Besides the typological indications, one of the few records relating to the church includes a charter of the famous Count of Anjou, Fulk III Nerra (987-1040), likely to date before 1020 (Hiret, 1608; Mussat, 1964).

The first to attribute the rebuilding of the church to the Count of Anjou is Gustave d'Espinay in 1870. Between 1929 and 1936, American archaeologist George Forsyth studied the church. Building on his work (Forsyth, 1953), the study was completed in 2006 by Prigent and Hunot and a first phasing chronology of the site was proposed. The study indicates that the church was first built on a Roman road and a later villa (3rd century AD). After a short period of abandonment, the first Christian sanctuary was built and paved the way for a succession of four religious buildings on the site, the last being the subject of this study. Radiocarbon dating on charcoal from the mortar of the current church produced a date of 9th-10th century, which would give rise to debate concerning Fulk Nerra's intervention on the church (Prigent & Hunot, 2006).

The aim of this work is twofold. The first objective is to verify whether the CBM used in the building of the surviving church are reused Roman material from the remains of previous buildings on the site or whether they are early medieval productions as suggested by Forsyth in 1953. The homogeneity of the size, colour and fabric of these materials, together with differences observed when compared to the obvious Roman CBM found *in situ* during the excavation, would suggest medieval materials (Prigent, *pers. comm.*). The answer to this question is to be determined using luminescence dating applied on ceramic materials.

If it appears to be that the materials were made specifically for the purpose of the construction of the church, and assuming they were used shortly after manufacture, then dating the manufacture of the material would provide a date for the actual construction of the building. The second objective is therefore to shed light on the controversy surrounding the origin of the rebuilding and to verify whether Fulk Nerra's intervention encompassed the whole building or was limited to later reparation on the nave only.

For the purpose of this study, five bricks from the transept crossing pillars and one from a surviving buttress of the remaining western façade were sampled. The samples were then prepared and analysed in the laboratory of Bordeaux following the standard preparation process of the polymineral fine grains technique and measured using TL. The choice of this technique required further tests to be carried out on the fading evolution, which appears to stabilise after a week for the six samples. The paleodose values were therefore adjusted to take account of fading by applying a correction factor to the mean paleodose of the residual signal ($\approx 0.88 - 0.98$). The corrected paleodose values range from 10.76 ± 0.51 to 12.38 ± 0.64 Gy and the dose rate values range from 9.25 to 10.11 mGy/yr.

Partie 3 – Chapitre 9

The final individual dates of manufacture range from AD 735 ± 83 to AD 928 ± 65 . The dates as a group are homogeneous and the mean date calculated is AD 851 ± 60 .

If the manufacture is considered to be contemporary with the construction of the building, placing the building of the church in the 9th century, this presents opposing evidence to the theory of Fulk Nerra being responsible for the whole construction.

This study highlights the importance of being cautious of written records and their interpretation, and also shows that the practise of brickmaking was not a forgotten skill in the early medieval period in Anjou. Indeed, the technique was favoured despite the local availability of Roman materials.

NOTRE-DAME-SOUS-TERRE DU MONT-SAINT-MICHEL

I) Présentation

I-1) Le site du Mont-Saint-Michel

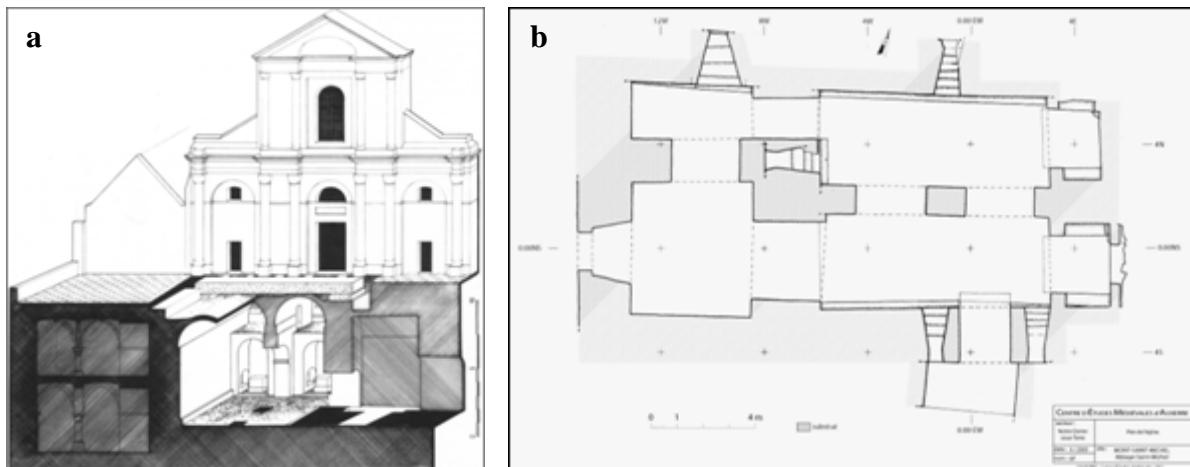


Figure 59 : Situation géographique du Mont-Saint-Michel.

Situé dans la baie du golfe breton normand, à 6 km de l'estuaire du fleuve Couesnon (fig.59), l'îlot du Mont-Saint-Michel émerge sur une hauteur de près de 88 m (Larsonneur, 1998, 11). Le Mont et sa baie (département de la Manche) sont inscrits au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1979 et avec plus de trois millions de visiteurs par an, c'est actuellement le troisième monument français le plus visité après la tour Eiffel et le château de Versailles.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévations

Le petit édifice qui nous intéresse est situé sur le flanc ouest du rocher, sous les pavages des trois premières travées de l'abbatiale sommitale (fig.60a).



Figures 60 a & b : Représentation axonométrique de Notre-Dame-sous-Terre surmontée par la façade de l'abbatiale romane (d'après Froidevaux, 1961) ; plan au sol de l'édifice (réalisé par le CEM, dans Sapin *et al.*, 2008).

L'église, dans son état actuel, est constituée de deux éléments : un vestibule dans sa partie occidentale et une double nef à l'est (fig.60b), cette dernière faisant seule l'objet de cette étude. Il s'agit d'un édifice orienté, au plan rectangulaire légèrement irrégulier, de 13 x 11 m (Decaëns, 1987a, 568). Un mur médian percé de deux arcades divise l'église en deux nefs, chacune se prolongeant à l'est par une petite abside à chevet plat flanquée de deux niches latérales et surmontée de tribunes. Ce caractère double rappelle le double sanctuaire du Monte-Gargano dans les Pouilles en Italie (Froidevaux, 1961), où le culte à l'archange Gabriel s'est imposé dès le VII^e siècle. A l'origine, les deux nefs devaient être charpentées comme le montre l'état des parements qui comprennent un rejointoiement et des fragments d'enduit (Froidevaux, 1961). Plus tard, on procède à la mise en place d'une voûte en berceau plein cintre, sans doubleaux, et en blocage de moellons sur chacune des deux nefs (Sapin *et al.*, 2008).

L'unique niveau d'élévation des nefs est marqué par l'absence d'ouvertures dans les parties supérieures. Des ouvertures d'origine semblent ne subsister que les fenêtres du mur périphérique, deux sur le mur sud, désaxées par rapport aux arcs de l'épi médian, une fenêtre centrale sur le mur nord et une dernière sur le mur ouest de la nef nord, son pendant sur la nef sud ayant probablement disparu avec la destruction d'une partie de ce mur au XVIII^e siècle. Il s'agit de baies en plein cintre, ébrasées à l'intérieur (Sapin *et al.*, 2008).

L'épaisseur des murs (jusqu'à 2 m) est composée de deux parements liés par un blocage. L'ensemble des parements est constitué par un petit appareil de moellons de granit quadrangulaires (30 à 40 cm de côté) et grossièrement taillés, posés de champ et noyé dans le mortier (Sapin *et al.*, 2008). Ce mortier de couleur blanche, bien conservé, est constitué de chaux assez bien cuite, mélangée avec du sable (Büttner in Sapin *et al.*, 2008). Dans les piédroits des ouvertures, le parement de moellons est interrompu par des briques de calage. Les arcs en plein cintre présentent des claveaux de grandes briques plates de 28 à 30 cm de long et 3,5 cm d'épaisseur (Sapin *et al.*, 2008), et reposent, pour l'épi médian (fig.61 a & b), sur des piliers quadrangulaires en gros blocs de granit assez réguliers et à impostes de section carrée (Decaëns, 1987a).

La petite église a fait l'objet de modifications au cours des siècles. Ainsi, en 1776, à la façade de la grande abbatiale ravagée par la foudre est ajouté un mur de soutien dont les fondations coupent transversalement l'église Notre-Dame. Au XIX^e siècle, le petit édifice souterrain est transformé en local d'une administration pénitentiaire pour lequel de grandes ouvertures sont percées dans les murs nord et sud. Au milieu du XX^e siècle, des infiltrations menaçant la dégradation des voûtes de Notre-Dame, la Commission Supérieure des Monuments historiques décide de dégager le massif de fondation rajouté deux siècles plus tôt. La restauration est alors dirigée par M. l'architecte en Chef Yves-Marie Froidevaux, qui fait disposer deux poutres parallèles de béton précontraint de 10 m de portée entre les voûtes de l'église souterraine, et boucher les brèches des murs nord et sud (Vallery-Radot, 1966).

Malgré les vicissitudes dont elle a fait l'objet, l'église Notre-Dame-Sous-Terre constitue aujourd'hui l'unique témoin subsistant des origines monastiques du Mont.



Figures 61 a & b : Vue prise de l'angle nord-ouest vers le pilier central du mur médian au premier plan et les deux absides orientales derrière ; vue de la nef nord prise à partir de la tribune au-dessus de l'abside orientale nord (clichés CRP2A).

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations TL

I-3-1) Sources littéraires

Les origines du culte de l'archange Saint Michel au Mont sont exposées dans la *Revelatio ecclesiae Sancti Michaelis* (ms 211, Bibliothèque d'Avranches), rédigé par un clerc du Mont, probablement sous le règne de Louis Le Pieux (814-840). Il y est décrit qu'en 708, l'évêque d'Avranches, Aubert, fait construire un petit sanctuaire sur le Mont, en l'honneur de Saint Michel qui, selon la légende, lui est apparu en songe (Bouët, 2003). Ce premier oratoire est par la suite englouti sous les constructions suivantes.

En effet, en 965, Richard I^{er}, duc de Normandie, instaure le monachisme bénédictin au Mont en y implantant, à la place des chanoines précédemment installés, un établissement de moines venus de Fontenelle (aujourd'hui Saint-Wandrille) et du Bec-Hellouin, menés par l'abbé Maynard I^{er} (Delisle, 1872-3, 223). Celui-ci, devenant ainsi le premier abbé du Mont (966-994), est sollicité pour la construction d'une abbaye, approuvée par le premier acte officiel du Mont : le diplôme du 09 février 966 du roi carolingien Lothaire (954-986). Cette vaste église, édifiée au sommet du Mont, est complétée à l'ouest et dans son exact prolongement, mais en contrebas et probablement à l'emplacement du premier sanctuaire de Saint Aubert, par une église basse plus petite, appelée tardivement Notre-Dame-sous-Terre. La construction est mentionnée à la fin du X^e siècle, par le chanoine Dudon de Saint-Quentin, historiographe des premiers ducs de Normandie, dans son *De moribus et actis primorum Normanniae ducum* (Lair, 1865).

Les ravages provoqués par un incendie vers 991-1009 sur l'abbaye et ses églises sont décrits dans la *Gallia Christiana* (XI, col.514). L'abbaye sommitale est alors restaurée par Maynard II, successeur de Maynard I^{er}, sous le règne du duc Richard II. Trop petite, elle est rapidement remplacée par l'abbatiale romane - l'église actuelle -, dont les travaux commencés en 1023 s'achèvent sous l'abbé Renouf (1060-1084). L'ambition du nouveau projet nécessite de raser l'abbaye carolingienne ; on conserve cependant la petite église de Notre-Dame en contrebas, qui se trouve alors incorporée dans les infrastructures des travées orientales de la nouvelle nef, devenant ainsi souterraine.

I-3-2) Etudes archéologiques

Au milieu du XIX^e siècle, l'artiste et historien de l'architecture, Georges Bouet établit les premiers dessins de l'appareil et du plan de l'édifice (Caumont, 1864).

En 1907, dans le cadre de l'étude de l'abbatiale romane, l'église souterraine est étudiée par l'architecte en chef du Mont-Saint-Michel, Paul Gout, qui dresse des plans très précis de l'édifice qu'il croit être l'église carolingienne.

En 1959-1960, les restaurations de Notre-Dame-sous-Terre entreprises sous l'initiative du Service des Monuments historiques par l'architecte en chef Yves-Marie Froidevaux conduisent à la publication simultanée de deux études en 1961 : l'une par l'architecte restaurateur lui-même; l'autre, par Michel de Boüard, doyen de la Faculté des Lettres et Sciences humaines de Caen. Leurs interprétations respectives sur l'origine et l'évolution de l'édifice divergent.

La première théorie considère la construction en une seule et unique campagne vers l'an mil. En effet, les caractéristiques architecturales de la construction (simplicité des formes : arcs en plein cintre, piliers quadrangulaires, impostes simples), la nature des matériaux employés (granit, terre cuite, mortier de chaux) et leur mise en œuvre (moellons grossièrement équarris, briques plates) sont homogènes et identiques sur l'ensemble de l'édifice, ce qui suggère la contemporanéité de l'ensemble de sa construction (Froidevaux, 1961). Bien que le mur médian semble s'appuyer sur le mur nord, l'antériorité de la construction de l'un par rapport à l'autre ne constitue d'après Froidevaux qu'une solution technique privilégiée lors d'une seule et unique campagne de construction.

La seconde théorie, élaborée par M.de Boüard, considère la division de l'édifice du X^e siècle en deux nefs jumelles à partir du XI^e siècle seulement, en même temps que son prolongement à l'ouest, dans le cadre de son intégration dans le système de soutènement de la nef romane (de Boüard, 1961). Ainsi, vers 1020, la partie occidentale et le mur central auraient été ajoutés à l'édifice primitif du X^e siècle. Le vestibule occidental, quant à lui, a dû être construit lors d'une troisième phase au début du XII^e siècle.

A la demande de M.Baylé, A.Erlande-Bradenburg et J.P.Hochet, administrateur du Monument en accord avec M.Janneau, architecte des Monuments historiques, le Centre d'Etudes Médiévales d'Auxerre procède à une intervention sur le site dès 2003 afin de revoir les questions relatives aux origines préromanes du Mont. L'étude archéologique du bâti par le CEM consiste à établir la chronologie relative des maçonneries, la réalisation de nouveaux plans et la caractérisation des matériaux et des mortiers. Les conclusions de cette étude permettent de mettre en évidence et de confirmer l'existence de trois états : le premier correspondant à la salle quadrangulaire, le second, à l'ajout de l'épi médian et du premier voûtement, et enfin le troisième état, à l'adjonction à l'ouest du double vestibule. Ces premières conclusions architecturales sont complétées par l'analyse et la datation des matériaux de construction notamment des briques, participant ainsi à améliorer la compréhension de l'évolution architecturale du bâtiment. Sont présentés ici les résultats de la contribution de la datation à cette étude pluridisciplinaire.

I-3-3) Analyses par C14 et archéomagnétisme

- Datations C14 sur charbons de bois des mortiers

Au cours de ce travail pluridisciplinaire, des charbons de bois ont été prélevés des mortiers et analysés par la méthode du radiocarbone au laboratoire de Lyon. Les résultats des datations individuelles de ces échantillons sont reportés dans le tableau 23.

maçonnerie	référence de la datation	âge BP	intervalle de confiance (95%)
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
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

Tableau 23 : datations radiocarbone de charbons de bois extraits de mortiers de Notre-Dame-sous-Terre.

- Archéomagnétisme

107 briques ont été prélevées par carottage et ont fait l'objet d'une analyse pour la détermination des paramètres de l'archéomagnétisme au laboratoire de Rennes. Les directions d'aimantation mesurées étant très dispersées, elles ne permettent pas de déterminer une inclinaison moyenne significative pour la datation. En revanche elles fournissent des informations d'ordre technologique, sur la position des briques au moment de la cuisson. Ainsi la reconstitution des positions de cuisson révèle que la cuisson des briques s'est probablement effectuée en meule. D'autre part, aucune aimantation secondaire liée à un

incendie n'est décelée. Enfin, les mesures d'archéointensité pour chacune des deux phases définies archéologiquement fournissent une valeur moyenne de $69,1 \pm 1,2 \mu\text{T}$ pour l'état 1 et $68,3 \pm 1,6 \mu\text{T}$ pour l'état 2 (Lanos, dans Sapin *et al.*, 2008). Cependant ces valeurs ne peuvent permettre une datation compte tenu du manque de données pour la période [500 ; 1000] ap. J.C. de la courbe de référence de variation séculaire de l'intensité du champ géomagnétique

I-4) Problématiques

I-4-1) L'incendie à la fin X^e – début XI^e siècle

La première question concerne l'hypothèse de l'incendie survenu entre 991 et 1009 « ravageant les églises de l'abbaye » mentionné dans le Cartulaire montois. Il s'agit de vérifier si, comme les comptes le suggèrent, le feu ayant touché l'abbatiale s'est propagé jusqu'à l'église Notre-Dame-sous-Terre. Si l'église souterraine a effectivement été affectée par cet incendie, alors ses matériaux de construction ont dû subir une montée en température suffisante pour remettre à zéro toute dose d'irradiation préalablement absorbée et accumulée par les minéraux qui les constituent. La méthode de datation par TL permettant de dater la dernière cuisson subie par les minéraux, une étude préliminaire sur les mortiers permet de vérifier quel a été l'impact de cet événement sur les matériaux de construction de l'église. Cette analyse permet en particulier de déterminer si l'événement daté par TL sur les briques est relatif à cet incendie ou à la cuisson inhérente à leur fabrication.

I-4-2) Origine des briques employées au haut Moyen Age

La deuxième problématique archéologique concerne l'origine controversée des TCA utilisées dans les édifices du haut Moyen Age. S'agit-il de remplois antiques, comme le suggère la théorie de Boüard (de Boüard, 1975), ou de productions contemporaines à l'édification de Notre-Dame ?

I-4-3) Phasage du bâtiment primitif

Afin de vérifier l'attribution chrono-typologique de l'édifice et la préciser en proposant des datations plus serrées des différentes phases, il a été décidé de recourir au croisement de toutes les méthodes de datation susceptibles d'apporter des éléments de réponse.

I-5) Le matériel d'étude

I-5-1) Localisation des prélèvements

14 échantillons sous forme de fragments de briques détachés de la maçonnerie au burin et au marteau et des fragments de mortier ont été prélevés.

Phase	Réf	Localisation	Échantillon
			Maçonnerie
1- Murs périmétriques	2	Fenêtre n°65	Bdx8853 Bdx8854 Bdx8856
	4	Fenêtre n°63	Bdx8858 Bdx8859
	6	Fenêtre n°62	Bdx8861 Bdx8862
	9	Fenêtre n°66	Bdx8866
2- Mur médian	1	Trou de boulin du pilier occidental	Bdx8851
	3	Voûte du l'arc oriental, maçonnerie n°27	Bdx8857
2- Sanctuaires orientaux	7	Niche sud de l'abside SE, maçonnerie n°22	Bdx8863
	8	Niche nord de l'abside NE, maçonnerie n°67	Bdx8864 Bdx8865
	5	Tribune	Bdx8860

Tableau 24.: Localisation des 14 échantillons de brique prélevés pour la TL, par maçonnerie et par phase de construction.

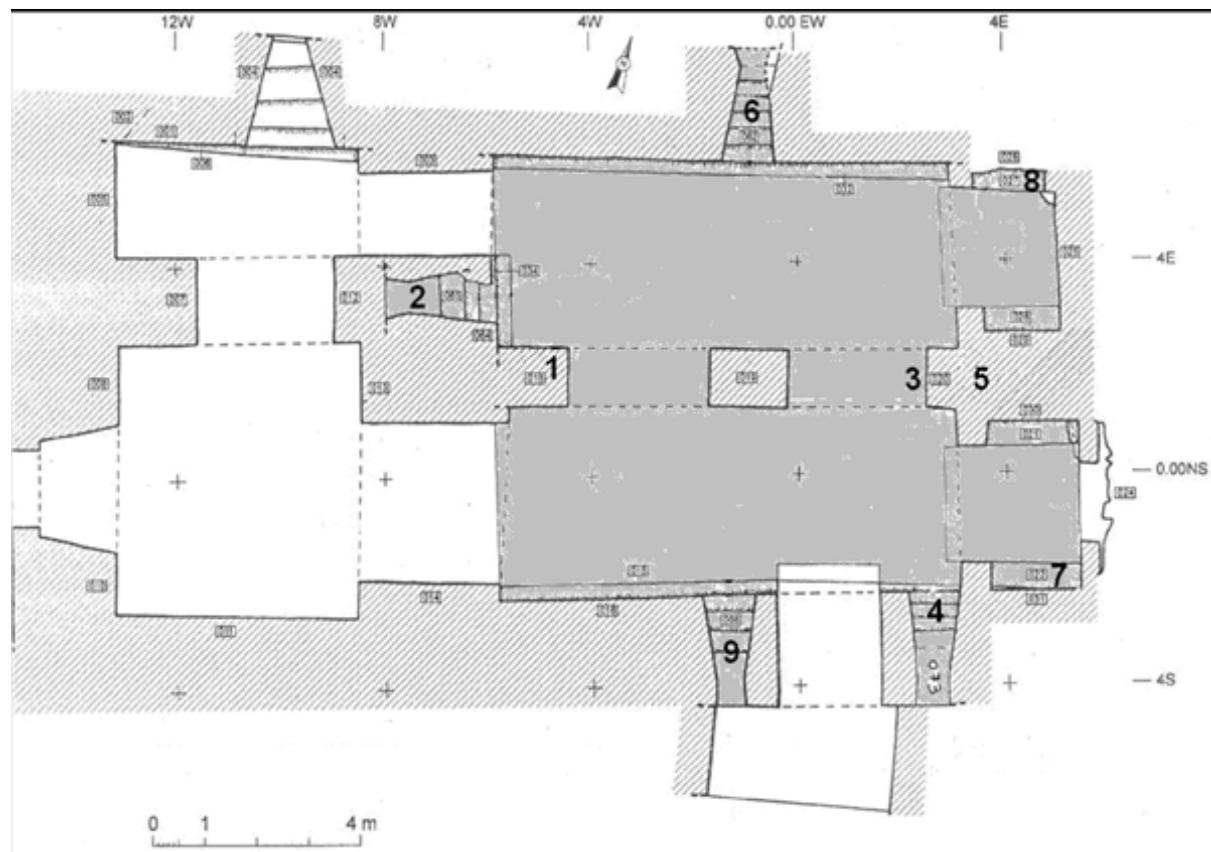


Figure 62 : plan de l'église actuelle de Notre-Dame-sous-Terre (d'après CEM, dans Sapin *et al.*, 2008). Les neuf structures échantillonnées sur l'édifice primitif (en gris) sont numérotées.

I-5-2) Dimensions

Les dimensions moyennes des briques échantillonnées pour leur analyse au laboratoire varient sensiblement. Pour les faces accessibles, les dimensions mesurées varient de 21,5 à 27,5 cm pour les longueurs, une seule largeur a pu être mesurée : 14 cm, et enfin, les épaisseurs, plus régulières, sont comprises entre 3 et 4,5 cm. Nous verrons dans la suite de notre étude si la datation des briques reflète la variabilité de leurs caractéristiques physiques.

I-5-3) Composition élémentaire

L’analyse quantitative élémentaire a été effectuée sur la moitié des échantillons analysés pour la datation. Les résultats sont reportés dans l’histogramme suivant (fig.63)

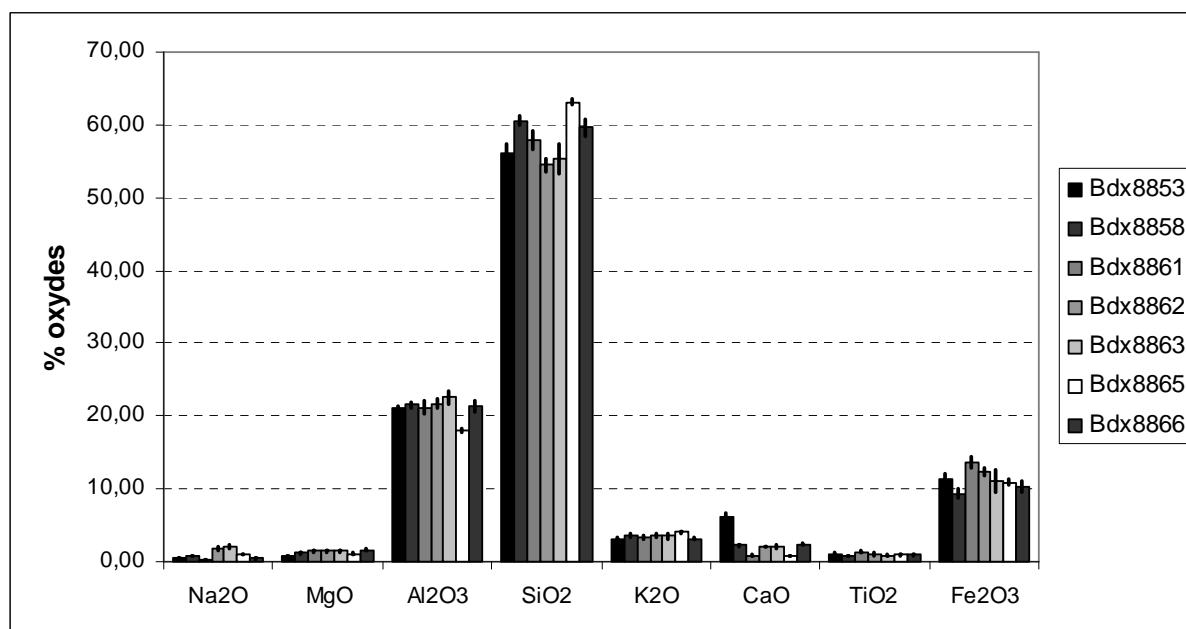


Figure 63 : Composition élémentaire exprimée en pourcentage d’oxydes, par échantillon.

Hormis l’échantillon Bdx8853 qui présente une teneur en CaO plus élevée que les autres échantillons ($6,3 \pm 0,4\%$ pour Bdx8853 contre des valeurs inférieures à 3% pour les autres), la composition des pâtes de l’ensemble des échantillons est relativement homogène à Notre-Dame-sous-Terre ; les teneurs en SiO₂ varient de 55 à 63%, celles d’Al₂O₃, de 18 à 22% et enfin celles de Fe₂O₃, de 10 à 14%. On a affaire ici à des pâtes de nature essentiellement siliceuse.

II) Datation par TL de la cuisson des briques

Les résultats sont ici présentés en fonction des différentes phases de construction de l'édifice primitif préalablement proposées par le CEM. Ils ont fait l'objet d'une publication détaillée (Blain *et al.*, 2007).

II-1) Etudes préliminaires

II-1-1) Détermination de l'événement daté : incendie ou fabrication des briques ?

Les mortiers adjacents aux deux briques Bdx8858 et Bdx8861, situées dans la partie orientale de l'église, soit la zone potentiellement touchée par l'incendie entre 991 et 1009, ont fait l'objet d'une analyse TL sur leurs minéraux silicatés de dimensions comprises entre 80 et 200 μm . Une simple comparaison est effectuée entre le signal naturel et le signal naturel avec ajout de dose (de l'ordre de la dose reçue archéologiquement depuis la fabrication du mortier jusqu'à son analyse au laboratoire).

Les résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous. A titre de comparaison, les données pour la même expérience réalisée sur les briques respectives sont également représentées.

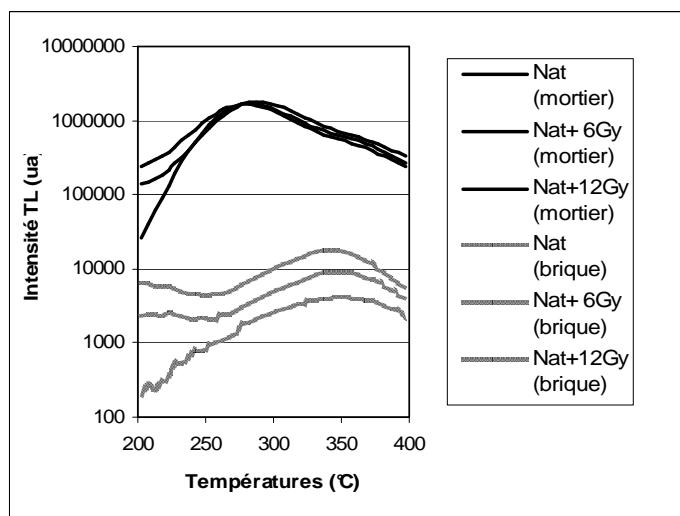


Figure 64 : Comparaison entre les courbes TL du mortier (en noir) et celles des briques (en gris) (échelle logarithmique).

Pour les minéraux extraits des mortiers, les signaux de la TL naturelle et de celle naturelle avec dose ajoutée ne varient pas selon la dose administrée, contrairement aux signaux issus des briques. Ce phénomène est caractéristique d'une saturation de l'intensité TL et il est particulièrement visible par analogie avec le signal TL des briques associées (fig.64). Il s'agit ici d'un signal typiquement géologique.

Il apparaît donc au terme de cette étude préalable que les mortiers de l'Eglise Notre-Dame-sous-Terre n'ont pas subi de chauffe archéologique suffisamment importante pour avoir affecté leur luminescence. L'incendie, s'il a touché l'église souterraine, n'a donc pas eu d'impact conséquent sur les matériaux de construction. On suppose donc que la TL des briques sera bien celle relative à la cuisson qu'elles ont subie lors de leur fabrication.

D'autre part, l'analyse par archéomagnétisme de ces briques a abouti aux mêmes conclusions quant à l'incendie. En effet, il n'a été détecté aucune aimantation secondaire, typique d'une cuisson survenue ultérieurement à la première intrinsèque à la fabrication.

II-1-2) Choix de la technique à utiliser

Un premier test a été réalisé sur l'échantillon Bdx8851 pour vérifier si les propriétés TL des minéraux des briques du Mont Saint Michel sont exploitables dans le but de dater. L'analyse TL a été menée sur des petites inclusions, incluant des quartz, des feldspaths et autres aluminosilicates. On procède à une détermination classique de la dose équivalente et à l'étude du fading.

L'étude du fading, intrinsèque à l'utilisation de matériau polyminéral, révèle une évolution complexe du signal de TL en fonction du temps écoulé depuis l'irradiation (fig.65). Une apparente stabilité est observable pendant quelques semaines, suivie par une décroissance de l'intensité après deux semaines. Le type de variation peut être interprété comme le résultat de deux mécanismes opposés, provenant probablement de phases minérales différentes, un fading anormal global selon une variation logarithmique classique avec le temps (Zink, 1996), compensé durant les premiers jours de mesure par une croissance asymptotique de la TL.

La détermination de la dose équivalente est réalisée simultanément à l'étude du fading. L'âge obtenu après cette étude préliminaire (sans correction du fading, compte tenu de l'impossibilité de corriger un tel phénomène), est incompatible avec les données archéologiques et historiques : 1195 ± 40 ap.J.C. pour un édifice du X^e siècle.

Ainsi, on préfère renoncer à la technique des petites inclusions polyminérales et recourir à la technique des grains de quartz. Ce choix permet ainsi d'éviter la contrainte liée au fading et à son étude.

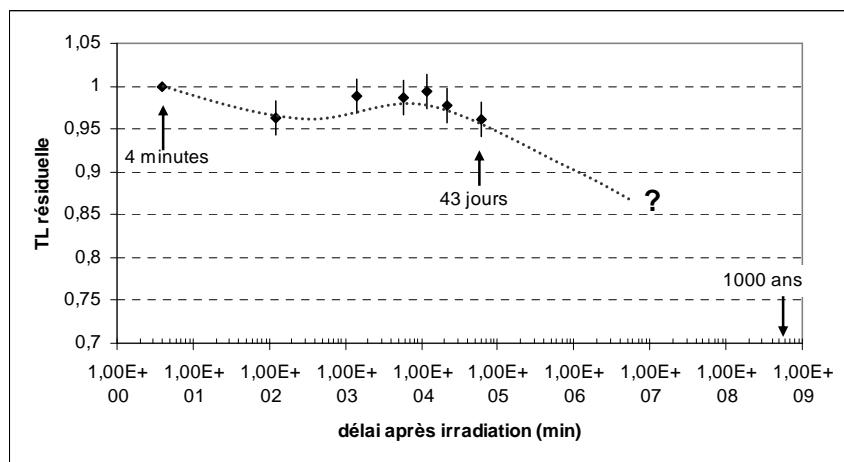


Figure 65 : Etude du fading sur l'échantillon Bdx8851. Le graphique montre une fonction complexe qui semble résulter d'une combinaison d'un fading anormal avec une composante d'abord croissante, puis stable.

II-2) Détermination de la dose équivalente

La dose équivalente a été évaluée par la procédure des ajouts de dose et régénération (Guibert *et al.*, 1996) sur cristaux de quartz, utilisant la technique des gros grains ou celle des petites inclusions. Les températures de remise à zéro, les résultats des mesures de dose équivalente et la valeur *k* pour chaque échantillon sont reportés dans le tableau 25.

Echantillon	Technique	Temp. remise à zero (°C)	D _e (Gy)	k	Domaine du plateau (°C)
8853	GIq	700	4,26±0,50	0,03±0,00	280-400
8854	PIq	700	4,26±0,39	0,03±0,00	280-450
8856	PIq	600	4,62±0,40	0,03±0,00	280-450
8866	GIq	600	4,14±0,31	0,03±0,00	280-400
8861	GIq	600	4,29±0,29	0,06±0,00	280-400
8862	GIq	600	4,08±0,16	0,04±0,00	285-390
8858	PIq	700	5,90±0,62	0,05±0,00	280-450
	GIq	700	4,24±0,39	0,07±0,00	280-420
8859	GIq	600	4,99±0,69	0,10±0,01	280-400
8851	PIq	750	4,89±0,33	0,05±0,00	280-450
8857	PIq	360	5,71±0,40	0,02±0,00	280-450
8864	GIq	600	4,23±0,30	0,04±0,00	300-400
8865	GIq	600	4,83±0,36	0,06±0,00	300-380
8863	GIq	600	4,58±0,28	0,04±0,00	300-380
8860	GIq	700	5,90±0,32	0,06±0,00	280-400

Tableau 25: Valeurs de la dose équivalente déterminée selon la technique utilisée (GIq : « grandes inclusions de quartz » et PIq: « petites inclusions de quartz»); valeur de k, température de remise à zéro et domaine d'intégration des pics de TL pour chaque échantillon.

II-3) Détermination de la dose annuelle

II-3-1) Etude du déséquilibre des chaînes de l'uranium

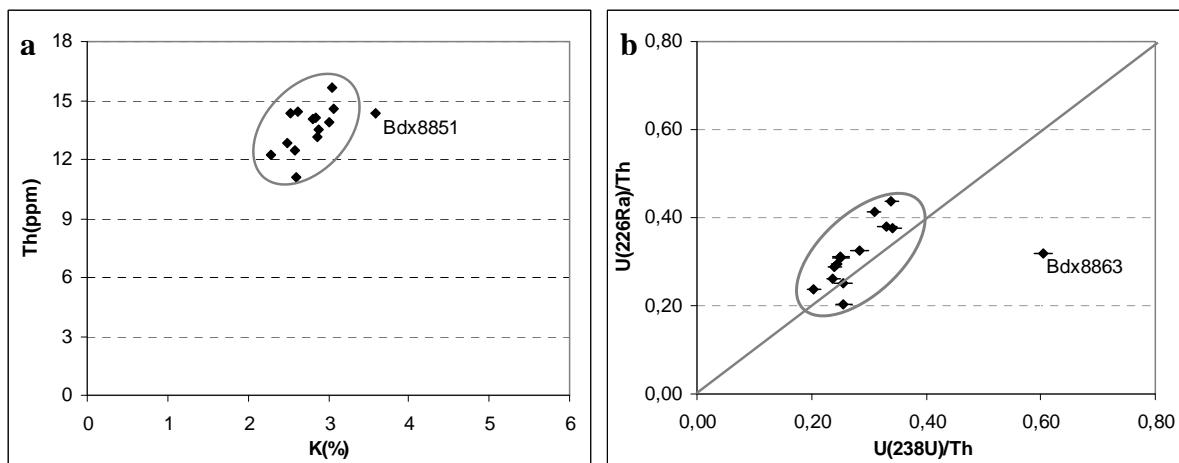
Les contributions équivalentes de K, U et Th sont reportées dans le tableau 26.

Echantillon	K %	U (²³⁸ U) ppm	U (²²⁶ Ra) ppm	Th ppm
8853	2,59±0,04	3,79±0,17	4,17±0,04	11,11±0,13
8854	2,28±0,03	3,47±0,20	3,96±0,04	12,22±0,14
8856	2,59±0,03	3,19±0,18	2,53±0,03	12,43±0,13
8866	2,49±0,04	3,23±0,17	4,03±0,05	12,87±0,15
8861	2,61±0,13	3,53±0,13	4,28±0,04	14,45±0,12
8862	2,52±0,03	3,45±0,16	4,13±0,04	14,37±0,15
8858	2,80±0,04	2,87±0,15	3,36±0,04	14,06±0,14
8859	2,84±0,04	3,61±0,21	3,55±0,04	14,16±0,14
8851	3,05±0,04	5,93±0,06	5,20±0,25	15,67±0,19
8857	3,58±0,05	3,60±0,21	4,44±0,05	14,33±0,17
8864	2,86±0,04	4,06±0,15	5,42±0,05	13,12±0,12
8865	3,01±0,04	4,72±0,15	6,07±0,05	13,89±0,13
8863	2,88±0,04	8,17±0,20	4,33±0,04	13,53±0,14
8860	3,06±0,04	3,47±0,16	3,79±0,04	14,57±0,14

Tableau 26: Composition radiochimique des briques, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond.

Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type.

Bien que les composantes Th et K (fi.66a) semblent se groupées, elles sont relativement dispersées, particulièrement Bdx 8851, qui dérive du groupe. Cette absence d'une tendance générale discernable est probablement liée à une variabilité intrinsèque dans la matière première.



Figures 66 : Etude de la variabilité des radioéléments K et Th (a) et du déséquilibre par l'analyse du rapport des concentrations $U^{(238)U}/Th$ et $U^{(226)Ra}/Th$ (b). La corrélation entre un lot homogène d'échantillons tend à montrer que le léger déséquilibre est plus lié à la mobilité de U, que de Ra.

La figure 66b montre un léger déséquilibre des séries de l'uranium (d'environ 10%) sauf l'échantillon Bdx 8863 qui dévie substantiellement de la tendance générale. La raison de ce déséquilibre n'est pas évidente. Différents modèles expliquant le déséquilibre peuvent être considérés (Guibert *et al.*, 1997 ; Roque *et al.*, 2002), la spectrométrie gamma ne permettant pas d'indiquer l'origine exacte du déséquilibre, puisque le ^{230}Th n'est pas visible avec l'équipement utilisé. L'examen de la distribution des points qui appartiennent à la séquence principale des échantillons (tous sauf Bdx 8863) ne nous permet pas de déterminer clairement si les composantes U ou Ra ont changé, puisqu'elles montrent toutes les deux une relative variabilité, comme une conséquence possible de la variabilité intrinsèque de la matière première. Au contraire, l'échantillon Bdx 8863, avec une contribution en U relativement élevée, tend à prouver que le changement en concentration d'uranium est un phénomène probable ici, au moins pour un échantillon.

Pour cette étude, nous avons finalement choisi de considérer le comportement du groupe de brique comme un ensemble et avons conclu que le système est mieux représenté par des variations de $U^{(238)U}$, ^{235}U , ^{234}U plutôt que par celle s du ^{226}Ra . Par conséquent, la dose annuelle dans la brique aurait été constante si nous considérons le mouvement des radioéléments, en particulier de l'uranium, au sein de ces maçonneries est d'une étendue limitée à cause d'une absence supposée de la circulation d'eau à travers les murs. Ainsi, la matière brute qui compose la brique aurait été soumise à un déséquilibre avant sa fabrication. Le cas particulier de Bdx 8863 pourrait être considéré comme un enrichissement ultérieur en uranium provenant de l'eau d'infiltration, peut-être à cause de sa localisation dans l'église, c'est-à-dire à proximité du bloc de granite du sanctuaire de l'implantation chrétienne primitive.

Les données de conversion d'Adamiec et Aitken (1998) sont modifiées pour prendre en compte le déséquilibre.

II-3-2) Résultats

Le tableau 27 montre l'évaluation de la dose annuelle de la dosimétrie *in situ* et de la gammamétrie mesurée avec un spectromètre portable NaI:Tl.

Maçonnerie	Echantillon	Dose annuelle environnementale (mGy/an), dosimétrie <i>in situ</i>	Dose annuelle environnementale (mGy/an), gammamétrie
Fenêtre n°65	8853	1,412±0,053	1,277±0,027
	8854		
	8856		-
Fenêtre n°66	8866	1,360±0,049	1,337±0,029
Fenêtre n°62	8861	1,291±0,037	-
	8862		
Fenêtre n°73	8858	1,308±0,036	-
	8859		
Épi median	8851 (trou de boulin)	1,490±0,065	1,333±0,029
	8857 (voûte d'arc)	1,494±0,040	
abside n°27	8864	1,471±0,049	1,337±0,029
	8865		
abside n°22	8863	1,236±0,036	1,279±0,028
tribune	8860	1,523±0,043	1,349±0,029

Tableau 27: Détermination de la dose annuelle environnementale par dosimétrie *situ* et par gammamétrie.

Les valeurs de gammamétrie sont généralement plus faibles que celles de dosimétrie *in situ*, cette différence étant probablement liée à un effet de géométrie. En fait, le spectromètre moyenne les valeurs obtenues de l'environnement de la maçonnerie avec un effet de lissage sur les résultats. Les valeurs du dosimètre sont liées à des mesures plus locales parce qu'elles viennent du cœur de la maçonnerie où la brique a été prélevée. Par conséquent, les données de dosimétrie locale ont été préférées pour calculer la dose annuelle (tableau 28).

Echantillon	I_α (mGy/an)	I_β (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	$I_{\text{tot}} \pm \sigma_{\text{total}}$ (mGy/an)
8853	0,07±0,01	2,54±0,09	1,41±0,05	4,02±0,15
8854	0,53±0,02	2,50±0,09	1,41±0,05	4,45±0,16
8856	0,40±0,02	2,60±0,09	1,37±0,05	4,37±0,16
8866	0,06±0,01	2,46±0,08	1,36±0,05	3,88±0,15
8861	0,15±0,01	2,61±0,13	1,29±0,04	4,05±0,18
8862	0,09±0,01	2,53±0,09	1,29±0,04	3,91±0,15
8858 (PIq)	0,82±0,07	2,85±0,10	1,31±0,04	4,98±0,20
8858 (GIq)	0,16±0,01	2,64±0,09	1,31±0,04	4,10±0,15
8859	0,23±0,02	2,72±0,09	1,31±0,04	4,26±0,16
8851	0,12±0,07	2,64±0,09	1,49±0,07	4,46±0,17
8857	0,40±0,02	3,56±0,12	1,41±0,04	5,46±0,21
8864	0,10±0,01	2,87±0,10	1,47±0,05	4,45±0,17
8865	0,18±0,01	3,07±0,10	1,47±0,05	4,72±0,18
8863	0,18±0,01	3,00±0,10	1,24±0,04	4,35±0,17
8860	0,16±0,01	2,89±0,10	1,52±0,04	4,57±0,17

Tableau 28: Contributions à la dose annuelle des briques de Notre-Dame-Sous-Terre. Les incertitudes sont données à un sigma.

II-4) Datation

Echantillon	D _e (Gy)	I _{total} (mGy/an)	Age $\pm\sigma_{\text{total}}$ (an)	σ_{stat} (an)
8853	4,26 \pm 0,50	4,02 \pm 0,15	1059 \pm 131	125
8854	4,26 \pm 0,39	4,45 \pm 0,16	959 \pm 93	86
8856	4,62 \pm 0,40	4,37 \pm 0,16	1057 \pm 100	92
8866	4,14 \pm 0,31	3,88 \pm 0,15	1065 \pm 89	79
8861	4,29 \pm 0,29	4,05 \pm 0,18	1059 \pm 85	76
8862	4,08 \pm 0,16	3,91 \pm 0,15	1044 \pm 56	41
8858 (PIq)	5,90 \pm 0,62	4,98 \pm 0,20	1185 \pm 133	126
8858 (GIq)	4,24 \pm 0,39	4,10 \pm 0,15	1035 \pm 103	96
8859	4,99 \pm 0,69	4,26 \pm 0,16	1173 \pm 168	162
8851	4,89 \pm 0,33	4,46 \pm 0,17	1011 \pm 75	68
8857	5,71 \pm 0,40	5,46 \pm 0,21	1047 \pm 82	73
8864	4,23 \pm 0,30	4,45 \pm 0,17	952 \pm 75	67
8865	4,83 \pm 0,36	4,72 \pm 0,18	1021 \pm 85	76
8863	4,58 \pm 0,28	4,35 \pm 0,17	1052 \pm 75	64
8860	5,90 \pm 0,32	4,57 \pm 0,17	1289 \pm 84	70

Tableau 29: Résultats de la datation par TL des briques de Notre-Dame-sous-Terre. Les âges TL sont donnés en années avant 2006. Les incertitudes sont données à un sigma. (PIq désigne la technique des petites inclusions de quartz et GIq celle des grandes inclusions de quartz).

Les résultats des datations TL individuelles exprimées en années par rapport à la date de mesure sont reportés dans le tableau 29.

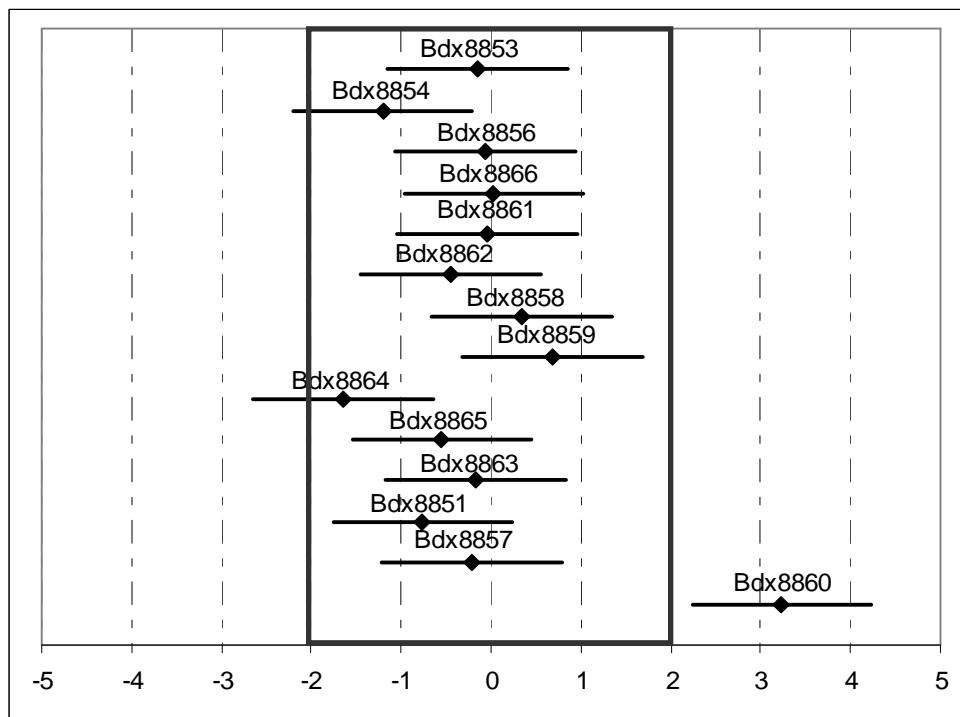


Figure 67: Valeurs d_i ($d_i = (A_i - A_m)/\sigma_{i \text{ stat}}$) où A_i est l'âge (en années) de l'échantillon i , $\sigma_{i \text{ stat}}$ l'incertitude statistique liée à cette valeur et A_m , l'âge moyen (années). Les valeurs hors de l'intervalle [-2; +2] peuvent être considérées comme incompatibles avec le reste du groupe. C'est le cas pour l'échantillon Bdx 8860, avec une valeur de d_i de +3.23.

Le résultat obtenu pour la brique Bdx 8860 localisée à l'étage des tribunes présente une date plus ancienne que le reste. La convergence des résultats est estimée en testant la dispersion expérimentale des mesures d'âge à partir de la distance réduite d_i , entre l'âge individuel et l'âge moyen de la série. Les valeurs de d_i pour chaque échantillon sont reportées dans la figure 67.

L'échantillon Bdx8860 dont la valeur de d_i est de +3,23 est donc à exclure de la datation globale. Avec une date de 716 ± 84 ap.JC, il pourrait être interprété comme une brique de remploi provenant d'un établissement antérieur sur l'île.

Bien que les intervalles des autres dates individuelles ne se distinguent pas suffisamment pour définir des phases différentes dans la construction (fig.68), les dates moyennes de chacune des deux phases de construction définies archéologiquement ont été calculées.

Les dates finales individuelles et moyennées par localisation (maçonnerie, phase de construction) sont reportées dans le tableau 30.

La date globale calculée à partir des seuls résultats TL pour la construction de la phase 1 est de 952 ± 47 . Pour la seconde phase, la datation moyenne situe sa construction en 986 ± 48 .

L'application d'une courbe de gaussienne tronquée basée sur la combinaison des résultats des mesures physiques et des contraintes archéologiques (phase 2 postérieure à la phase 1) montre que les phases sont séparées par moins de 60 ans avec un niveau de confiance de 68%, par moins de 104 ans avec un niveau de confiance de 95%.

Echantillon	Dates(AD) $\pm 1\sigma_{\text{total}}$ (an.)	Écart type (an.)	Maçonnerie	Dates(AD) $\pm 1\sigma_{\text{total}}$ (an.)	Écart type (an.)	Phase	Dates(AD) $\pm 1\sigma_{\text{total}}$ (an.)	Écart type (an.)			
Bdx8853	947 \pm 131	125	Fenêtre n°65	985 \pm 68	56	1	952 \pm 47	26			
Bdx8854	1049 \pm 93	86									
Bdx8856	947 \pm 100	92	Fenêtre n°66	941 \pm 89	79						
Bdx8866	941 \pm 89	79									
Bdx8861	946 \pm 85	76	Fenêtre n°62	958 \pm 52	36						
Bdx8862	962 \pm 75	41									
Bdx8858 (date combinée)	916 \pm 86	76	Fenêtre n°73	899 \pm 80	69						
Bdx8859	832 \pm 168	162									
Bdx8864	952 \pm 75	67	abside n°27	1021 \pm 62	50	2	986 \pm 48	31			
Bdx8865	985 \pm 85	76									
Bdx8863	954 \pm 75	64	abside n°22	954 \pm 75	64						
Bdx8851	994 \pm 75	68									
Bdx8857	958 \pm 82	73	Épi median	977 \pm 61	50						
Bdx8860	716 \pm 84	70	tribune	716 \pm 84	70	?					

Tableau 30 : Dates moyennes pondérées finales et incertitudes correspondantes, reportées pour chaque échantillon, chaque maçonnerie et chaque phase.

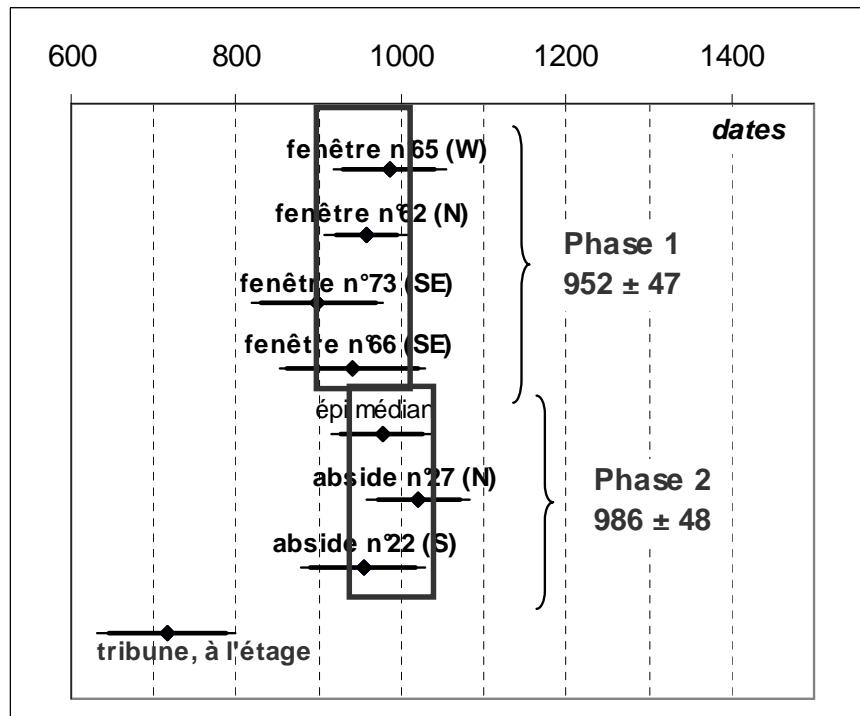


Figure 68 : Résultats des datations moyennes par maçonnerie et par phase de construction pour l'église Notre-Dame-sous-Terre.

Ainsi, les résultats des datations TL, à l'exception de la probable brique de remploi de la tribune, montrent bien que les deux phases définies archéologiquement sont légèrement successives. La première correspond à la construction des murs périphériques de l'édifice primitif, construit vers le milieu du X^e siècle. Ensuite, probablement quelques décennies plus tard, la construction est prolongée par l'ajout des deux sanctuaires orientaux et de l'épi médian.

III) Discussion

Cette étude a tout d'abord permis d'établir que l'incendie survenu vers l'an mil n'a pas eu d'impact sur les propriétés TL des matériaux de construction. Il ne s'agit pas ici d'éliminer définitivement la thèse de cet événement, mais de limiter ses conséquences supposées dévastatrices à la grande abbatiale de Maynard.

La compagnie de mesures a également permis de préciser l'intervalle chronologique dans lequel les briques ont été fabriquées. Ces nouvelles propositions de datation éliminent l'hypothèse de remplois antiques pour la construction de Notre-Dame-sous-Terre et démontrent l'existence d'une activité de production de TCA vers l'an mil en Normandie.

D'un point de vue historique, bien que nous ne soyons en mesure de confirmer l'attribution de la construction initiale de l'église souterraine aux moines bénédictins et à Maynard I^{er}, cette hypothèse ne peut pour autant pas être réfutée. En revanche, il semblerait bien que la seconde phase de construction qui voit l'ajout des absidioles orientales et du mur médian à la fin du X^e siècle ait pu être commanditée par l'abbé.

Enfin, les datations TL des briques concordent relativement bien avec celles en C14 sur les charbons de bois des mortiers (tableau 23) à l'exception d'un charbon provenant de la fenêtre 65 (Lyon-2377) pour laquelle le charbon est antérieur non seulement à la brique, mais également aux autres charbons des mortiers de la même phase architecturale. On observe cependant une tendance générale des âges radiocarbone plus élevés que ceux de la TL, les recouvrements se situant au X^e siècle. Cet écart systématique de 12 ans en moyenne pour la phase 1 et de 48 ans pour la phase 2 peut s'expliquer par un effet "vieux bois" (Sapin *et al.*, 2008).

Cette étude, dont les résultats physiques concordent avec les interprétations archéologiques et historiques, a surtout permis de vérifier les présomptions archéologiques et de démontrer l'intérêt d'une étude pluridisciplinaire croisée entre archéologie et archéométrie.

English summary

Mont-Saint-Michel is a small, rocky island that lies in a shallow tidal bay between Normandy and Brittany in North-western France. In 966, the first official act passed by the Carolingian King Lothar (954-986) allowed the settlement of Benedictine monks on the island with their Abbot, Maynard 1st (965-991) who is likely to have been responsible for the construction of a main abbey on the top of the island, as well as the churches surrounding it. One of these churches, positioned to the west of the island, is known as *Notre-Dame-Sous-Terre*, the subject of this study. A 12th century cartulary, the *Introductio Monachrum*, describes how fire ravaged the main abbey and its churches in around AD 991-1009. The main abbey was repaired and enlarged, but the little church of *Notre-Dame* was preserved and used as a substructure for the new abbey. Thus, it became underground giving rise to the name by which it is known today. Being underground allowed it to be well preserved and is the reason why this small church constitutes today the only standing witness of the monastic origins of Mont-Saint-Michel.

The original building is rectangular in shape (13 x 11 m). The surrounding wall is punctuated by four windows. A median wall made of two arches splits the building into two naves, each with small sanctuaries at the eastern end. Above them is a tribune level. The masonry is made up of granite rubble (Sapin *et al*, 2008) sometimes interrupted by bonding courses of brick. Bricks are also used to turn the round-headed arches. The building as a whole can be typologically evaluated as belonging to the second half of the 10th century (Baylé, 1997; 2000) from comparisons with buildings in the region displaying similar architectural features, along with evidence provided by written records.

When considering the detailed phasing, several hypotheses have been raised since the first archaeological study of the building in the 1960's. The *Monuments Historiques* architect responsible for the first restoration of the church, Yves-Marie Froidevaux, supposed that for liturgical reasons, the building was originally made of two distinct naves in order to imitate the famous sanctuary of Monte Gargano in Italy, the first sanctuary dedicated to St Michael in Western Europe (Froidevaux, 1961). However, fellow archaeologist and historian, Michel de Bouärd, supposed that the early building was made of a unique rectangular room at the beginning of the 10th century, and that only later, at the beginning of the 11th century, was it divided by the median wall (de Bouard, 1961). In 1998, new archaeological studies performed by the team of Christian Sapin from the Centre d'Etudes Médiévales of Auxerre, revealed particularly that the median wall rested against the western wall of the surrounding building. Moreover, the composition of the mortar appeared to be different in the surrounding wall to that of the median wall. It was supposed, therefore, that a first phase would have been the building of the surrounding walls and that the median wall was added in a posterior phase. This division allowed the adjunction of the two eastern sanctuaries. However, no definitive date was proposed for the separate phases.

In order to attempt to provide further precision on the phasing of the church, TL dating was applied on the bricks of the church. However, a preliminary examination was necessary to check if the dated event is actually relating to manufacture, and not the late 10th- early 11th century fire mentioned by the cartularies. Since the mortar used to embed brick or stone also contains minerals, this material could be analysed by TL to determine whether it was affected by an

historical firing or not. The TL results gave a geological date for the mortar, which means that the mortar, and by extension the church, was never affected by a fire strong enough to have altered the material. Consequently, the dated event was assured to be that of the manufacture. The brick sampling strategy was designed in conjunction with archaeologists according to the historical and archaeological questions to be answered. Eight separate areas of masonry were sampled, taking one to four bricks from each site. The paleodose was evaluated using an additive dose and regeneration procedure with quartz mainly a coarse grain (80-200 μ m) protocol but also the fine grain technique with some samples. One of the results obtained from a single brick located on the second floor produced an older date than the rest. By applying the statistical χ^2 test we concluded that this result appeared to deviate significantly from the others. It was decided not to include it in the overall dating of the two building phases and it has been considered to be a reused brick from a previous settlement on the island. Final TL dating results were averaged by building phase considering that all bricks of a given phase were contemporaneous. The final results indicate that the primitive surrounding walls would have been made in AD 950 \pm 50 and that some decades later, probably around AD 990 \pm 50, the middle wall and the eastern apses would have been added. The results seem to be consistent with historical data when we consider that Maynard I is known to have arrived on the island in AD 965. The TL study tends to corroborate the archaeological building studies in confirming the existence of two. Moreover TL dating has been able to establish that the two phases were probably chronologically closer together than the archaeologist Michel de Bouärd supposed when he separated the two phases by a century.

Finally, this study has been able to show that the long supposed theory that in early medieval buildings of north-western France, all bricks were reused ones from nearby abandoned Roman sites (de Bouard, 1975), is no longer valid for every site.

EGLISE NOTRE-DAME-OUTRE-L'EAU, RUGLES

I) Présentation

I-1) Le site et son cadre géographique

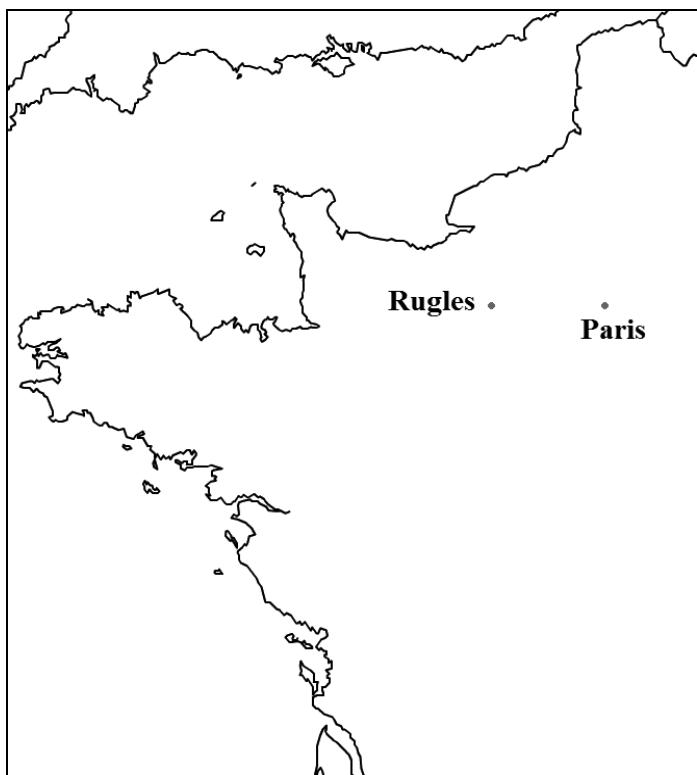
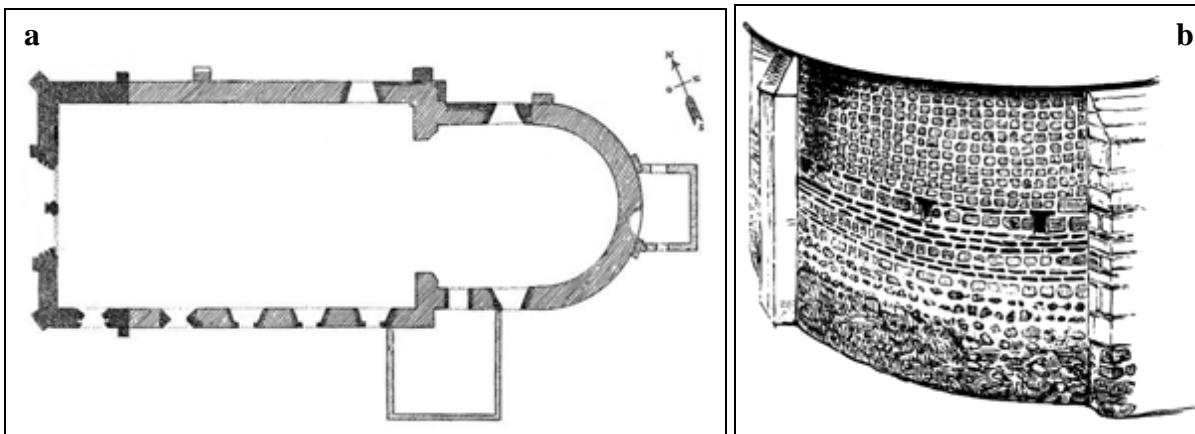


Figure 69 : Localisation de Rugles

La ville de Rugles est située dans le département de l'Eure (Haute-Normandie ; fig.69), sur le passage de la voie antique reliant Lisieux à Condé-sur-Iton (Cliquet, 1993, 237) et est traversée par le cours de la Risle. Il semblerait que la commune doive son développement aux nombreux gisements de minerai de fer qui recèle en sous-sol et dont l'industrie du fer a largement bénéficié depuis l'époque romaine jusqu'à son apogée au XIX^e siècle. Située dans le centre-ville de la ville actuelle, sur la rive orientale de la Risle, la petite église qui va faire l'objet de cette étude est dédiée à Notre-Dame-Outre-l'Eau. Désaffectée depuis la Révolution (c'est aujourd'hui une salle de sports pour la municipalité), l'église a été classée Monuments Historique dans les années 1920. Musset (1973, 32-33) a décrit l'édifice comme un « jalon important de l'histoire de la Renaissance » architecturale normande.

I-2) Description de l’édifice : plan et élévations



Figures 70 a & b : Plan de l’église Notre-Dame du Rugles (d’après Courtil, 1921) ; élévation de l’abside (d’après Caumont, 1886).

L’église Notre-Dame présente un plan simple (fig.70a), constitué d’une nef unique et rectangulaire (18 x 9 m) de trois travées, se prolongeant à l’est par un chevet plus étroit (9 x 6 m) formé d’une travée droite et d’une abside hémicirculaire (Courtil, 1921, 64 ; fig.70b).



Figures 71 a & b : Vue du chevet, côté nord ; vue du mur nord de la nef.

Le mur du chœur (fig.71a), ainsi que le mur nord (fig.71b) et les contreforts peu saillants de la nef sont érigés en briques plates sur un à cinq rangs, alternant avec des bandes de silex et, pour le chœur uniquement, des petits moellons cubiques de pierre de différents calcaires (Courtil, 1921, 65). Les murs de fondation de l’abside sont constitués de gros silex et de mortier. Courtil décrit qu’à l’intérieur de l’abside, au niveau du sol, les assises sont constituées de gros blocs de calcaire équarris (Courtil, 1921, 65). La première assise du mur nord de la nef, partie orientale, présente également un grand appareil de bonne qualité, surmonté d’assises bien alignées de terres cuites généralement entières. On observe une sorte d’*opus spicatum* réalisé en TCA dans la partie supérieure du mur nord de la nef (fig.73b) (Baylé, 1992, 36-37). Le mur sud de la nef, réfection des XVI^e-XVII^e siècles, comprend de nombreuses *tegulae* et plusieurs fragments d’*opus signinum* dans lequel ont été taillés de véritables moellons. On

peut également apercevoir un tambour de colonne ou un fragment de meule inséré dans la maçonnerie au niveau des premières assises visibles à l'extérieur du côté sud de la nef. L'église est dotée au XVI^e siècle d'une façade occidentale en pierre de taille, d'un arc triomphal entre la nef et le chœur remanié en 1769 et d'une charpente en bois pourvue d'éléments sculptés (Coutil, 1921, 64). Aucune des fenêtres d'origine n'a subsisté, celles que l'on peut voir aujourd'hui étant des cintres pleins attribués aux XVI-XVII^e siècles pour le côté sud de la nef, le mur nord étant aveugle.

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

I-3-1) Sources écrites

Il existe très peu de sources écrites historiques relatives à Notre-Dame-Outre-l'Eau qui soient parvenues. Les plus anciennes qui en font mention remontent aux années 1070, dans le cartulaire de Saint-Père de Chartres, où l'on apprend que les droits de l'église passent du comte de Leicester, Robert de Montfort, à l'évêque d'Evreux (Charpillon, 1870 ; Coutil, 1921, 63).

I-3-2) Etudes archéologiques

Par analogie typologique, on peut rapprocher le type de construction de l'église de Rugles à celui des églises de Vieux-Pont-en-Auge et d'Ouilly-le-Vicomte (Musset, 1973, 33 ; Baylé, 1992, 43), ce qui permet une première attribution chronologique de la construction aux alentours de l'an mil.

Hormis les nombreux sites antiques de la région rapportés par les travaux archéologiques (Cliquet, 1993), le site de Rugles a lui-même révélé de multiples indices d'occupation à l'époque gallo-romaine. Dès le milieu du XIX^e siècle, on découvre des artefacts supposés gallo-romains sur le flanc du coteau de la rive droite de la Risle (Delisle & Passy, 1862-9, III). Quelques années plus tard, en 1893, Liger découvre de la céramique sigillée et commune dans les substructions gallo-romaines du site de la rue Fourneau. En 1903, à une vingtaine de mètres de la façade de l'église est dégagé un hypocauste (Coutil, 1921, 73). Enfin, en 1903, Léon Coutil, effectue des fouilles archéologiques dans le sous-sol même de l'église de Notre-Dame. Il parvient ainsi à mettre au jour deux murs gallo-romains perpendiculaires traversant l'abside et construits à l'aide de briques, et deux autres à l'extérieur de la nef, côté nord. Ces murs sont tous parallèles ou perpendiculaires à ceux de l'église actuelle (fig.72). Des éléments de colonnes sont également mis au jour sous l'extrémité orientale de la nef. A proximité, une couche de destruction révèle la présence de divers matériaux de construction tels que des moellons de calcaires taillés, des carreaux de pavement, des briques, des silex. Léon Coutil interprète alors ses découvertes comme les vestiges d'un balnéaire antique (Coutil, 1921, 74). Compte tenu de la qualité et de la régularité de la construction en grand appareil de la première assise hors-sol de la nef côté nord et du type de construction des murs de fondation de l'abside, ces maçonneries pourraient être interprétées comme les vestiges *in situ* d'un édifice romain ou paléochrétien.

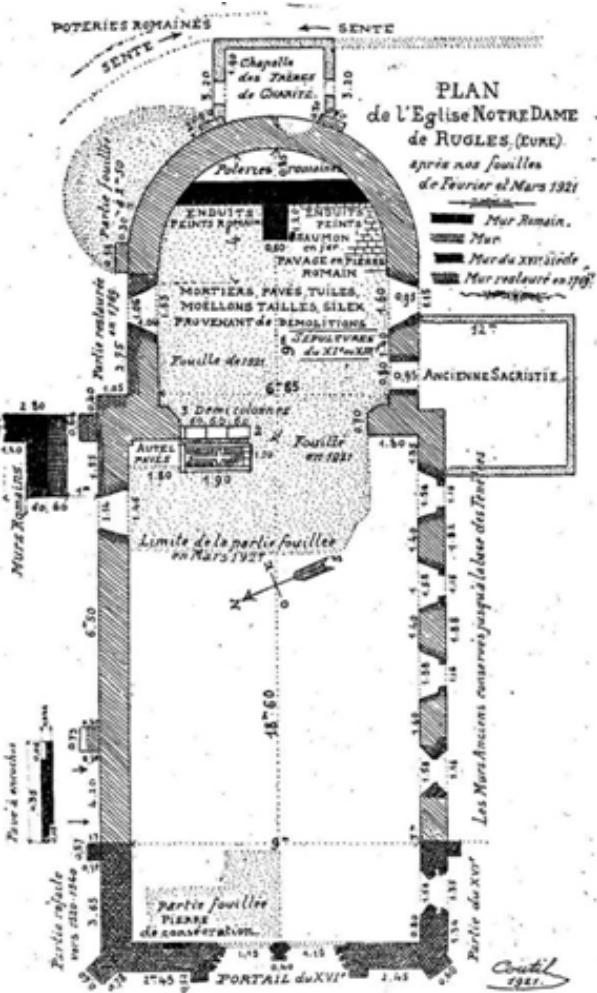


Figure 72 : plan au sol de l'église et des vestiges des structures murales mises au jour par L.Coutil (1921).

I-3-3) Indices archéologiques

Dans le cadre de ce travail de recherche, l'attrait pour cette église réside dans l'alternance du petit appareil avec les lits de briques qu'elle présente. Parmi le matériel céramique architectural, nous avons pu observer des reliquats de béton hydraulique (mortier de tuileau rose) adhérant parfois à certaines briques (fig.74). Celui-ci peut également se trouver, dans le mur sud notamment, sous la forme de blocs indépendants, employés comme moellons. Bien que la fabrication de ce mortier rose se perpétue tout au long du haut Moyen Age, son utilisation comme ersatz de pierre, le détournant ainsi de sa fonction primaire de liant, suggère une récupération et une réutilisation de ce matériau. Dans le mur nord de la nef, on peut noter la présence de *tegulae*, entières ou fragmentaires, disposées de manière à laisser apparent leur profil en forme de Z (fig.73a). Enfin, on remarque que l'ensemble des matériaux utilisés dans ces maçonneries présentent une variété de formes, de couleurs et de dimensions, qu'il s'agisse des moellons de pierre ou des TCA.

Ces indices, ajoutés à l'existence de sites romains à proximité ou sur le site même de l'église, tendent à suggérer une origine antique pour le matériel céramique employé pour la construction de l'édifice au haut Moyen Age.

I-4) Problématiques

Afin de confirmer les présomptions archéologiques, des TCA *a priori* romaines ont été sélectionnées pour en effectuer la datation par luminescence. Des terres cuites d'aspects (taille, texture et couleur) différents ont été sélectionnées afin d'évaluer la permanence du recours au matériau antique entre les différentes parties de l'édifice. D'autre part, dans le cas où il s'agirait de matériau probablement contemporain à la construction, l'objectif est également de proposer une datation absolue à cette dernière.

I-5) Le matériel d'étude : les briques

Dans le cadre de ce travail, cinq échantillons de terre cuite ont été prélevés, parmi lesquels trois ont été divisés entre les deux laboratoires du CRP2A à Bordeaux et de Durham, dans le but d'effectuer une intercomparaison entre les méthodes et techniques employées par chacun des deux laboratoires. Nous ne présentons ici que les résultats obtenus sur ces trois échantillons.

I-5-1) L'abside

Les dimensions des briques varient de 14 à 18 cm pour cette partie de l'édifice (selon le côté exposé dans la maçonnerie).

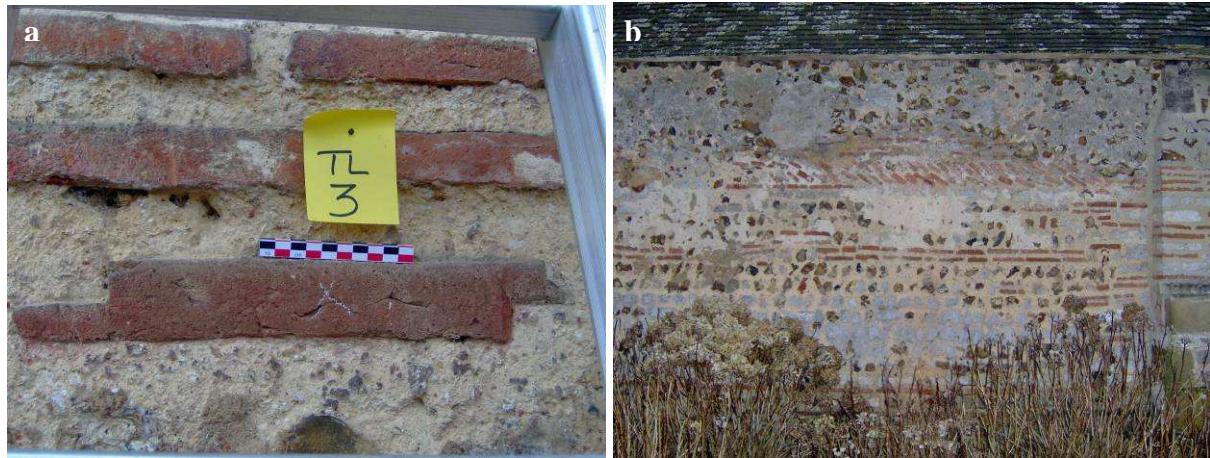
L'échantillon référencé Bdx11979 au CRP2A et Dur346-3 à Durham provient d'une brique d'origine probablement romaine car il y a du mortier de tuileau en adhérence. La brique, biseautée, présente une largeur de 16 à 19 cm et mesure 5 cm d'épaisseur. L'échantillon lui-même se présente sous la forme d'une carotte de 3,6 cm de diamètre et 13 cm de profondeur.

I-5-2) Le mur nord de la nef

Les dimensions des briques dans le mur nord de la nef paraissent plus importantes que celles de l'abside, variant de 25 à 37 cm. Dans la partie supérieure du mur, quelques briques présentent des encoches ou tenons de 5 cm de long aux extrémités ; on a vraisemblablement affaire ici à des *tegulae*.

Pour cette partie de l'édifice, deux briques ont été carottées.

Le premier prélèvement : Bdx 11982 (ou Dur346-1 pour Durham) provient d'une brique de la partie supérieure du mur au niveau d'un élément de l'appareillage rappelant un *opus spicatum* (fig.75a). La brique mesure 3 cm d'épaisseur, 19,5 cm de large ; la carotte elle-même a un diamètre de 3,6 cm et une longueur de 15 cm. Le deuxième échantillon de la nef, Bdx 11983 (ou Dur346-2), provient du deuxième rang de brique au-dessus du ressaut du mur de fondation (fig.75b). La brique mesure 4cm d'épaisseur et 38 cm de long. La profondeur du carottage est de 19,5 cm et son diamètre de 3,6 cm.



Figures 73 a & b : *Tegula* entière réemployée dans la maçonnerie du mur nord de la nef ; *opus spicatum* dans la partie supérieure du mur nord de la nef.



Figure 74 : Brique Bdx11979 / Dur346-3 avant prélèvement (on peut voir sur sa face inférieure des restes de béton hydraulique).



Figures 75 a & b : Vue des prélèvements Bdx11982/Dur346-1 (de l'*opus spicatum*) et Bdx11983/Dur346-2, dans la partie inférieure du mur nord de la nef.

II) Datation par luminescence de la cuisson des briques

II-1) Étude de la nature et de la morphologie des grains utilisés pour la datation

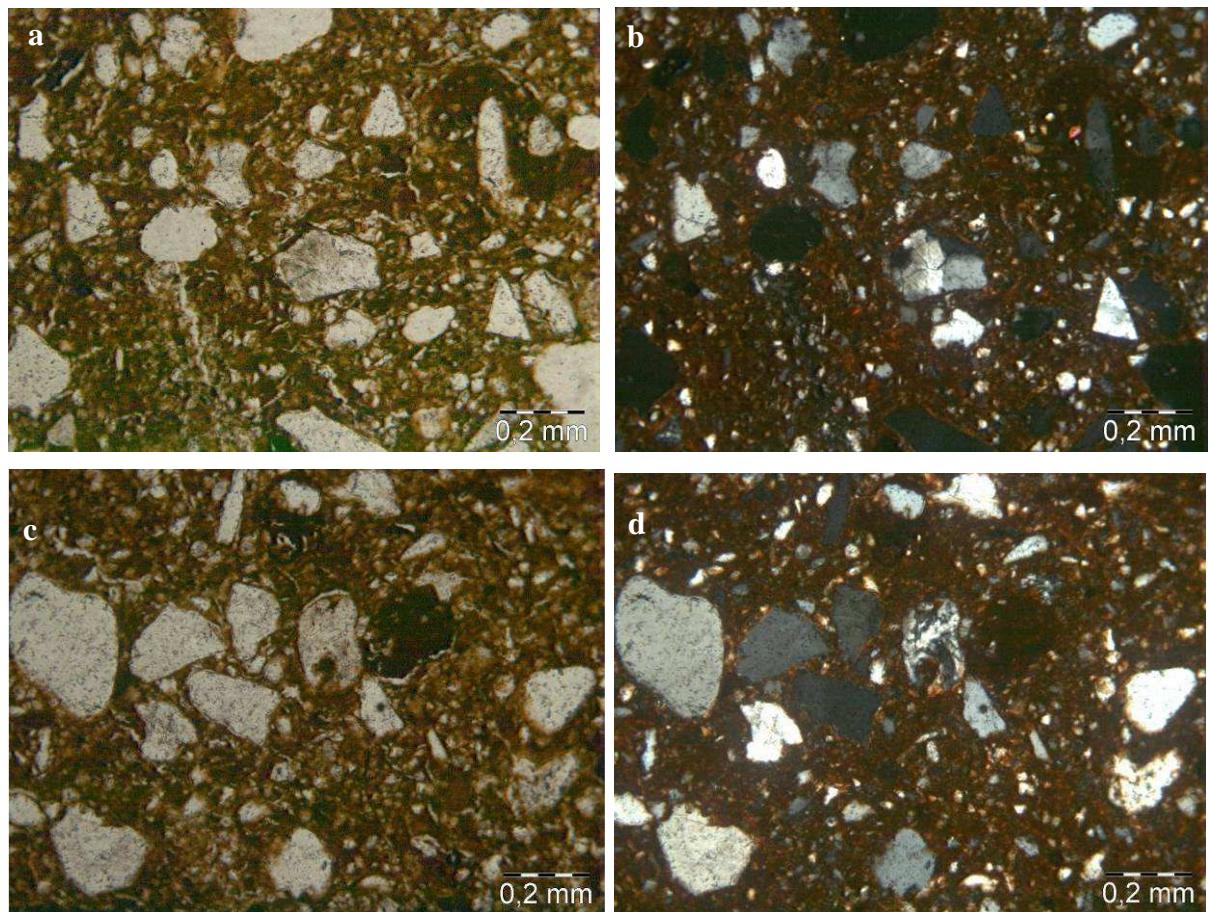
II-1-1) Texture

Les échantillons Bdx 11982 et Bdx 11983 ont fait l'objet d'une étude détaillée de leur texture et des grains.

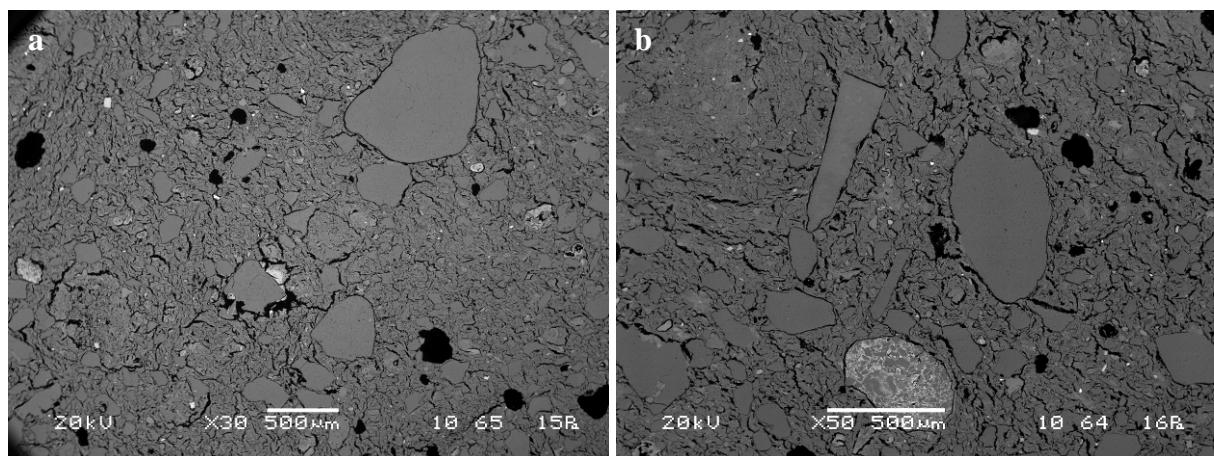
L'échantillon Bdx11982 contient une abondance d'inclusions non plastiques de granulométrie hétérogène. Les inclusions les plus fines sont de dimensions inférieure à 40 µm. La fraction grossière est globalement supérieure à 100 µm de diamètre, voire jusqu'à 300-500 µm, pour laquelle on observe deux types de grains : émuossés (fig.77a) et anguleux (fig.77b). Des fragments de roches (fig.76b & 85b) sont identifiables, ainsi que des quartz polycristallins (fig.76a).

L'échantillon Bdx11983 présente un réseau poreux bien développé. La pâte contient des inclusions très fines, inférieures à 25 µm de diamètre (fig.79a) et une fraction minéralogique plus grande, très abondante et très homogène en taille (100 µm) (fig.78a, b & 87b). On a donc certainement eu affaire ici à un ajout de dégraissants pour limiter la plasticité de l'argile. On observe principalement des minéraux de forme émuossée, essentiellement des quartz monocrystallins (fig.78a, b & 87b) et peu de feldspaths, ainsi que de quelques fragments de roche (fig.79b). De gros grains ferrugineux et des nodules ferro-manganiques concentriques (résultant d'un phénomène pédogénétique) ont également été identifiés (fig.78c & d).

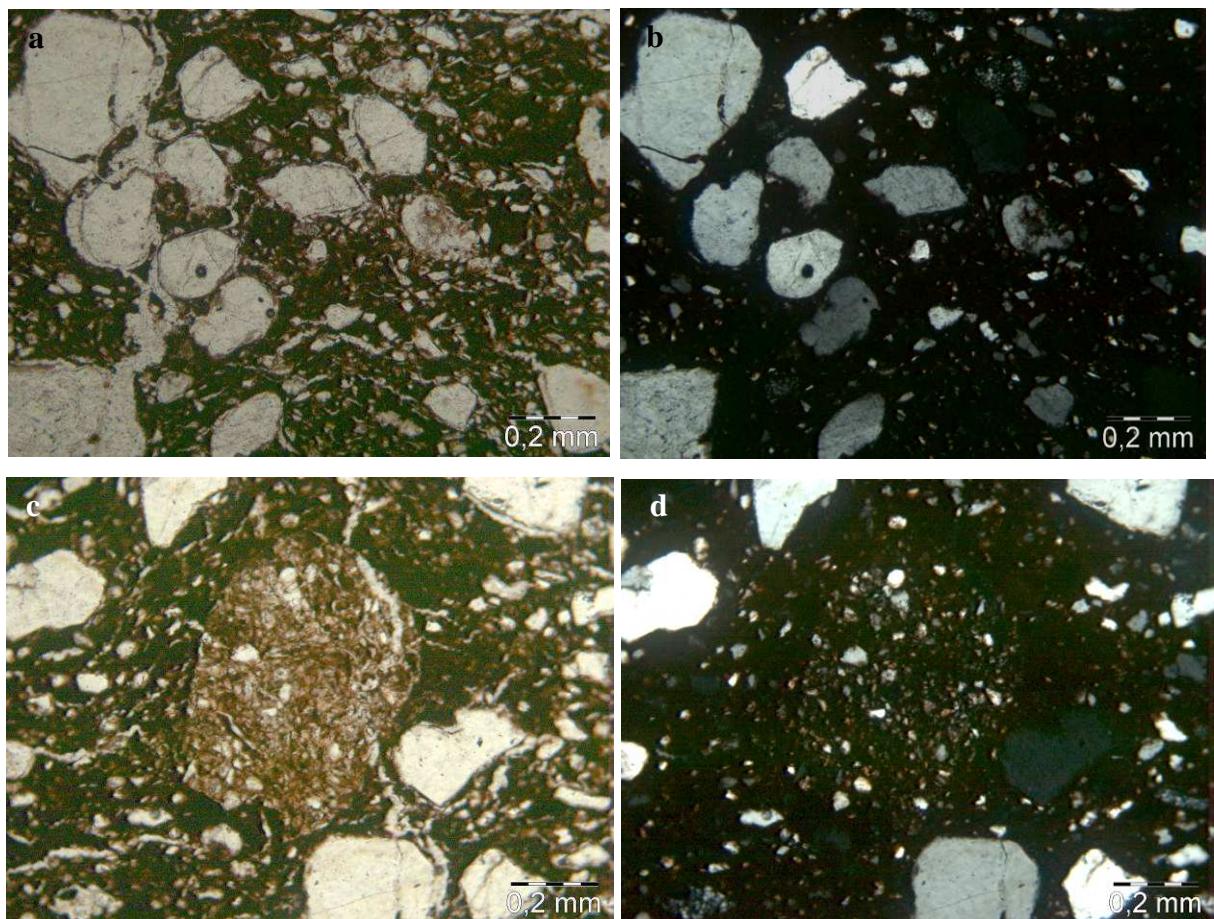
A Bordeaux, les informations issues de l'étude de la texture des échantillons, ainsi que de leur composition minéralogique ont conduit au choix de la technique des petites inclusions polyminérales. Lorsque la quantité de matière s'est avérée suffisante pour la réalisation d'expériences sur multiples aliquotes – comme ce fut le cas pour l'échantillon Bdx11982 -, la détermination de la paléodose s'est faite à partir des deux techniques dans un but de comparaison des résultats. A Durham, la technique de la SAR nécessitant moins de matière, les expériences de détermination de la paléodose ont été réalisées sur grandes inclusions de quartz de dimensions comprises entre 90 et 150 µm. D'autre part, des analyses supplémentaires ont été réalisées sur ces mêmes grains, par ICP-MS, afin de vérifier leur composition en radioéléments et, le cas échéant, d'en évaluer la contribution à la dose reçue annuellement par ces grains.



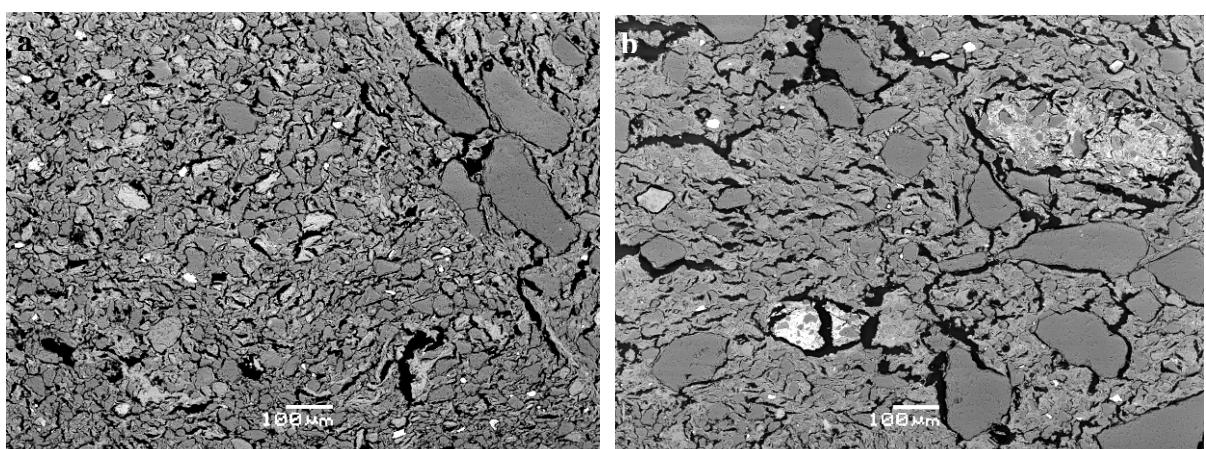
Figures 76 : Bdx11982 : Images au microscope polarisant : lumière polarisée non analysée (a & c) et polarisée analysée (b & d) x100: abondance d'inclusions soit très fines (inférieures à 40µm), soit grossières (diamètre supérieur à 100µm), réparties de manière hétérogène. Les grandes inclusions comprennent des grains polycristallins (b) et des fragments de roche (d).



Figures 77 a & b : Bdx11982 : Imagerie en mode électrons rétrodiffusés au MEB x30 (a) et x50 (b): abondance de fines inclusions et présence de grandes inclusions de forme relativement anguleuse pour certaines (b) et très émoussées pour d'autres.



Figures 78 : Bdx11983 : Images au microscope polarisant, lumière polarisée non analysée (a & c) et polarisée analysée (b & d) x100 : abondance de très grosses inclusions dans une pâte fine. On note un réseau poreux important.



Figures 79 a & b : Bdx11983 : Imagerie MEB en mode rétrodiffusés x100 : on observe une pâte très fine avec un abondance de grandes inclusions de diamètre supérieur à 100 μm . Les petites inclusions qui apparaissent en surbrillance sur l'image correspondent à des grains de fer ou de titane.

II-1-2) Composition élémentaire

L’analyse quantitative élémentaire par spectrométrie de rayons X en dispersion d’énergie a été effectuée sur poudre pour les trois échantillons. Les analyses sont normalisées à 100 %. Les briques analysées présentent une nature siliceuse (teneurs en SiO_2 qui varient entre 64,41 et 69,16%), la teneur en CaO n’excédant pas les 2% (fig.80).

La composition des pâtes semble globalement homogène. Les teneurs en K_2O et Al_2O_3 sont sensiblement uniformes d’un échantillon à l’autre (de 1,13 à 1,60% et de 12,14 et 14,86%, respectivement). On note en revanche une sensible différence entre le duo Bdx11979 – Bdx 11982 présentant une teneur en Fe_2O_3 de 12,26 et 12,39%, et l’échantillon Bdx11983 dont la teneur en Fe_2O_3 est plus élevée (17,2%). Cependant ces différences restent ténues.

Nous verrons dans la deuxième partie de cette étude si les datations corroborent cette homogénéité dans la composition.

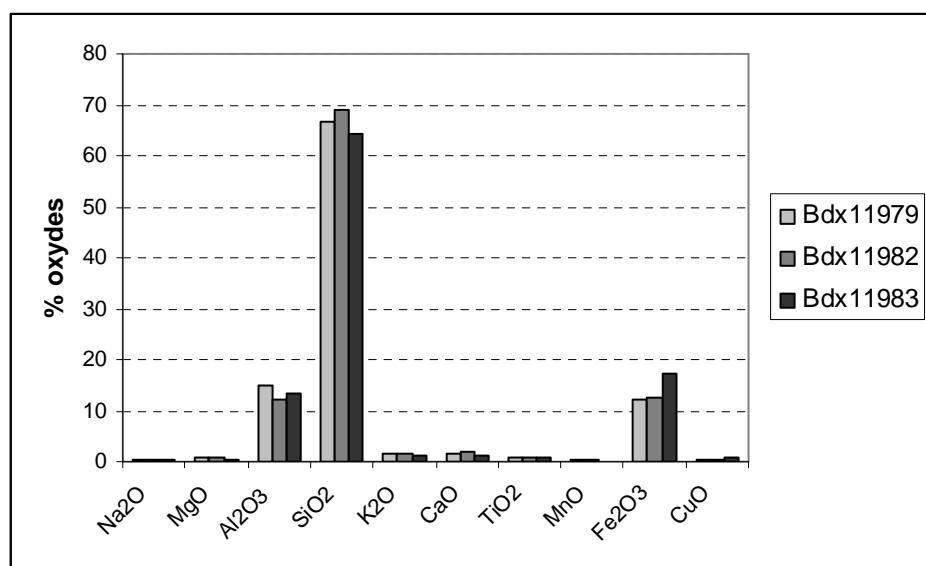


Figure 80 : Histogramme des compositions des briques de Rugles (exprimées en pourcentages pondéraux d’oxydes).

II-2) Détermination de la paléodose

Lorsque cela a été possible, les deux techniques ont été utilisées en TL pour déterminer la valeur de la paléodose à Bordeaux. Il s’agit de la technique des grandes inclusions de quartz (GI) seulement de diamètre variant de 80 à 200 μm et de celle des petites inclusions polyminérales (PI) de dimensions comprises entre 3 et 12 μm , comprenant des quartz, des feldspaths et autres aluminosilicates. La présence de ces derniers minéraux dans ce mélange pour les trois échantillons a nécessité des expériences complémentaires pour évaluer la stabilité des signaux de TL au cours du temps, et en particulier de déterminer l’existence d’un *fading* de la TL (Sanderson, 1988 ; Tyler & Mc Keever, 1988 ; Visocekas *et al.*, 1994 ; Zink, 1996).

A Durham en revanche, la détermination de la paléodose s'est effectuée sur les grandes inclusions de quartz uniquement, de dimensions comprises entre 90 et 150 μm , selon la technique de la SAR en OSL. Bien que l'utilisation de cette espèce minérale ne requière pas l'étude de la stabilité de la luminescence, des expériences supplémentaires ont été menées sur l'échantillon Bdx11982/Dur346-1 à Durham dans un but d'intercomparaison de l'évolution du fading. Ces manipulations ont été réalisées sur des grandes inclusions (90-150 μm) de feldspaths potassiques et de petites inclusions polyminérales non-traitées (2-10 μm). Ces échantillons ont alors été blanchis pendant 100 s, à une température de 280 °C. Une dose β de ~10 Gy leur a ensuite été administrée. Le signal d'IRSL correspondant, précédé d'un préchauffage (220 °C, 10 s) et enregistré à 75 °C pendant 100 s, a été enregistré après des périodes de stockage variant de 200 s à 73 h (Kars *et al.*, 2008), effectué dans l'obscurité et à température ambiante, selon les mêmes conditions qu'à Bordeaux. Le rapport de l'IRSL immédiate sur l'IRSL différée a ensuite été étudié. Enfin, les fadings enregistrés en TL sur petites inclusions traitées (Bordeaux) et en IRSL sur grandes inclusions de feldspaths et petites inclusions non-traitées (Durham) ont été comparés.

II-2-1) Test du fading

- Un exemple de fading selon l'effet tunnel : l'échantillon Bdx11979/Dur346-3

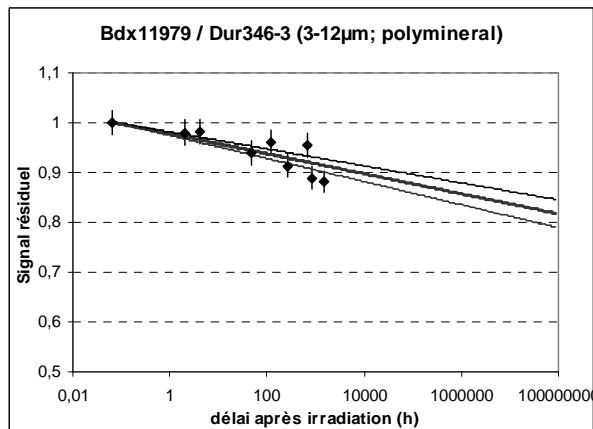
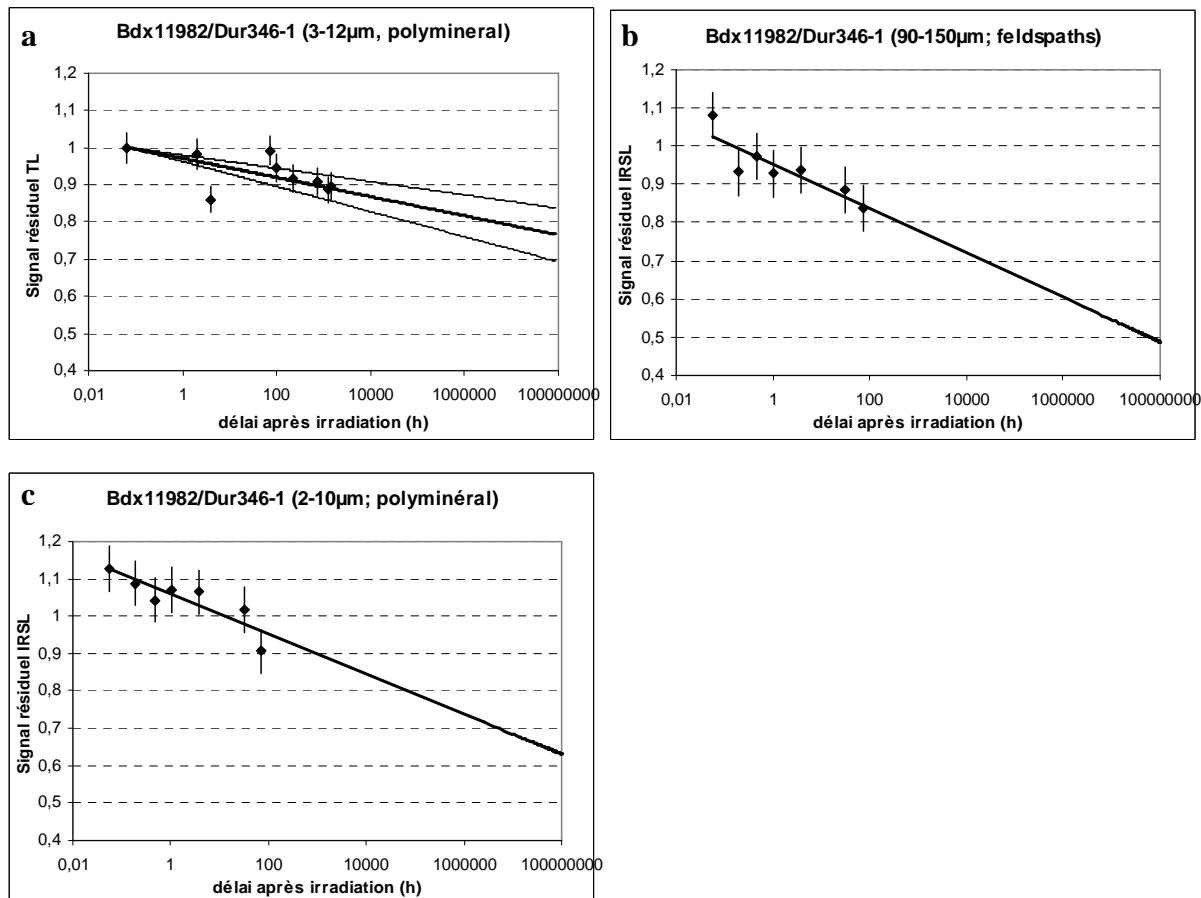


Figure 81 : Bdx 11979/Dur346-3: Étude de la stabilité des signaux de TL : existence d'un *fading*, qui n'atteint pas de niveau stable après 2 mois de délai. La courbe ajustée aux points expérimentaux correspond à une loi déduite du modèle de recombinaison par effet tunnel (de type logarithmique). L'ajustement selon un modèle de décroissance logarithmique caractéristique des pertes par effet tunnel des feldspaths convient.

La décroissance du signal de TL en fonction du temps de stockage enregistré à Bordeaux sur les petites inclusions polyminérales de Bdx11979/Dur346-3 indique la persistance du fading après deux mois (fig.81) et le comportement logarithmique est cohérent avec celui prévu par une recombinaison selon le modèle de l'effet tunnel (Visocekas *et al.*, 1994 ; Zink, 1996).

- Intercomparaison des fadings de TL et d'IRSL : échantillon Bdx11982/Dur346-1



Figures 82 : Bdx11982/Dur346-3: Étude de la stabilité des signaux de TL (a) et d'IRSL (b & c) sur petites inclusions polymimétales (a & c) et sur grandes inclusions de feldspaths (b): existence d'un *fading* anormal. Les courbes tracées ajustées aux points expérimentaux correspondent à des lois déduites du modèle de recombinaison par effet tunnel (de type logarithmique). L'ajustement selon un modèle de décroissance logarithmique caractéristique des pertes par effet tunnel des feldspaths convient pour cet échantillon, quels que soient la granulométrie, la minéralogie et/ou le type de stimulation.

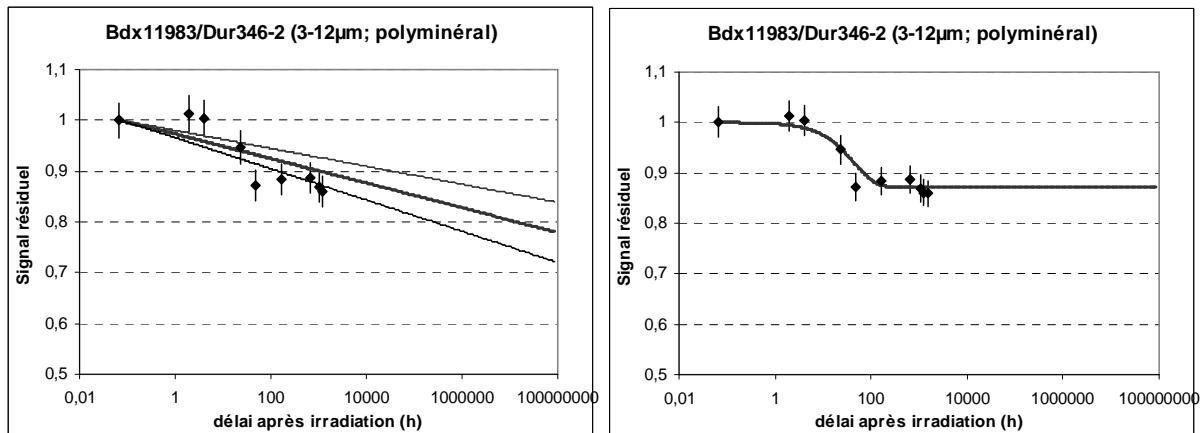
Méthode	Résiduel= $\text{Lum}_{\text{diff}(72h)}/\text{Lum}_{\text{imm}}$
TL (3-12 μm, polymimétal)	0,99
IRSL (90-150 ; K-feldspaths)	0,84
IRSL (2-10 μm, polymimétal)	0,91

Tableau 31 : Echantillon Bdx11983/Dur346-1 : rapport entre le signal de luminescence différé de 72h et le signal immédiat.

Pour cet échantillon, la perte des signaux d'IRSL et de TL est similaire et suit également une décroissance logarithmique avec le temps (fig.82). Le taux de perte de la TL est cependant beaucoup plus lent qu'en IRSL (tableau 31).

Pour ces deux échantillons, les âges TL sur petites inclusions ont été corrigés du fading selon le modèle de recombinaison par effet tunnel (logarithmique) extrapolé (Visocekas, 1985).

- Cas complexe : le modèle de l'effet tunnel n'est pas approprié : Bdx11983/Dur346-2



Figures 83 a & b : Bdx11983/Dur346-2: Étude de la stabilité des signaux de TL : comparaison entre la TL enregistrée après un délai entre l'irradiation et la lecture TL, allant de 2 heures à 2 mois, et la TL enregistrée immédiatement après l'irradiation. Quel que soit ce délai, la TL correspondante est inférieure à la TL mesurée immédiatement après l'irradiation, ce qui conduit à un rapport inférieur à 1. Pour cet échantillon, 2 modèles de recombinaison peuvent être suggérés. Le premier correspond à la recombinaison par effet tunnel, l'évolution de la luminescence suivant alors une décroissance de type logarithmique (a). Le second modèle, qui semble plus approprié dans cette étude, est un *fading* qui atteint un niveau constant après 72 heures de délai. La courbe ajustée aux points expérimentaux correspond ici à une loi déduite du modèle de recombinaison avec un niveau stable; elle est représentée par une fonction exponentielle décroissante avec asymptote (b).

Dans le cas de cet échantillon, le modèle de recombinaison par effet tunnel ne convient pas à la tendance de décroissance du signal de TL (fig.83a). En revanche, un modèle de recombinaison atteignant un degré de stabilisation après 3 jours, tel que décrit dans le mécanisme de transition localisée (Templer, 1985 ; Sanderson, 1988), paraît plus approprié. Il peut être représenté par une fonction exponentielle décroissante avec une asymptote non-nulle (fig.83b). En utilisant ce modèle, la paléodose est corrigée avec un coefficient correspondant à la moyenne des signaux résiduels enregistrés après les trois premiers jours de stockage, de valeur égale à 0,87.

Echantillon	Modèle de correction	% correction
Bdx11979/Dur346-3	logarithmique	19,7±0,5
Bdx11982/Dur346-1	logarithmique	26,4±1,4
Bdx11983/Dur346-2	logarithmique	25,1±2,4
	exponentiel	24,4±2,3

Tableau 32 : Pourcentage de correction du fading observé en TL sur les valeurs de paléodose.

Le tableau 32 présente les pourcentages de correction du fading en TL appliquée aux doses équivalentes des trois échantillons.

II-2-2) Comparaison des valeurs de paléodose.

Le tableau 33 présente les valeurs de paléodose pour chaque échantillon, corrigé du fading dans le cas des petites inclusions en utilisant les facteurs donnés dans le tableau 32.

Les températures de remise à zéro et le domaine d'intégration du pic en TL, ainsi que le domaine de température de préchauffage le plus adéquat à la réalisation des expériences en OSL sont également regroupées dans ce tableau.

Echantillon	Technique (modèle corr. fading)	T recuit (°C)	Domaine d'intégration du pic (°C)	Domaine de préchauffage (°C)	D _e ±ds (Gy)	
			Bordeaux (TL)	Durham (OSL)	Bordeaux	Durham
Bdx11979/ Dur346-3	PIp _(log)	600	250-400	-	6,92±0,58	-
	GIq	650	255-415	210-230	6,26±0,71	5,54±0,19
Bdx11982/ Dur346-1	PIp _(log)	550	300-420	-	5,75±1,10	-
	GIq	650	250-400	200-240	6,15±0,91	5,27±0,26
Bdx11983/ Dur346-2	PIp _(log)	600	280-450	-	7,34±0,64	-
	PIp _(exp)			-	6,73±0,46	-
	GIq	-	-	200-240	-	3,96±0,34

Tableau 33 : D_e est la dose équivalente exprimée en Gray, corrigée du fading dans le cas des petites inclusions polyminérales, PIp faisant référence à la technique des petites inclusions polyminérales et GIq à celle des grandes inclusions de quartz, T_{recuit} est la température de remise à zéro du signal de TL et le domaine de préchauffage correspond aux différentes valeurs de préchauffage utilisables pour déterminer la paléodose en OSL.

Des tests statistiques de la différence (χ^2 et test t de Student) ont été appliqués sur les valeurs de paléodose pour les grandes inclusions mesurées à Bordeaux et à Durham et les écarts ne semblent pas être significatifs ($\chi^2=1,42$ et 1,19 respectivement pour Bdx11979/Dur346-3 et Bdx11982/Dur346-1 pour un intervalle à 80% de probabilité de [0,16 – 2,71] et t_{Stud.}=4,49 et 5,64). On en déduit que les mesures sont concordantes entre les laboratoires.

II-3) Détermination de la dose annuelle

II-3-1) Dose interne aux grains

Des mesures en ICP-MS des teneurs en K, U et Th ont été effectuées sur les grains de quartz traités à l'HF et utilisés à Durham pour la détermination de la paléodose en OSL. Ces concentrations ont ensuite été utilisées pour calculer la dose annuelle interne de ces grains. L'ensemble de ces données est reporté dans le tableau 34. La contribution interne à la dose annuelle est très faible.

Echantillon	K _{int} (ppm)	U _{int} (ppm)	Th _{int} (ppm)	I _{int} (mGy/an)
Bdx11979/Dur346-3	-	-	-	0,01±0,00
Bdx11982/Dur346-1	<100	0,06±0,00	0,48±0,00	0,03±0,00
Bdx11983/Dur346-2	<150	0,01±0,00	0,11±0,00	0,01±0,00

Tableau 34 : Concentrations en radionucléides mesurées par ICP-MS à partir des grains de quartz traités avec HF et valeur de la dose annuelle interne correspondante. L'absence de matière en quantité suffisante pour l'échantillon Bdx11979/Dur346-3 a entravé la détermination de la dose annuelle interne, cependant pour les calculs d'âge une valeur arbitraire de 0,01mGy/an a été attribuée en fonction des résultats obtenus sur les autres échantillons du site.

II-3-2) Contributions α et β de la terre cuite à la dose annuelle

Les taux d'humidité à saturation des trois échantillons varient de 11,32 à 13,63%, ce qui rend compte de la porosité faible à moyenne des briques. Compte tenu des valeurs « normales » des pourcentages de saturation des échantillons, nous avons choisi d'attribuer une valeur standard de $3\pm2\%$ pour l'humidité, utilisés pour le calcul des doses d'irradiation annuelles fournies par les terres cuites. Cependant, pour l'échantillon Bdx11983/Dur346-2, situé à $\sim 0,95$ m du sol et donc susceptible de subir des remontés d'humidité par capillarité, l'âge de l'échantillon a été calculé pour une situation hypothétique où l'humidité naturelle moyenne serait de $10\pm5\%$.

Les contributions équivalentes de K, U et Th mesurées en spectrométrie gamma sur des sections adjacentes des carottes de briques sont reportées dans le tableau 35.

Echantillon	K _{céram.} (%)		U(²³⁸ U) (ppm)	U(²²⁶ Ra) _{céram.} (ppm)		Th _{céram.} (ppm)		Pb210/Ra226		α_1/α_0
	Bdx	Dur	Bdx	Bdx	Dur	Bdx	Dur	Bdx	Dur	Dur
Bdx11979 /Dur346-3	1,16 \pm 0,02	1,15 \pm 0,03	2,72 \pm 0,12	3,67 \pm 0,03	2,93 \pm 0,51	14,90 \pm 0,13	14,70 \pm 1,23	1,05 \pm 0,...	0,90 \pm 0,13	0,96
Bdx11982/ Dur346-1	1,09 \pm 0,02	-	3,57 \pm 0,15	3,56 \pm 0,03	-	13,36 \pm 0,12	-	1,00 \pm 0,..	-	1,01
Bdx11983/ Dur346-2	0,82 \pm 0,01	0,96 \pm 0,02	2,70 \pm 0,13	2,73 \pm 0,07	2,78 \pm 0,30	11,85 \pm 0,12	12,86 \pm 0,69	1,10 \pm 0,..	0,76 \pm 0,06	1,01

Tableau 35: Composition radiochimique des briques réduites en poudre, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type. Les rapports Pb210/Ra226 obtenu en spectrométrie gamma et α_1/α_0 obtenu en comptage alpha à Durham sont également rapportés.

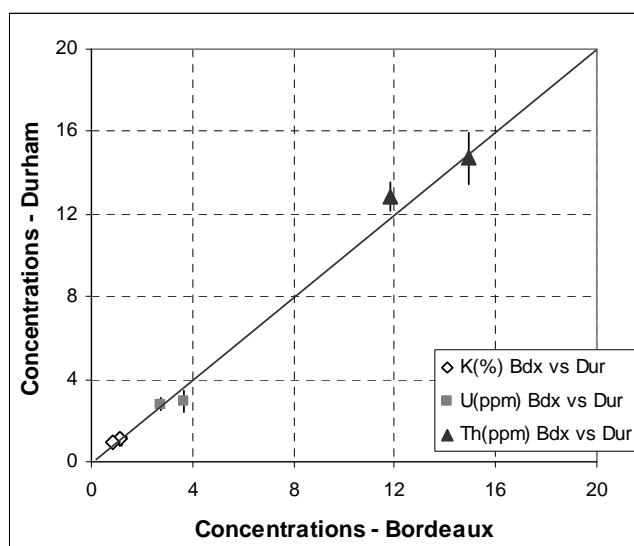


Figure 84 : Comparaison des valeurs K, U et Th déterminées dans chaque laboratoire par spectrométrie gamma à bas bruit de fond.

Les teneurs en K, U et Th sont en relativement bon accord entre les deux laboratoires (fig.84), hormis les rapports Pb210/Ra226 qui sont proches de 1 à Bordeaux (révélant ainsi un équilibre entre le radium et le plomb et donc pas de perte de radon *in situ*) mais plus faibles à Durham (entre 0,76 et 0,90), cette différence pouvant être le fait de l'évaluation de l'efficacité

du détecteur, c'est-à-dire de l'étalonnage. D'autre part, pour le Pb210, il arrive fréquemment que le pic à 47 keV soit mal défini et il est nécessaire de prendre en compte l'atténuation de ce pic dans l'échantillon lui-même (fortement variable suivant la nature et la densité de la poudre). Les données issues du comptage alpha également effectué à Durham ne permettent la détection d'aucune fuite de radon au moment de la mesure.

L'étude du déséquilibre des chaînes de l'uranium est réalisée à partir de l'analyse du rapport des concentrations $U(^{238}U)/Th$ et $U(^{226}Ra)/Th$.

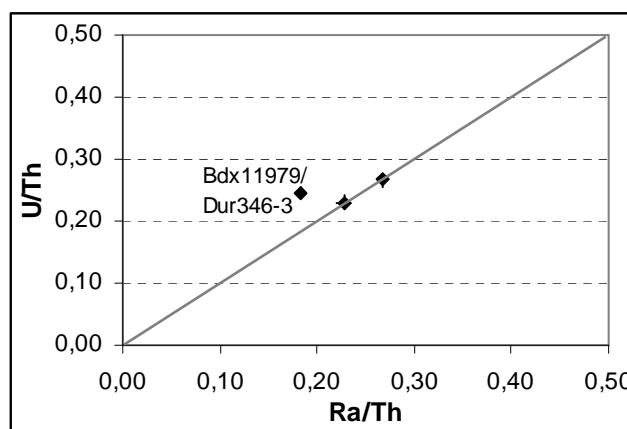


Figure 85 : Etude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse des rapports $U(^{238}U)/Th$ et $U(^{226}Ra)/Th$.

Les valeurs des concentrations en uranium U238 et Ra226 sont peu fluctuantes. La figure 85 ne montre pas de déséquilibre des séries de l'uranium sauf pour Bdx11979/Dur346-3 pour lequel on observe une variabilité de Ra/Th. Cependant, l'origine du déséquilibre étant difficile à déterminer à partir des données d'un seul échantillon, on propose de considérer que le déséquilibre est constant et qu'il est dû à l'uranium (ce qui n'implique alors aucune modification des activités pour le calcul de la dose annuelle).

Les contributions α (Bordeaux) et β à la dose annuelle déduites des concentrations en radioéléments détectés en spectrométrie gamma sont reportées dans le tableau 36. Egalement représentée, la valeur de la dose β obtenue directement par β -TLD (Durham) et valeur k du coefficient d'atténuation α (Bordeaux).

Echantillon	Technique	k	$I_{\alpha} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)	$I_{\beta} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)		
		Bordeaux		Bordeaux	Durham (spectro γ)	Durham (β -TLD)
Bdx11979/ Dur346-3	PIp	$0,09 \pm 0,01$	$1,92 \pm 0,09$	$1,79 \pm 0,05$	-	-
	CGq	$0,03 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$1,57 \pm 0,05$	$1,58 \pm 0,05$	$1,56 \pm 0,04$
Bdx11982/ Dur346-1	PIp	$0,08 \pm 0,01$	$1,60 \pm 0,10$	$1,69 \pm 0,05$	-	-
	CGq	$0,03 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	$1,48 \pm 0,05$	-	$1,68 \pm 0,02$
Bdx11983/ Dur346-2	PIp	$0,10 \pm 0,01$	$1,46 \pm 0,09$	$1,24 \pm 0,07$	-	-
	CGq	-	-	-	$1,27 \pm 0,07$	$1,19 \pm 0,07$

Tableau 36 : Coefficient k et contribution α à la dose annuelle (mGy/an) calculés à Bordeaux et dose annuelle β (mGy/an) déterminée à partir des mesures de spectrométrie gamma à Bordeaux et Durham et à partir des mesures de β -TLD à Durham.

Les valeurs de la dose β obtenues en spectrométrie gamma par les deux laboratoires et par β -TLD concordent également.

II-3-3) Contributions γ et cosmique à la dose annuelle.

Le tableau 37 regroupe les valeurs des contributions gamma + cosmique (I_{env}) à la dose annuelle. Les mesures ont été effectuées par chaque laboratoire au même emplacement dans le négatif de la carotte. Pour le dosimètre de l'échantillon Bdx11982/Dur346-1, la compatibilité est bonne entre les différents phosphores utilisés. Quant à l'échantillon Bdx11983/Dur346-2, les résultats obtenus de la dosimétrie par les deux laboratoires présentent un désaccord de près de 30%, bien qu'aucune erreur expérimentale n'ait été signalée. Cependant, compte tenu de la localisation de cet échantillon et de la valeur obtenue pour l'échantillon Bdx11982/Dur346-1 placé dans le même mur mais à hauteur supérieure, si l'on considère l'environnement γ est constant, alors la valeur obtenue par le laboratoire de Bordeaux serait la plus cohérente.

II-3-4) Dose annuelle totale

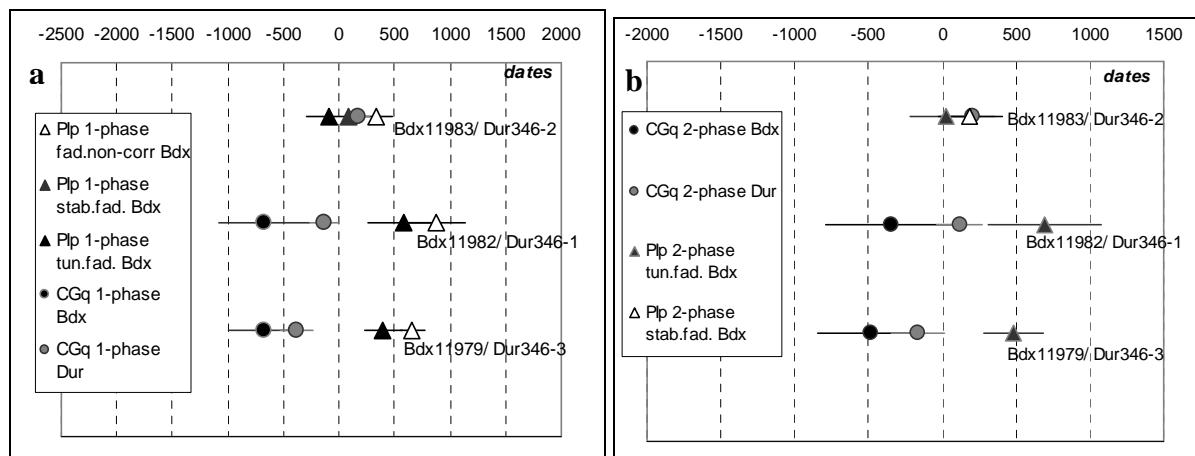
Echantillon	Tech nique	$I_{env} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)		$I_{tot} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)			
		Bordeaux	Durham	Bordeaux modèle 1	Bordeaux modèle 2	Durham modèle 1	Durham modèle 2
Bdx11979 /Dur346-3	PIp	0,74±0,06	-	4,45±0,04	4,53±0,07	-	-
	CGq	0,73±0,04	0,75±0,05	2,38±0,09	2,51±0,16	2,33±0,05	2,51±0,12
Bdx11982 /Dur346-1	PIp	0,75±0,06	-	4,03±0,04	4,36±0,07	-	-
	CGq	0,74±0,04	0,75±0,05	2,29±0,09	2,61±0,16	2,46±0,06	2,76±0,13
Bdx11983 /Dur346-2	PIp	0,63±0,05	-	3,32±0,22	3,49±0,30	-	-
	CGq	-	0,96±0,05	-	-	2,06±0,06	2,08±0,12

Tableau 37 : Dose annuelle combinée gamma + cosmique (I_{env}) et dose annuelle totale (I_{tot}) déterminée par chaque laboratoire. Les incertitudes correspondent à la précision expérimentale associée à l'incertitude systématique liée aux dosimètres. La valeur de Durham de la contribution γ + cosmique de l'échantillon Bdx11979/Dur346-1 (pour lequel il n'a pas eu de dosimètre placé par Durham) correspond à celle de l'échantillon Bdx11982/Dur346-1, qui est en accord avec la valeur de Bordeaux. Deux modèles ont été utilisés pour obtenir I_{tot} ; dans le modèle à phase unique, la brique est supposée être restée en place depuis son utilisation d'origine (données « 1 ») et dans le modèle à double phase, la brique est supposée avoir été au même emplacement depuis la construction de l'église médiévale et avoir été récupérée d'une autre structure plus ancienne (données « 2 »).

II-4) Datation

La figure 86a présente les résultats des datations sur petites inclusions (avant et après correction du fading) et sur grandes inclusions de quartz, obtenues avec un modèle de dose annuelle à une seule phase ; c'est-à-dire pour laquelle il est supposé que la brique a été produite peu de temps avant son insertion dans la maçonnerie et qu'elle y est restée en place depuis. Cependant, ces datations ayant produit des âges plus grands que celle de la

construction architecturale, un modèle de dose annuelle à double phase a également été appliqué (fig.86b). En moyenne, la dose annuelle à double phase est 8% supérieure à celle du modèle à phase unique (tableau 38).



Figures 86 a & b : Comparaison des dates pour Rugles obtenues sur petites inclusions polyminérales (avant et après correction du fading) et sur grandes inclusions de quartz à Bordeaux et Durham, selon le modèle de la dose annuelle à phase unique (a) et selon le modèle à double phase (b).

Echantillon	Technique (modèle corr. fading)	Age $\pm \sigma_{\text{tot}} (\sigma_{\text{stat}})$		Dates AD $\pm 1\sigma$			
		Bordeaux	Durham	Bordeaux modèle 1	Bordeaux modèle 2	Durham modèle 1	Durham modèle 2
Bdx11979 /Dur346-3	PIp _(log)	1553 \pm 158 (127)	-	455 \pm 158	481 \pm 199	-	-
	CGq	2631 \pm 314 (299)	2387 \pm 144 (67)	-623 \pm 314	-487 \pm 354	-	-
Bdx11982 /Dur346-1	PIp _(log)	1426 \pm 323 (258)	-	582 \pm 323	689 \pm 382	-	-
	CGq	2684 \pm 408 (396)	2144 \pm 129 (60)	-676 \pm 408	-350 \pm 441	136 \pm 129	117 \pm 154
Bdx11983 /Dur346-2	PIp _(log)	1834 \pm 205 (144)	-	174 \pm 205	326 \pm 238	-	-
	PIp _(exp)	2026 \pm 155 (140)	-	-18 \pm 155	79 \pm 196	-	-
	CGq	-	1814 \pm 109 (59)	-	-	194 \pm 109	239 \pm 139

Tableau 38 : Ages et dates individuels calculés pour chaque échantillon. Les dates sont présentées avant (données « 1 ») et après correction (données « 2 ») selon le modèle double-phase pour la dose annuelle.

III) Discussion

La variation des domaines chronologiques obtenus pour chaque échantillon, quelle que soit la technique utilisée, peut s'expliquer par l'utilisation dans la construction de l'église de TCA récupérées sur diverses structures d'âge différent. Les échantillons sont donc peu probablement contemporains, tandis que la caractérisation élémentaire et radiochimique des briques avait révélé une homogénéité dans le lot. On voit donc ici que la composition du matériau ne fournit pas de critère suffisant pour déterminer l'origine ou la période de fabrication d'une terre cuite.

L'intervalle chronologique des grandes inclusions, qui est relativement compatible entre les deux laboratoires quel que soit le modèle utilisé pour la dose annuelle, est généralement plus ancien que celui obtenu à partir des petites inclusions polyminérales. La différence pourrait être liée à l'utilisation d'un modèle de fading inapproprié, entraînant une sous-estimation de la

correction ou inversement, comme le montre le cas de l'échantillon Bdx11979/Dur346-3, à une instabilité particulière des quartz ou à des propriétés de luminescence singulières qui nécessitent des études méthodologiques complémentaires. Les légères différences observées dans le *fading* détecté peuvent être liées aux différences dans la nature physique des grains contribuant au signal de luminescence (résultant de traitements chimiques différents) et par des différences dans le mode de stimulation, faisant intervenir différentes composantes dans le signal de luminescence. L'exception notable concerne les résultats en petites inclusions de l'échantillon Bdx11983/Dur346-2 qui sont concordants avec les résultats obtenus sur les grandes inclusions de quartz, si on prend l'hypothèse d'un taux d'humidité faible de 5 ou 3%.

La présence romaine à Rugles est probablement ancienne (I^{er} siècle ap.J.C. ; Cliquet, 1993), ce qui concorderait avec les datations obtenues sur les grandes inclusions et avec le modèle à double phase des échantillons Bdx11979/Dur346-3 et Bdx11983/Dur346-1. Pour l'échantillon Bdx11983/Dur346-2, l'intérêt est particulier. En effet, la partie du mur dont est issu cet échantillon est remarquablement bien construite, ce qui tend à faire penser que l'origine de cette maçonnerie puisse être romaine (Coutil, 1921). Cette TCA ne constituerait pas un remploi de matériau indépendant, à l'instar des deux autres échantillons, mais correspondrait plutôt à un matériau dans sa position primaire. Auquel cas, l'hypothèse du modèle à double phase de la dose annuelle est à rejeter et la datation de cet échantillon est à placer au II^e-III^e siècle. Si cette brique a été produite dans le but de cette édification primitive, alors les deux événements sont globalement contemporains et on peut ainsi proposer une datation au II^e-III^e siècle pour la construction de la partie inférieure du mur de la nef. Celui-ci serait donc romain, ce qui justifierait également l'orientation cohérente des murs romains trouvés en sous-sol avec celui-ci. L'église de Rugles a par conséquent peut-être eu recours à la récupération de structures romaines *in situ* pour ses fondations. Au vu des résultats des datations physiques, cette hypothèse déjà évoquée ailleurs (Coutil, 1921) mériterait une investigation archéologique plus approfondie du bâti.

English summary

The town of Rugles is crossed by the River Risle and is located on the ancient road connecting Lisieux to Condé-sur-Iton, in the department of Eure, Normandy (Cliquet, 1993, 237). Located in the city centre of Rugles, on the eastern bank of the Risle, the little church, concerned by this study, is dedicated to Our Lady, the holy Virgin. The oldest written record of the church is a cartulary dated to the 1070's (Charpillon, 1870; Coutil, 1921, 63).

The church displays a simple plan, consisting of a square nave and an apsidal chancel (Coutil, 1921, 64). It was mostly restored in the 16th and 17th centuries. However, the north wall of the nave and the chancel can be considered to be mainly original. The fabric consists of small flint rubble and a number of horizontal rows of flat bricks. The fabric of the chancel also displays the use of square limestone rubble (Coutil, 1921, 65). In the upper part of the nave the suggestion of an *opus spicatum* underlined by rows of bricks can be seen (Baylé, 1992, 36-7). The foundation walls of the chancel are made of large, well-laid flints. The basis of the nave is also particularly well laid, built in a *grand appareil* (Coutil, 1921, 65). There is no surviving opening (neither original, nor later additions) in the north wall of the nave.

The aim of this work is to check the origin of the CBM. The evidence from the building (traces of *opus signinum* adhering to the surface of bricks, fragment of *tegulae* in the nave masonry and well cut rubble likely of Roman origin) and from the archaeological discoveries made under the floor of the church (Roman walls, the presence of CBM and other Roman materials such as columns (Coutil, 1921, 64; Delisle & Passy, 1862-9, III)) tend to suggest a Roman origin for these CBM.

Three bricks from the northern walls of the chancel and the nave of the church of Notre-Dame Outre-l'Eau were sampled. One of the sampled bricks (Bdx11979/Dur346-3) from the chancel, had remains of Roman mortar on its lower surface. The second (Bdx11982/Dur346-1) came from the upper part of the northern wall of the nave, within a section of herringbone pattern. The third brick sampled (Bdx11983/Dur346-2) came from the lower part of this same wall.

To check the archaeological assumptions about the origin of the material, luminescence dating was performed on these three bricks. Furthermore, intercomparison studies were performed with the samples, in order to compare the dates obtained with different techniques, and also to evaluate whether the corrections applied for anomalous fading in fine grain data were valid for these materials.

The samples were divided into two and shared between the two laboratories of Bordeaux and Durham. Both polymineral fine grain (3-12 μm) and coarse quartz grain (80-200 μm) techniques were applied in the Bordeaux laboratory to determine the paleodose. The preparation of measurement samples was performed following routine protocols (Blain *et al.*, 2007; Vieillevigne *et al.*, 2006). The coarse quartz grain (90-150 μm) technique was selected in the Durham laboratory (Bailiff, 2007). The paleodose was determined in the Bordeaux laboratory using an additive dose and regeneration procedure with multiple aliquots (Guibert *et al.*, 1996). In Durham, the paleodose was determined using a single aliquot OSL regenerative procedure that includes preheating treatment and monitoring of sensitization and thermal transfer (Bailiff, 2007).

The results vary following the technique used. Indeed, after correction of the fading, the paleodose values vary from 5.75 ± 1.10 to 7.34 ± 0.64 Gy for the fine grain technique. The dose rate range for this technique varies from 3.32 ± 0.22 to 4.29 ± 0.04 mGy/yr. Following the coarse

grain technique, the paleodose values vary from 6.15 ± 0.91 to 6.26 ± 0.71 Gy for Bordeaux data and from 3.96 ± 0.34 to 5.54 ± 0.19 Gy for Durham data; and the annual dose values, from 2.29 ± 0.09 to 2.33 ± 0.09 mGy/yr for Bordeaux data and from 2.15 ± 0.06 to 2.46 ± 0.06 mGy/yr for Durham data.

Finally, the individual dates range from BC 676 ± 408 to AD 582 ± 323 from Bordeaux calculations and from BC 379 ± 144 to AD 194 ± 102 from Durham calculations without any correction of the annual dose rate. After correction of the age following the two-phase dose-rate model, the final results on coarse grains vary from BC 487 ± 354 to AD 689 ± 382 for Bordeaux data and from BC 162 ± 179 to AD 239 ± 139 for Durham data.

The differences between the fine grain and the coarse grain data are likely due to varying interpretations of the fading models: the traditional fading model not being applicable to all the samples, the uncertainties allocated to the experimental data, the difference in the evolution of the fading observed in the intercomparaison work. The difficulties in obtaining appropriate fading models have certainly presented problems when estimating a suitable age correction.

For the two samples Bdx11979/Dur346-3 and Bdx11982/Dur346-1, the results can be interpreted as reused CBM from an earlier Roman building which is likely the case, especially for sample Bdx11979/Dur346-3 which shows pink Roman mortar on its surface. However, for sample Bdx 11983/Dur346-2, which comes from the lower part of the nave just above the *grand appareil* foundation wall, the bricks above are well laid and they could be considered as being in their primary position, i.e. they have not been displaced. In this case, a one-phase dose-rate model is appropriate and the date given by Durham is AD 194 ± 102 on coarse grains. This would mean that this part of the building could be an original Roman wall dating to the 2nd or 3rd century AD. This interesting result should, however, be further investigated by an archaeological examination of the building masonries.

EGLISE SAINT-MARTIN, CONDE-SUR-RISLE

I) Présentation

I-1) Le site et son cadre géographique

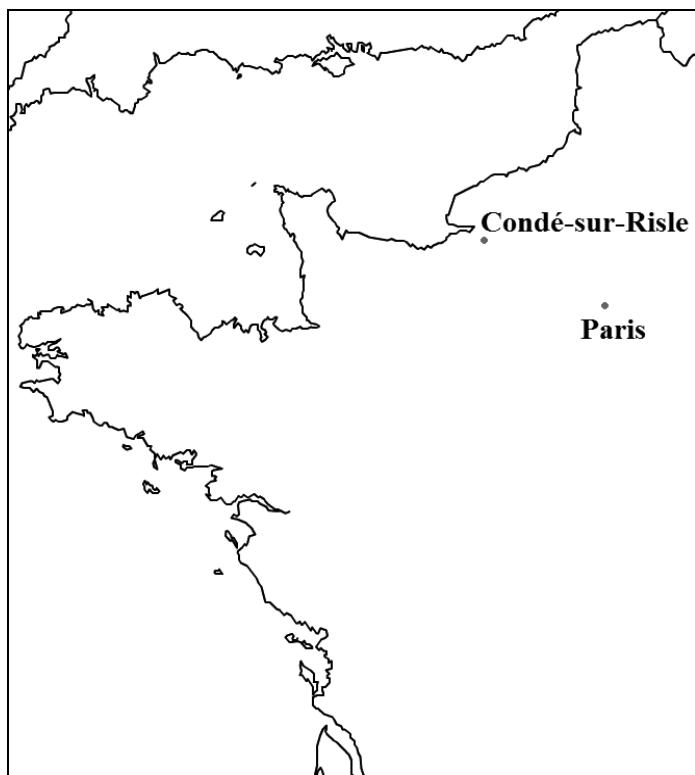


Figure 87 : Situation géographique de Condé-sur-Risle

La commune de Condé-sur-Risle (du latin « *condeate* ») se situe dans le département de l'Eure (Haute-Normandie), au confluent de la Risle et de la fontaine Sainte-Christophe (fig.87). Le site se trouve sur le passage de la voie romaine qui mène de Lisieux à Caudebec-en-Caux (Cliquet, 1993, 203). Des traces d'occupation archéologique ont été identifiées sur le site des Grands-Parquets, sur le plateau qui domine la rive gauche de la Risle, à proximité de l'église actuelle. Il y a été mis au jour une structure circulaire de 6 m de diamètre, avec talus et fossé, située à l'intérieur d'une structure quadrangulaire en terre, également entourée de talus et de fossés et comportant quatre portes (Cliquet, 1993, 203). Au début du XX^e siècle, Léon Coutil (1904, 69-70) interprète ces structures comme les vestiges d'un camp romain. La description et l'attribution chronologique et fonctionnelle de cette structure sont fortement contestées par Deglatigny (1923, 6) qui y voit au contraire un enclos agricole médiéval.

C'est à proximité de ce site archéologique aux origines et fonctions ambiguës que se situe l'église paroissiale de Condé-sur-Risle dédiée à saint Martin.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévations



Figures 88 a & b: Vue du côté sud de l'église et portail primitif ; les flèches indiquent les zones de prélèvements

L'église est bâtie sur un plan allongé simple, dont le gros-œuvre est réalisé en pierre calcaire, en silex et en brique (fig.88a). L'édifice, très composite, a fait l'objet de multiples remaniements.

De l'édifice primitif ne subsiste plus que la nef. A l'origine, on devait y accéder au sud par un portail dont le tympan appareillé est souligné d'un sourcil de billettes (fig.88b). L'arc du tympan est constitué de claveaux où alternent pierres et briques, ces dernières, de dimensions variées, étant parfois complétées par des briques perpendiculaires au-dessus des claveaux, sans doute pour « rattraper le niveau ». Les claveaux de pierre, quant à eux, sont piquetés ou couverts de traces d'outil, sans doute dans un but décoratif, pour accrocher la lumière, ou afin de fixer un enduit qui a aujourd'hui disparu. Le centre du tympan est composé d'un petit appareil de moellons de calcaire. L'ensemble repose sur un linteau constitué d'un énorme bloc de pierre (peut-être un remploi ?) et sur des piédroits également composés de gros blocs placés alternativement de champ et à l'horizontale.

Cet accès a été bloqué et remplacé plus à l'est, sur le même côté, par une nouvelle entrée, en même temps qu'a dû être exhaussée la nef et des fenêtres hautes, percées. Ces dernières sont désormais bloquées. Le nouveau portail est abrité d'un porche de pierre et silex au XVI^e siècle, date à laquelle sont également ajoutés les contreforts.

Le clocher roman s'écroule en 1765 et est alors reconstruit en même temps que le chœur, dans le troisième quart du XVIII^e siècle.

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

I-3-1) Sources écrites

Le premier seigneur de la localité dont l'histoire fait mention est Gilbert de Condé, au XI^e siècle (Bates, 1998, n^os 166 et 217). Cependant il n'existe aucune source connue concernant la fondation de l'édifice religieux lui-même.

I-3-2) Données typologiques

Les caractéristiques du portail d'origine suggèrent une attribution chronologique de sa construction après les années 1030. Cette datation typologique se base en particulier sur le tympan appareillé à la mode normande et le sourcil de billettes (Baylé, *comm.pers.*). D'autre part, la nouvelle entrée plus à l'ouest présente un portail décoré de chevrons et de chapiteaux décorés attribués aux années 1120-30 (Clapham, 1936).

II-4) Problématiques

A l'instar du travail mené sur les TCA de Rugles, l'objectif de cette nouvelle étude de cas est d'identifier l'origine des briques utilisées dans la construction du tympan de l'édifice d'origine. Aucun indice archéologique n'indique que des structures maçonnées antiques aient pu servir localement de sources d'approvisionnement de matériaux de construction au moment de l'édification de l'église. Cependant la diversité des textures, couleurs et dimensions des TCA employées dans la construction du tympan suggèrent des sources d'approvisionnement différentes, provenant peut-être de divers sites plus éloignés, la région en étant fortement pourvue (Cliquet, 1993). D'autre part, compte tenu du nombre limité des TCA utilisées (19 visibles, seulement dans le tympan du portail d'origine), on aurait tendance à supposer qu'il s'agit ici de matériaux de récupération. Il s'agit donc ici de vérifier cette présomption archéologique.

II-5) Le matériel d'étude : les briques

Deux échantillons prélevés dans l'arc du portail primitif sont destinés à une étude d'intercomparaison entre Bordeaux et Durham.

L'échantillon Bdx 11984/Dur347-1 correspond à la troisième brique-claveau à partir de l'extrémité ouest de l'arc. La brique dont il est issu est placée à 2,2 m au-dessus du niveau du sol et présente la forme d'un claveau de 5 à 5,5 cm d'épaisseur et de 24,5 cm de longueur. L'échantillon mesure 3,6 cm de diamètre et 15 cm de profondeur.

Le prélèvement Bdx 11985/Dur347-2, situé à 2,34 m du sol, provient de la onzième brique-claveau qui mesure 3,5 cm d'épaisseur sur 25 cm de long. La carotte présente un diamètre de 3,6 cm et une profondeur de 11,5 cm (ce qui correspond à la largeur totale de la brique).

II) Datation par luminescence de la cuisson des briques

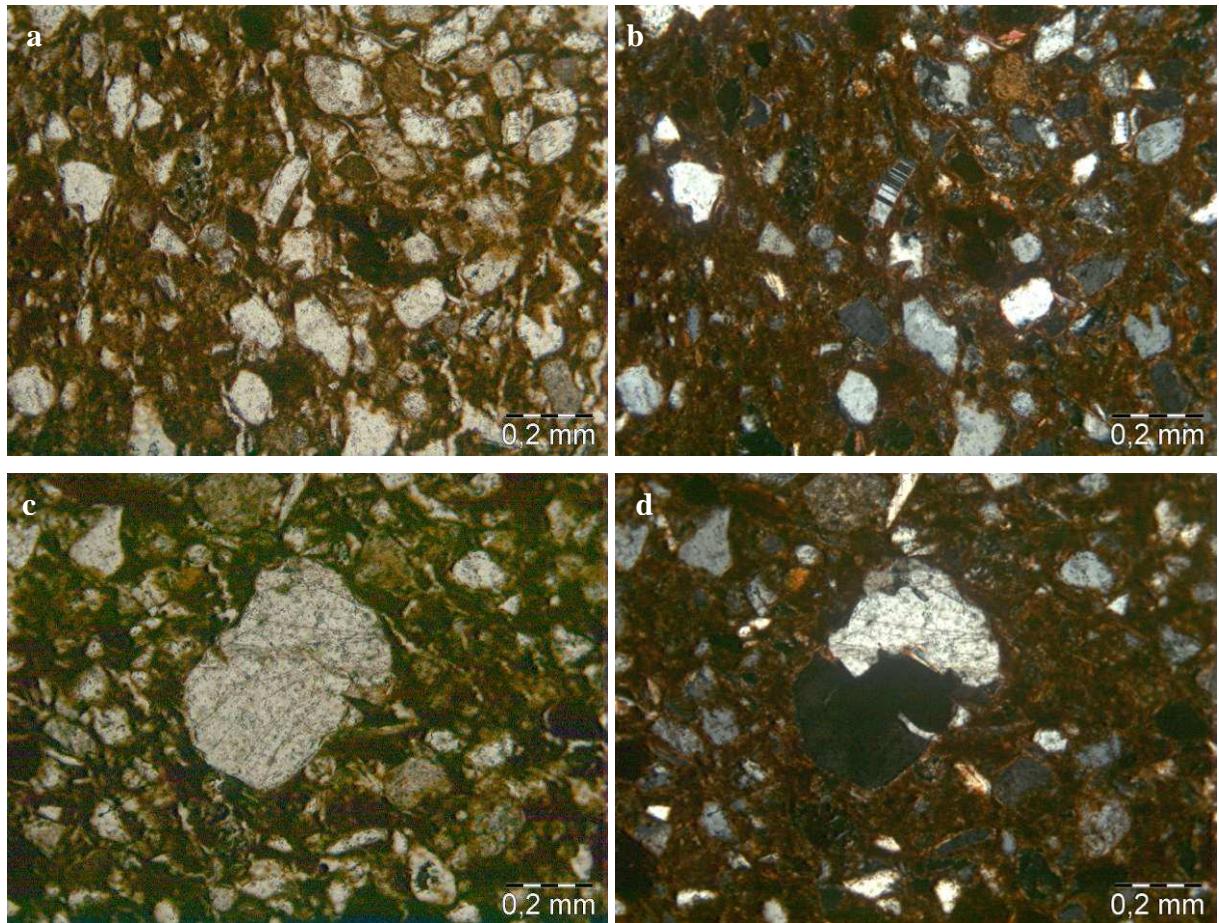
II-1) Étude de la nature et de la morphologie des grains utilisés pour la datation

II-1-1) Texture

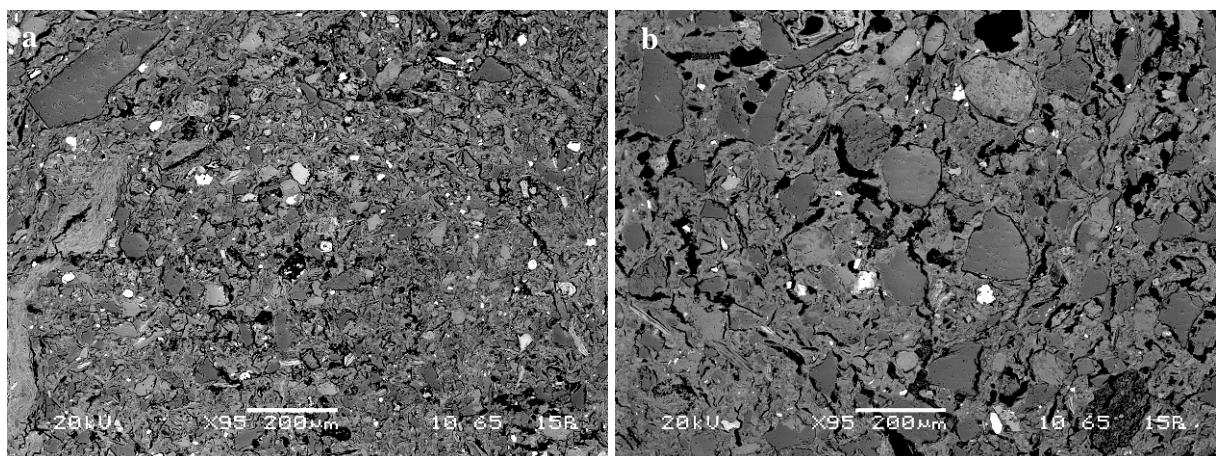
L'échantillon Bdx11984 présente une pâte riche en inclusions non plastiques réparties de manière homogène (fig.89a & b, fig.98a). On observe une majorité d'inclusions entre 80 et 200 µm (fig.90b) et quelques inclusions de diamètre supérieur à 0,5 mm (fig.89c & d). Les grains sont généralement émuossés. L'observation au microscope polarisant permet également de révéler la présence de feldspaths plagioclases, ainsi que la présence de quartz polycristallins (fig.90c & d). L'existence de ces derniers pose les problèmes du risque de fracture ou de la présence d'éléments radioactifs dans les joints. La fracture de grains entraîne le changement de granulométrie de ces derniers et ainsi leur dose archéologique n'est donc plus représentative de celle des autres grains de même dimension. La présence d'éléments radioactifs quant à elle provoque des hétérogénéités locales de la distribution de la dose annuelle reçue par les grains. La présence de grains polycristallins pose donc problème pour leur utilisation en luminescence. L'analyse complémentaire en imagerie rétrodiffusée et en spectrométrie de rayons X au MEB confirme les observations faites en microscopie polarisante et permet également de préciser que les grains de dimensions entre 80 et 200 µm sont essentiellement des quartz et des feldspaths. Ainsi, pour conclure, les inclusions de dimensions comprises entre 80 et 200µm semblent être en quantité suffisante pour avoir recours à la technique des grandes inclusions de quartz, mais le risque de pollution avec ces grains polycristallins n'est pas négligeable et nécessite d'être pris en considération.

Dans la mesure du possible, on aura donc recours aux deux techniques de datation pour cet échantillon.

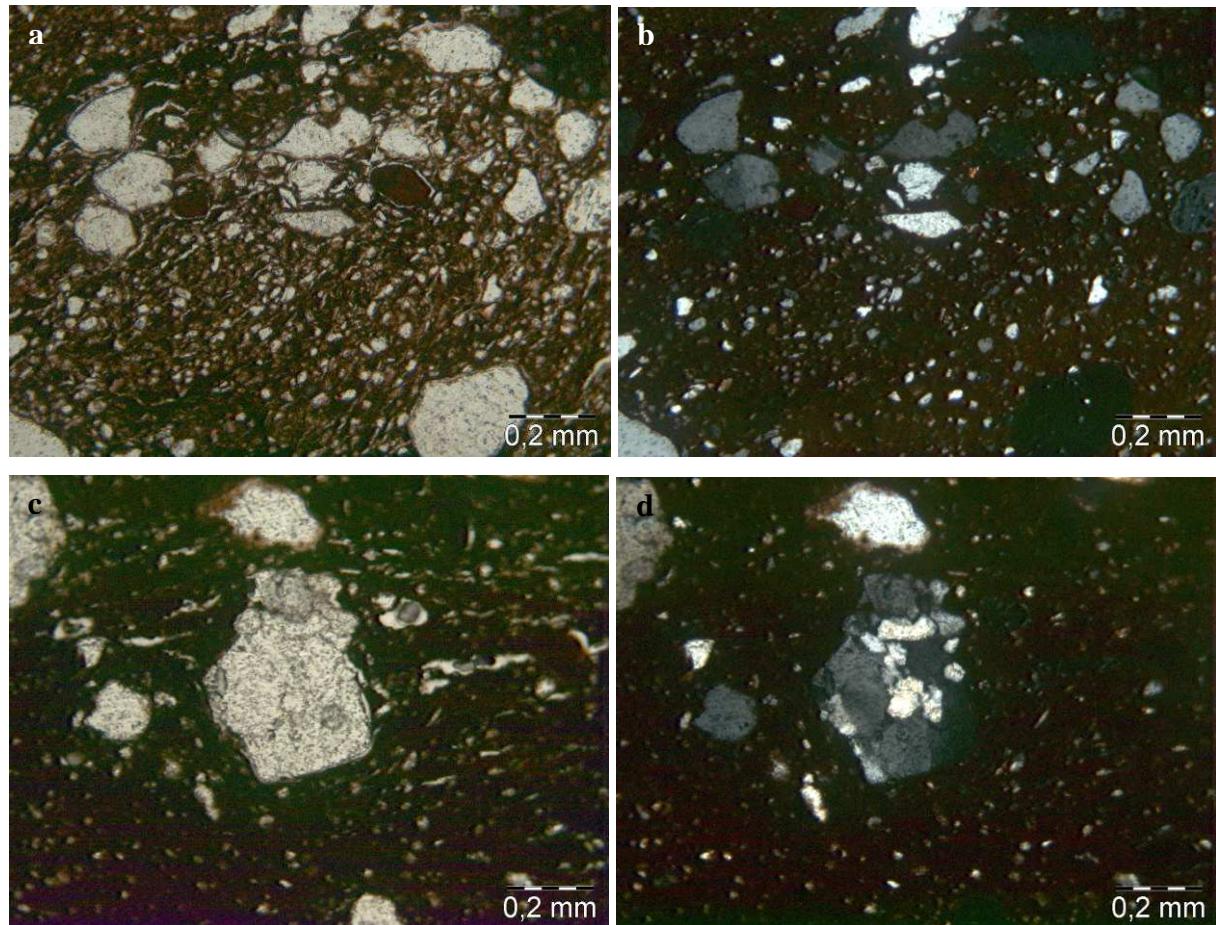
Pour l'échantillon Bdx11985, on a affaire à une texture riche en inclusions et à une composition bimodale (fig.91a & b). En effet, les inclusions se répartissent en deux fractions granulométriques, la première comprenant des grains de dimensions supérieures à 100 µm (fig.92a & b), la seconde à des grains de diamètre inférieur à 40µm. Il est probable que ce type de brique fournit des grains de granulométrie fine (entre 3 et 12 µm) en quantité nécessaire pour l'analyse. Parmi les grandes inclusions, il y a des quartz monocristallins aux formes émuossées ou anguleuses (fig.92a & b). On observe également des grains polycristallins (fig.91 f), qui risquent de se fragmenter au moment du broyage ou de contenir dans les joints des éléments à potentiel radioactif. Pour ces raisons, la technique des petites inclusions polyminérales a donc été préférée à Bordeaux.



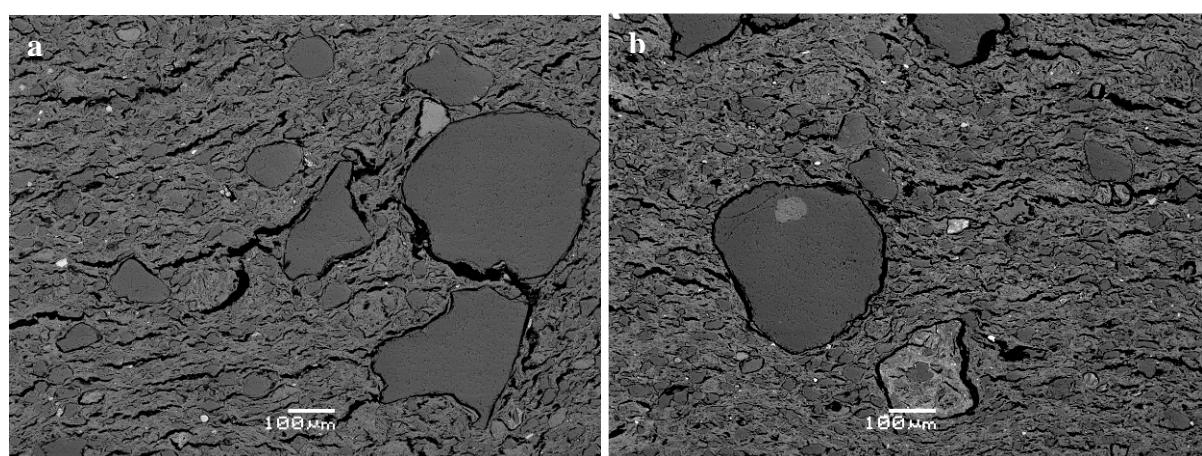
Figures 89 : Bdx11984 : Microscope polarisant : lumière polarisée non analysée (a, c) et polarisée analysée (b, d) x100 : abondance d'inclusions comprises entre 80 et 200µm, réparties de manière homogène. a et b montrent la présence de feldspaths plagioclases et c et d la présence ponctuelle de grains de diamètre supérieur à 0,5mm et la présence de grains de fer inclus dans ces grains.



Figures 90 a & b : Bdx11984 : Imagerie en mode électrons rétrodiffusés au MEB x95 : abondance d'inclusions bien réparties et bien classées, et dont la forme est relativement anguleuse. Les petites inclusions qui apparaissent en surbrillance sur l'image correspondent à des grains de fer ou de titane.



Figures 91 : Bdx11985 : Microscope polarisant, lumière polarisée non analysée (a & c) et polarisée analysée (b & d) x100 : composition bimodale (a & b) ; parmi les grandes inclusions, on note la présence de grains polycristallins (c & d).



Figures 92 a & b : Bdx11985 : Imagerie en mode électrons rétrodiffusés au MEB x100 : présence de quartz monocristallins de dimensions supérieures à 100μm.

I-1-2) Composition élémentaire

L'analyse quantitative élémentaire par spectrométrie de rayons X en dispersion d'énergie a été effectuée sur poudre pour les deux échantillons étudiés pour la datation et l'intercomparaison. Chaque échantillon a fait l'objet d'une dizaine analyses sur des zones distinctes d'environ 3,6 mm x 2,9 mm.

La composition élémentaire des deux briques analysées se distingue sensiblement (fig.93). Si l'échantillon Bdx11985 présente une nature siliceuse (teneur en SiO₂ de 70,49%), la teneur en CaO n'excédant pas les 3% ; l'échantillon Bdx11984 en revanche présente une teneur en SiO₂ très nettement plus faible (57,77%).

La composition des pâtes semble globalement hétérogène. Les teneurs en K₂O, Fe₂O₃ et Al₂O₃ de l'échantillon Bdx11984 sont toute plus élevées que celles de l'échantillon Bdx11985 (4,17 contre 2,29% pour K₂O ; 14,26 contre 10,75% pour Fe₂O₃ et 16,34 contre 12,12% pour Al₂O₃, respectivement).

Nous verrons dans la deuxième partie de cette étude si les datations corroborent cette discrimination dans la composition élémentaire.

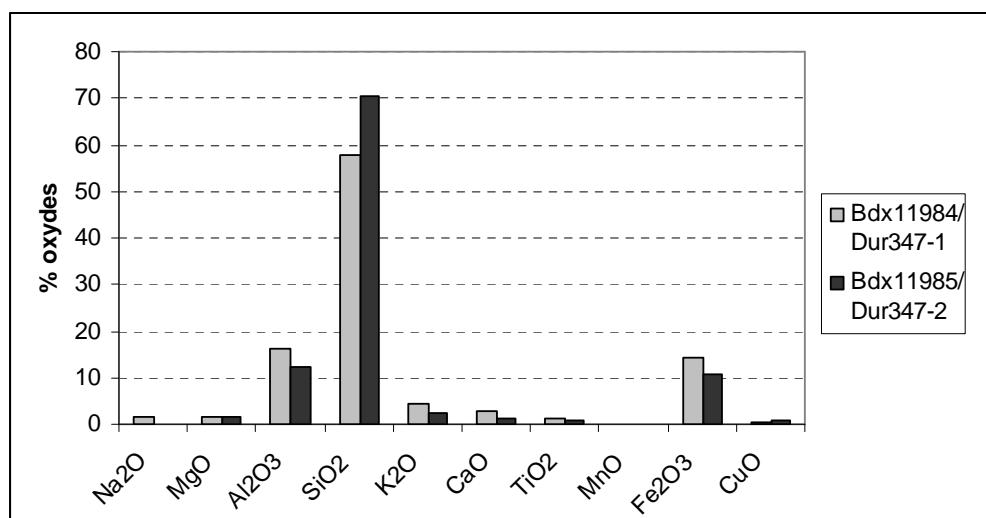


Figure 93 : Histogramme des compositions en éléments majeurs des briques de Condé-sur-Risle (exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes ; les analyses sont normalisées à 100 %).

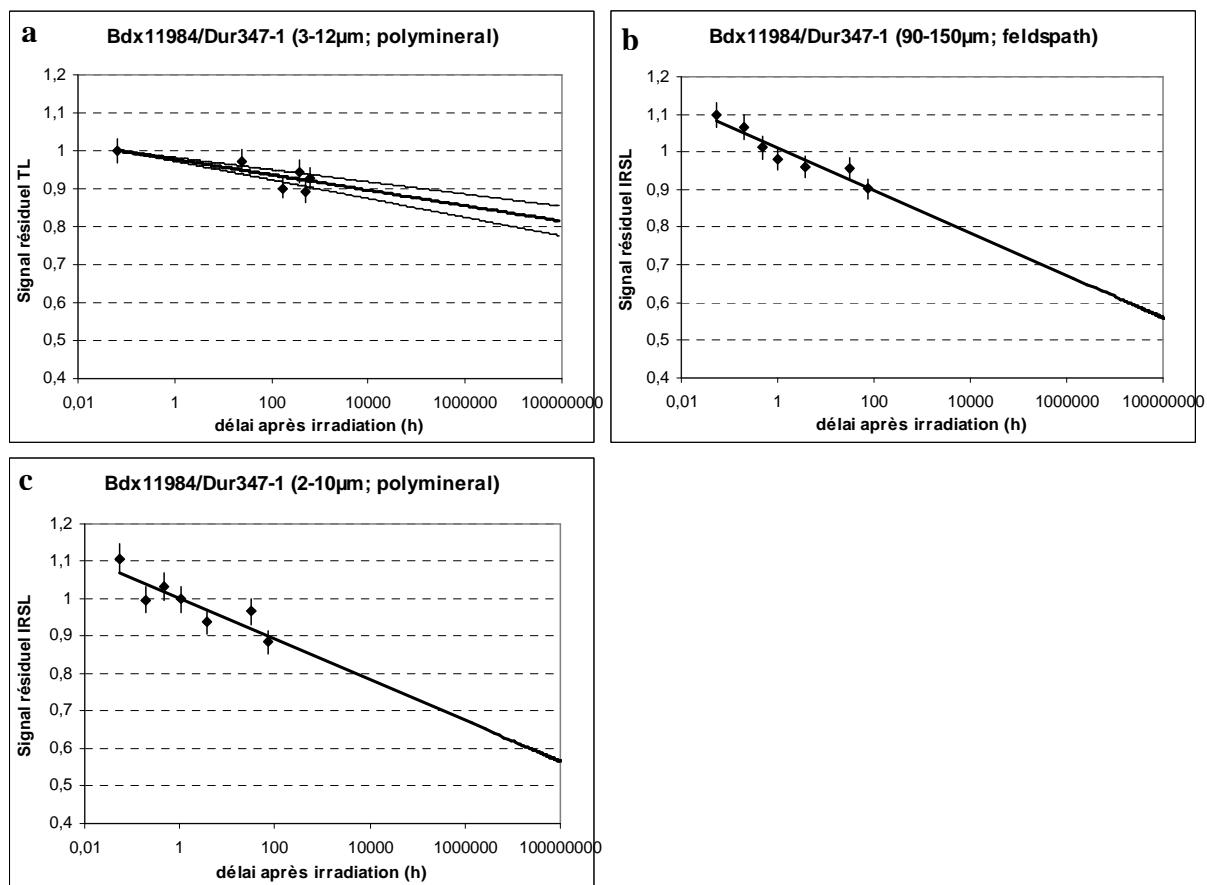
II-2) Détermination de la dose équivalente

Dans la mesure du possible, les deux techniques de détermination de la paléodose en TL, petites inclusions polyminérales (3-12µm) et grandes inclusions de quartz (80-200µm), ont été employées à Bordeaux. L'emploi de la première technique a également nécessité des études complémentaires pour évaluer l'évolution du fading. A Durham, c'est la technique de la SAR-OSL sur grandes inclusions de quartz (9-150µm) qui a été privilégiée. Bien que l'utilisation de quartz ne requière pas l'étude du fading, dans un souci d'étudier la modélisation du fading et d'en estimer la validité des corrections proposées, des expériences supplémentaires sur la stabilité de la luminescence ont été menées à Durham sur un échantillon Bdx11984/Dur347-1. Celles-ci ont été effectuées sur de grandes inclusions (90-

150 μm) de feldspaths potassiques ($\rho < 2,62$) et sur petites inclusions (2-10 μm) polyminérales non-traitées. Ces échantillons ont alors été blanchis pendant 100s, à une température de 280°C. Une dose β de ~ 10 Gy leur a ensuite été administrée. Le signal d'IRSL correspondant, précédé d'un préchauffage (220°C, 10s) et enregistré à 75°C pendant 100s, a été enregistré après des périodes de stockage variant de 200s à 73h (Kars *et al.*, 2008), effectué dans le noir et à température ambiante, selon les mêmes conditions qu'à Bordeaux. Le rapport de l'IRSL immédiate sur l'IRSL différée a ensuite été étudié. Enfin, les fadings enregistrés en TL sur petites inclusions traitées (Bordeaux) et en IRSL sur grandes inclusions de feldspaths et petites inclusions non-traitées (Durham) ont été comparés.

II-2-1) Test du fading

- Comparaison de l'évolution du fading de TL et d'IRSL : échantillon Bdx11984/Dur347-1



Figures 94 a, b & c : Bdx11984/Dur347-1: Étude de la stabilité des signaux de TL (a) et d'IRSL (b & c) sur feldspaths (b) ou fractions polyminérales (a, c): existence d'un *fading* anormal. Les courbes tracées ajustées aux points expérimentaux correspondent à des lois déduites du modèle de recombinaison par effet tunnel (de type logarithmique). L'ajustement selon un modèle de décroissance logarithmique caractéristique des pertes par effet tunnel des feldspaths convient pour cet échantillon, quels que soient la granulométrie, la minéralogie et/ou le type de stimulation. Les valeurs supérieures à 1 du signal résiduel en IRSL peuvent être dues à un effet de prédoze ou à une remise à zéro incomplète.

Pour cet échantillon, les pertes des signaux d'IRSL et de TL sont similaires et la décroissance de la luminescence en fonction du temps de stockage indique la persistance du fading après 3 jours à Durham (fig.94b & c) et après deux mois à Bordeaux (fig.94a).

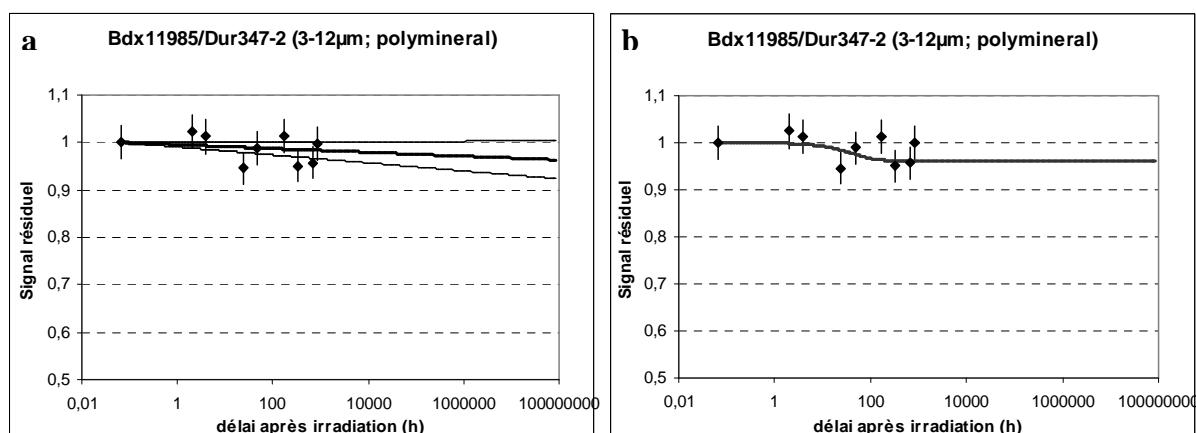
La valeur de la paléodose obtenue à partir des petites inclusions polyminérales traitées à Bordeaux a été corrigée du fading en utilisant le modèle logarithmique extrapolé (Visocekas, 1985). Cependant, le nombre retreint de données expérimentales en TL pour cet échantillon, lié à une quantité de matière insuffisante, fournit des résultats relativement dispersés à considérer donc avec précaution.

Méthode	Résiduel= $\text{Lum}_{\text{diff}(72h)}/\text{Lum}_{\text{imm}}$
TL (3-12 μm , polyminal)	0,95
IRSL (90-150 ; K-feldpaths)	0,90
IRSL (2-10 μm , polyminal)	0,88

Tableau 40 : Echantillon Bdx11984/Dur347-1 : rapport entre le signal de luminescence différé de 72h et l'immédiat.

Le comportement logarithmique est cohérent avec celui prévu par une recombinaison selon le modèle de l'effet tunnel (Visocekas *et al.*, 1994 ; Zink, 1996). Le taux de perte de la luminescence est sensiblement plus faible en TL qu'en IRSL (tableau 40).

- Cas complexe : le modèle de l'effet tunnel n'est pas approprié : Bdx11985/Dur347-2



Figures 95 a & b : Bdx11985/Dur347-2: Étude de la stabilité des signaux de TL : comparaison entre la TL enregistrée après un délai entre l'irradiation et la lecture TL, allant de 2 heures à 2 mois, et la TL enregistrée immédiatement après l'irradiation. Quel que soit ce délai, la TL correspondante est inférieure à la TL mesurée immédiatement après l'irradiation, ce qui conduit à un rapport inférieur à 1. Pour cet échantillon, 2 modèles de recombinaison peuvent être suggérés. Le premier correspond à la recombinaison par effet tunnel, l'évolution de la luminescence suivant alors une décroissance de type logarithmique (a). Le second modèle est celui d'un fading qui atteint un niveau constant après 72 heures de délai. La courbe ajustée aux points expérimentaux correspond ici à une loi déduite du modèle de recombinaison avec un niveau stable; elle est représentée par une fonction exponentielle décroissante avec asymptote (b).

Cet échantillon est également sujet au fading, mais deux types de modèle de fading peuvent être considérés suivant la tendance de la décroissance observée. La première est le modèle de recombinaison par effet tunnel (fig.95a) comme précédemment, la seconde est un modèle de recombinaison avec stabilisation, similaire au mécanisme de transition localisée (Templer, 1985 ; Sanderson, 1988) et représentée par une fonction exponentielle décroissante avec une asymptote non-nulle (fig.95b). Avec ce modèle, la paléodose est corrigée en utilisant un coefficient correspondant à la moyenne des signaux résiduels enregistrés après des temps de stockage plus longs (après 2 jours) ; sa valeur est ici de 0,97. Cependant, la dispersion non-négligeable des points expérimentaux de TL pour cet échantillon incite à la précaution quant à l'application de la correction du fading.

Echantillon	Modèle de correction	% correction
Bdx11984/Dur347-1	logarithmique	19,4±1,5
Bdx11985/Dur347-2	logarithmique	3,4±1,0
	exponentiel	3,4±1,0

Tableau 41 : Pourcentage de correction du fading observé en TL sur les valeurs de paléodose.

Le tableau 41 montre les pourcentages de correction du fading apportée aux valeurs de paléodose de ces deux échantillons selon les modèles considérés. Quel que soit le modèle de fading choisi pour l'échantillon Bdx11985/Dur347-2, les corrections consécutives convergent.

II-2-2) Comparaison des valeurs de paléodose.

Le tableau 42 regroupe les valeurs de paléodose obtenues pour chaque échantillon, corrigées du fading dans le cas des petites inclusions en utilisant les facteurs donnés dans le tableau 42. Les valeurs des températures de remise à zéro pour Bordeaux ainsi que les domaines thermiques d'intégration du pic de TL sont représentés dans ce tableau. Le plateau de préchauffage adéquat à la réalisation des expériences d'OSL à Durham est également indiqué dans ce tableau.

Echantillon	Technique (modèle corr. fading)	T recuit (°C)	Domaine d'intégration du pic (°C)	Domaine de préchauffage (°C)	D _e ±ds (Gy)	
			Bordeaux (TL)	Durham (OSL)	Bordeaux	Durham
		PIp _(log)	600	280-400	-	8,95±0,47
Bdx11984/ Dur347-1	GIq	650	250-400	200-230	7,77±0,56	8,70±0,56
	PIp _(log)	600	280-480	-	4,07±0,25	-
Bdx11985/ Dur347-2	PIp _(exp)			-	4,05±0,28	-
	GIq	-	-	180-240	-	4,68±0,46

Tableau 42 : D_e est la dose équivalente exprimée en Grey, corrigée du fading dans le cas des petites inclusions polyminérales, PIp faisant référence à la technique des petites inclusions polyminérales et GIq à celle des grandes inclusions de quartz, T_{recuit} est la température de remise à zéro du signal de TL et le domaine de préchauffage correspond aux différentes valeurs de préchauffage utilisables pour déterminer la paléodose en OSL.

Les tests statistiques du χ^2 et de Student ont été appliqués pour comparer les valeurs de paléodose mesurées à Bordeaux et celles de Durham sur grandes inclusions de quartz de l'échantillon Bdx11984/Dur346-1. Il s'ensuit que les différences entre ces valeurs d'un laboratoire à l'autre ne sont pas significatives ($\chi^2=0,69$ pour un intervalle à 80% de probabilité de [0,016 – 2,71] et $t_{\text{Stud.}}=4,30$). On en conclut donc que les résultats obtenus entre les deux laboratoires sont compatibles.

II-3) Détermination de la dose annuelle

II-3-1) Dose interne aux grains

Les concentrations de K, U et Th, analysés par ICP-MS, sur les grains de quartz traités à l'HF pour les mesures de l'OSL à Durham ont été utilisées pour calculer la dose annuelle interne aux grains (tableau 43; Bailiff, 2008) ; on peut voir que la contribution est relativement faible. Des expériences supplémentaires pour déterminer ces concentrations ont également été tentées à Bordeaux en spectrométrie gamma à bas bruit de fond sur les grandes inclusions de quartz traitées à l' H_2SiF_6 utilisées en TL, mais aucun signal détectable n'a pu être mis en évidence.

Echantillon	K _{int} (ppm)	U _{int} (ppm)	Th _{int} (ppm)	I _{int} (mGy/an)
Bdx11984/Dur347-1	<200	0,08±0,00	1,73±0,50	0,10±0,00
Bdx11985/Dur347-2	<600	0,32±0,10	0,35±0,10	0,08±0,00

Tableau 43 : Concentrations en radionucléides mesurées par ICP-MS après dissolution des grains de quartz traités avec HF et valeur de la dose annuelle interne correspondante.

II-3-2) Contributions α et β de la terre cuite à la dose annuelle

Les taux d'humidité à saturation de 11,40 et 9,45% respectivement mesurés pour les échantillons Bdx11984 et Bdx11985 rendent compte d'une porosité faible des briques. Au vu de ces valeurs, il a été choisi d'attribuer une valeur standard de 3±2% pour l'humidité archéologique, pour le calcul des doses d'irradiation annuelle.

Les concentrations en K, U et Th mesurées en spectrométrie gamma à bas bruit de fond et les doses α (Bordeaux seulement) et β correspondantes calculées à partir des facteurs de conversion d'Adamiec et Aitken (1999), ainsi que la dose annuelle β obtenue par β -TLD (Durham) sont présentées dans les tableaux 44 et 45 respectivement.

On remarque que les composantes Th et K et les valeurs des concentrations en uranium U238 et Ra226 diffèrent d'un facteur ~2 pour le thorium, de ~3 à 4 pour l'uranium et ~2 pour le potassium. Il semble qu'on ait affaire ici à deux échantillons de composition totalement différente. Cette étude corrobore les résultats préalablement obtenus par spectrométrie de rayons X en dispersion d'énergie.

Echantillon	K _{céram.} (%)		U(²³⁸ U) (ppm)		U(²²⁶ Ra) _{céram.} (ppm)		Th _{céram.} (ppm)		Pb210/Ra226		α ₁ /α ₀
	Bdx	Dur	Bdx	Bdx	Dur	Bdx	Dur	Bdx	Dur	Dur	
Bdx11984 /Dur347-1	3,19± 0,04	2,67± 0,03	8,00± 0,24	6,74± 0,05	6,78± 0,42	21,52± 0,18	23,10± 0,96	1,09± 0,...	0,69± 0,04	1,01	
Bdx11985/ Dur347-2	1,59± 0,02	1,56± 0,03	1,99± 0,15	1,88± 0,03	2,19± 0,32	11,73± 0,12	13,30± 0,79	1,13± 0,..	0,75± 0,11	1,02	

Tableau 44: Composition radiochimique des briques réduites en poudre, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type. Les rapports Pb210/Ra226 obtenu en spectrométrie gamma et α_1/α_0 obtenu en comptage alpha à Durham sont également rapportés.

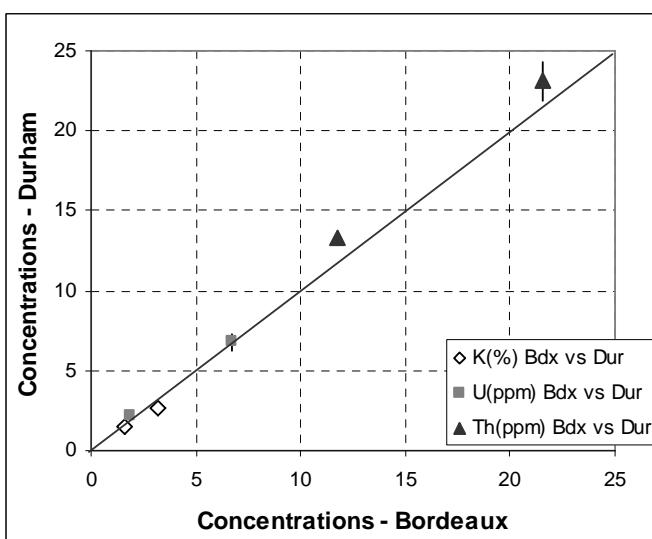


Figure 96 : Comparaison des valeurs K, U et Th déterminées dans chaque laboratoire par spectrométrie gamma à bas bruit de fond.

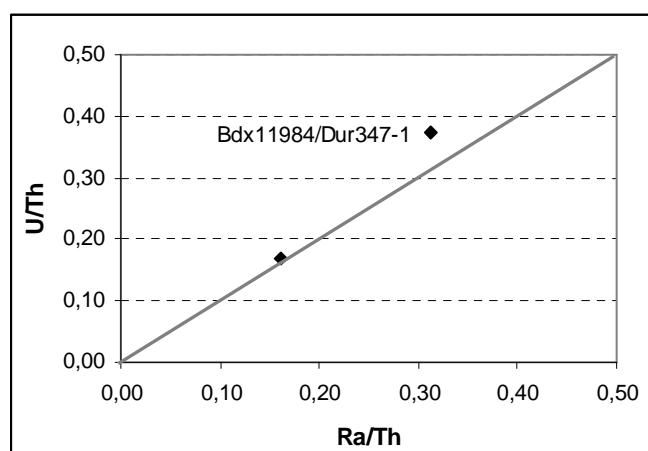


Figure 97: Etude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse du rapport des concentrations U(²³⁸U)/Th et U(²²⁶Ra)/Th.

Les concentrations en K, U et Th (tableau 44) obtenues sur les sections de carottes adjacentes allouées à chacun des laboratoires sont globalement en bon accord (fig.96), hormis les rapports Pb210/Ra226 qui sont proches de 1 pour le laboratoire de Bordeaux (c'est-à-dire qu'il n'y a pas de fuite de radon détecté) et proches de 0,72 à Durham, significatif d'un déséquilibre entre le radium et le plomb. Cette différence peut être liée à l'efficacité du détecteur.

L'étude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse des rapports de concentrations U(²³⁸U)/Th et U(²²⁶Ra)/Th (fig.97) montre que les points sont relativement proches de la ligne d'équilibre, bien que Bdx11984/Dur347-1 s'en éloigne un peu.

Cependant, un seul point ne permettant pas d'évaluer la tendance du déséquilibre, on considère qu'il y a déséquilibre constant (et donc la dose annuelle est constante) et en proposant comme hypothèse que l'uranium en est responsable, alors les activités ne sont pas modifiées (la période de Th230 étant largement supérieure à l'âge de l'échantillon).

La valeur k du coefficient d'atténuation α (Bordeaux), ainsi que les contributions α (Bordeaux) et β à la dose annuelle déduites des concentrations en radioéléments détectés en spectrométrie gamma sont reportées dans le tableau 45. Egalement représentée, la valeur de la dose β obtenue directement par β -TLD (Durham).

Les valeurs de la dose annuelle β calculées en utilisant les analyses de la spectrométrie gamma par les deux laboratoires et mesurées directement par β -TLD à Durham concordent.

Echantillon	Technique	k	$I_{\alpha} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)	$I_{\beta} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)		
		Bordeaux		Bordeaux	Durham (spectro γ)	Durham (β -TLD)
Bdx11984/ Dur347-1	PIp	0,12±0,01	4,22±0,16	4,01±0,11	-	-
	CGq	0,03±0,01	0,14±0,01	3,56±0,12	3,38±0,19	3,46±0,21
Bdx11985/ Dur347-2	PIp	0,12±0,01	1,59±0,05	1,79±0,05	-	-
	CGq	-	-	-	1,74±0,20	1,67±0,17

Tableau 45 : Coefficient k et contribution α à la dose annuelle (mGy/an) calculés à Bordeaux et dose annuelle β (mGy/an) déterminée à partir des mesures de spectrométrie gamma à Bordeaux et Durham et à partir des mesures de β -TLD à Durham.

II-3-3) Contributions γ et cosmique à la dose annuelle.

Les doses annuelles γ et cosmique sont données dans le tableau 46 ; les incertitudes associées correspondent à la précision expérimentale et à l'incertitude systématique liée aux dosimètres. Les dosimètres de Bordeaux et de Durham ont été placés aux mêmes endroits dans le trou laissé par la carotte Bdx11984/Dur347-1 dans la maçonnerie ; la concordance obtenue en utilisant différents phosphores dosimétriques est bonne.

Echan-tillon	Technique	$I_{\text{env}} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)		$I_{\text{tot}} \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)			
		Bordeaux	Durham	Bordeaux modèle 1	Bordeaux modèle 2	Durham modèle 1	Durham modèle 2
Bdx11984/ Dur347-1	PIp	0,90±0,06	-	9,14±0,05	9,66±0,08	-	-
	CGq	0,89±0,04	0,83±0,05	4,58±0,18	5,09±0,24	4,38±0,11	4,91±0,18
Bdx11985/ Dur347-2	PIp	0,71±0,06	-	4,09±0,04	4,29±0,07	-	-
	CGq	-	0,67±0,05	-	-	2,41±0,06	2,62±0,11

Tableau 46 : Dose annuelle combinée gamma + cosmique (I_{env}) mesurée en utilisant les capsules dosimétriques (Bordeaux : $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$; Durham : $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{C}$) et dose annuelle totale (I_{tot}) déterminée par chaque laboratoire. Les incertitudes correspondent à la précision expérimentale associée à l'incertitude systématique liée aux dosimètres. Deux modèles ont été utilisés pour obtenir I_{tot} ; dans le modèle à phase unique (modèle 1), la brique est supposée être restée en place depuis son utilisation d'origine et dans le modèle à double phase (modèle 2), la brique est supposée avoir été au même emplacement depuis la construction de l'église médiévale et avoir été récupérée d'une autre structure plus ancienne.

II-3-4) Dose annuelle totale

La dose annuelle totale effectivement reçue par chacun des deux échantillons analysés, correspondant à la somme des contributions mesurées précédemment, est exprimée dans le tableau 46. Les résultats obtenus par chaque laboratoire produisent des valeurs de doses annuelles similaires, comme prévu pour des dosimètres placés au même endroit.

II-4) Datation

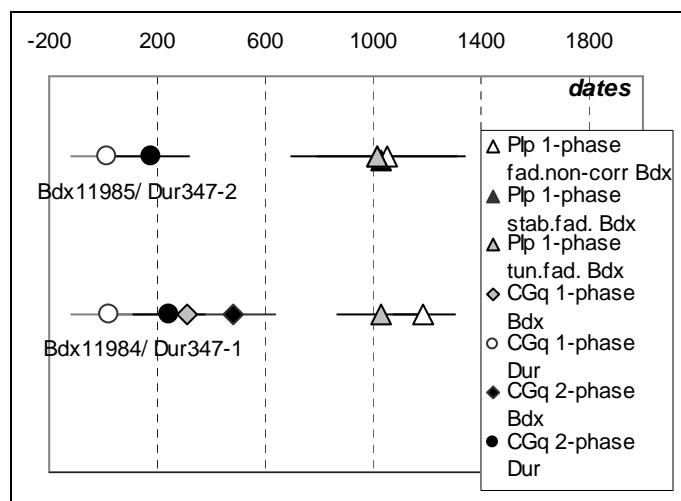


Figure 98: Comparaison des dates pour Rugles obtenues sur petites inclusions polyminérales (avant et après correction du fading) et sur grandes inclusions de quartz à Bordeaux et Durham, selon le modèle de la dose annuelle à phase unique et selon le modèle à double phase.

La figure 98 présente les résultats des dates individuelles obtenues par petites inclusions polyminérales (avant et après correction du fading) et par les grandes inclusions de quartz suivant les évaluations conventionnelles de la dose annuelle où il est supposé que la brique fut fabriquée peu de temps avant son insertion dans la maçonnerie et est restée en place depuis lors (modèle phase unique de la dose annuelle). Cependant, puisque les datations sur grandes inclusions suivant ce modèle indiquent un âge significativement plus ancien que l'église elle-même, un modèle phase double de la dose annuelle a donc été appliqué pour corriger les datations. En moyenne, les doses annuelles du modèle double-phase sur grandes inclusions sont 8% plus élevées que pour celles du modèle phase unique (tableau 47)

Echantillon	Technique (modèle corr. fading)	Age $\pm\sigma_{\text{tot}}(\sigma_{\text{stat}})$ (années en 2008)		Dates AD $\pm 1\sigma$			
		Bordeaux	Durham	Bordeaux modèle 1	Bordeaux modèle 2	Durham modèle 1	Durham modèle 2
Bdx11984 /Dur347-1	PIp _(log)	979 \pm 62 (40)	-	1029 \pm 62	-	-	-
	CGq	1695 \pm 138 (123)	1985 \pm 130 (62)	313 \pm 138	482 \pm 212	23 \pm 130	244 \pm 136
Bdx11985 /Dur347-2	PIp _(log)	991 \pm 76 (59)	-	1017 \pm 76	-	-	-
	PIp _(exp)	996 \pm 68 (61)	-	1012 \pm 68	-	-	-
	CGq	-	1942 \pm 120 (61)	-	-	66 \pm 120	225 \pm 136

Tableau 47 : Ages et dates individuels calculés pour chaque échantillon. Les dates sont présentées avant et après correction selon le modèle double-phase pour la dose annuelle.

Les datations obtenues par la technique des petites inclusions polyminérales situent la fabrication des terres cuites au XI^e siècle. Pour l'échantillon Bdx11984, les dates obtenues par la technique des grandes inclusions de quartz à Bordeaux et à Durham fournissent une origine antique à la brique dont l'échantillon est issu, ce qui est largement incompatible avec les résultats obtenus par la technique des petites inclusions.

III) Discussion

Les datations entre les échantillons sont homogènes quelle que soit la technique utilisée pour les dater ; c'est-à-dire que ces échantillons sont contemporains, tandis que la caractérisation élémentaire et radiochimique des briques avait révélé une hétérogénéité dans le lot.

Les domaines chronologiques sur grandes inclusions de quartz de Bordeaux et Durham, qui concordent en utilisant le modèle de dose annuelle soit à phase unique, soit à phase double, sont relativement plus vieux que ceux des petites inclusions polyminérales. La différence peut être liée à l'utilisation de modèles de fading inappropriés, entraînant une sous-estimation de la correction, ou plus simplement liée aux données irrégulières, voire insuffisantes, et de mauvaise qualité obtenues expérimentalement au cours des tests de fading sur ces deux échantillons.

Au vu de ces données, il est plus probable que les briques utilisées dans la mise en œuvre du tympan du portail originel de l'église de Condé-sur-Risle soient des remplois romains plutôt que des matériaux du XI^e siècle. L'hétérogénéité de leur aspect visuel (couleur, texture, dimensions) et de leur composition élémentaire et en radioéléments tend à considérer des provenances diverses pour ces matériaux, ou en tout cas de matières premières très différentes. De la même façon, l'utilisation limitée de ce type de matériau pour l'édifice primitif laisse penser que ces quelques briques ont peu probablement été fabriquées dans le but de cette construction précise.

Si l'on accepte cette hypothèse d'un remploi et la correction correspondante de la dose annuelle, la période approximative de fabrication de ces deux briques peut être estimée vers les III^e-V^e siècle après J.C.

English summary

The geostrategic location of the small parish of Condé-sur-Risle in the department of Eure, Normandy favoured the early settlement of human people. Situated on the banks of the river Risle on the crossing of the ancient road leading from Lisieux to Caudebec-en-Caux (Cliquet, 1993, 203), the remains of a supposed to be camp discovered on the archaeological site of les Grands Parquets (Coutil, 1904, 69-70), close to the churchyard, suggests settlement from the Roman period. The church itself is dedicated to Saint Martin and displays a simple rectangular plan with a fabric mainly composed of limestone and flints. The current church is the result of multiple re-building. This study is, however, focused on the original doorway of the nave, on the south side of the building. This doorway has jambs made of large, alternating, superimposed upright and horizontal limestone blocks, topped with a flat lintel likely consisting of a probable reused, re-cut Roman sarcophagus. The plain, round-headed tympanum filled with a *petit appareil* of limestone rubble is bordered by an alternation of stone and single or double tile voussoirs and hood-moulded with a range of square section billets suggesting a date in the 1030's. This would coincide with the first record of the parish in the 11th century when its first lord, Gilbert de Condé is mentioned (Bates, 1998, n° 166, 217). This original doorway has at some point been blocked up; probably done when the new doorway was added further west on the same side of the nave. This addition was most likely made in the 12th century as suggested by the zigzag of its tympanum and its Norman capitals assigned to the period 1120-30's (Clapham, 1936; Baylé, 1999).

The aim of this work is to again verify whether the CBM used in the original doorway is reused Roman material. The assumption that Roman material was reused appears very likely to be the case as the nearby archaeological excavations have revealed Roman activity (Cliquet, 1993). Moreover, the amount of CBM used in the original buildings is very limited (i.e., 19 in total) and their colour, matrix and size vary substantially, providing further evidence of salvaged materials. Furthermore, intercomparison studies were performed with the samples divided between the laboratories of Durham and Bordeaux, comparing the dates obtained with the polymimetal fine grain and coarse quartz grain techniques, and also evaluating whether the corrections applied for anomalous fading in fine grain data were valid for these materials.

Two of the three bricks (Bdx11984/Dur347-1 and Bdx11985/Dur347-2) from the original 11th century doorway of the nave were sampled. The samples were divided and analysed in the two laboratories.

In Bordeaux, the two techniques of polymimetal fine grains (3-12 μ m) and coarse grains of quartz (80-200 μ m) were performed where applicable. The method used was TL with the additive and regeneration technique on multiple aliquots. In Durham, SAR-OSL was performed with coarse grains of quartz (90-150 μ m). The use of polymimetal fine grains in Bordeaux required further tests for fading due to the presence of feldspars and other aluminosilicates. Further tests of fading were also carried out on coarse grains of feldspars (90-150 μ m; $\rho < 2.58 \text{ g cm}^{-3}$) and polymimetal fine grains (2-10 μ m; un-etched) at the Durham laboratory to compare fading data obtained in both laboratories using similar samples.

The reduction in TL signal with storage time recorded in Bordeaux with the fine grain samples indicates the persistence of fading after 2 months and behaviour (logarithmic) consistent with that predicted by a recombination by tunnelling model (Visocekas *et al.*, 1994; Zink, 1996). The reduction in IRSL and TL recorded in Durham with coarse grains of K-feldspar and polymimetal fine grains for sample Bdx11984/Dur347-1 were similar, and also followed a logarithmic reduction with storage time. The rate of loss of TL was slightly lower than that for IRSL. Hence the TL fine grain age for this sample was corrected for fading using a logarithmic model, back-extrapolating to obtain the corrected age (Visocekas, 1985).

In the case of sample Bdx11985/Dur347-2, the fading followed a similar form, but two types of fading model can be considered for the pattern of fading observed. The first is the recombination model by tunnelling discussed above; the second is a recombination model with a stable level similar to a localized transition mechanism (Templer, 1985; Sanderson, 1988) and represented by a decreasing exponential function with an asymptote. Using this model the paleodose was corrected using a coefficient corresponding to the mean of the residual signals recorded for the longer storage measurements, after a two-day delay (0.97). Whatever the fading model chosen for sample Bdx11985/Dur347-2, the subsequent corrections converged for the two models.

The results of the paleodose for polymimetal fine grains, after correction of the fading, are 8.95 ± 0.47 Gy for Bdx11984/Dur347-1 and 4.06 ± 0.26 Gy for Bdx11985/Dur347-2. With coarse grains of quartz, the paleodose values obtained in Durham for the two samples are of 8.70 ± 0.56 and 4.68 ± 0.46 Gy for Bdx11984/Dur347-1 and Bdx11985/Dur347-2 respectively, the first having been also calculated in Bordeaux with coarse grains and giving a paleodose value of 7.77 ± 0.56 .

The dose rate values are of 9.14 ± 0.05 and 4.09 ± 0.04 mGy/yr for polymimetal fine grains, and 4.38 ± 0.11 and 2.41 ± 0.06 mGy/yr for coarse grains for Bdx11984/Dur347-1 and Bdx11985/Dur347-2 respectively according to Durham and 4.58 ± 0.18 mGy/yr for sample Bdx11984/Dur347-1 according to Bordeaux.

The final dates are AD 1029 ± 62 and AD 1015 ± 71 for fine grains and AD 23 ± 130 and AD 66 ± 120 for coarse grains according to Durham for Bdx11984/Dur347-1 and Bdx11985/Dur347-2 respectively and AD 313 ± 138 for Bdx11984/Dur347-1 according to Bordeaux.

This study highlights two salient points. Firstly, the importance of being cautious towards the use of polymimetal fine grain materials which also require fading analysis as the proposed model can be inappropriate, giving rise to an underestimated correction of the age. Secondly, if only the results from the physical data are used, the archaeological question related to the origin of the CBM could not be answered at this stage, as the fine grain data give a date of the 11th century for manufacture and the coarse grains data, after correction of the dose rate using a two-phase model, provide dates of AD 244 ± 136 and AD 225 ± 136 according to Durham and AD 482 ± 212 according to Bordeaux. However, if the archaeological evidence is taken into consideration, it can be deduced that the most accurate results are provided here by the coarse grains dating method.

EGLISE SAINT-AUBIN DE VIEUX-PONT-EN-AUGE

I) Présentation

I-1) Le site et son cadre géographique

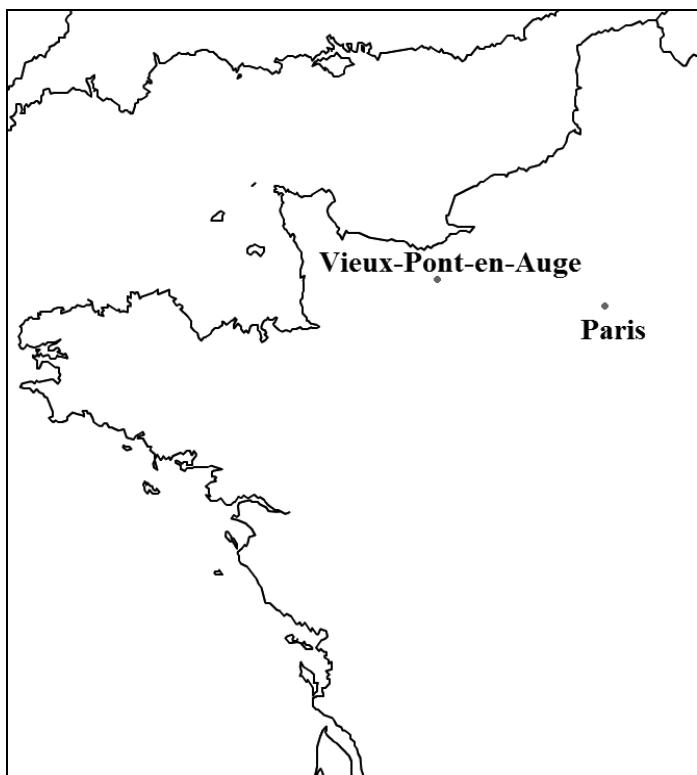


Figure 99 : Situation géographique de Vieux-Pont-en-Auge

L'église dédiée à Saint Aubin, évêque d'Angers de 529 à 550, appartient à la commune de Vieux-Pont-en-Auge, dans le département du Calvados (Basse-Normandie ; fig.99). Localisée à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de Lisieux, la commune se situe sur la route qui mène de l'Anjou vers Lisieux. Cette position a pu favoriser d'établissement d'anciennes occupations humaines, comme l'attestaient les découvertes au XIX^e siècle de poteries romaines dans la commune (Caumont, 1867, 515-22). Cependant, rien ne semble avoir subsisté de ces indices archéologiques, la Carte Archéologique de Gaule n'y faisant pas même référence (Delacampagne, 1990).

I-2) Description de l'édifice : plan et élévations

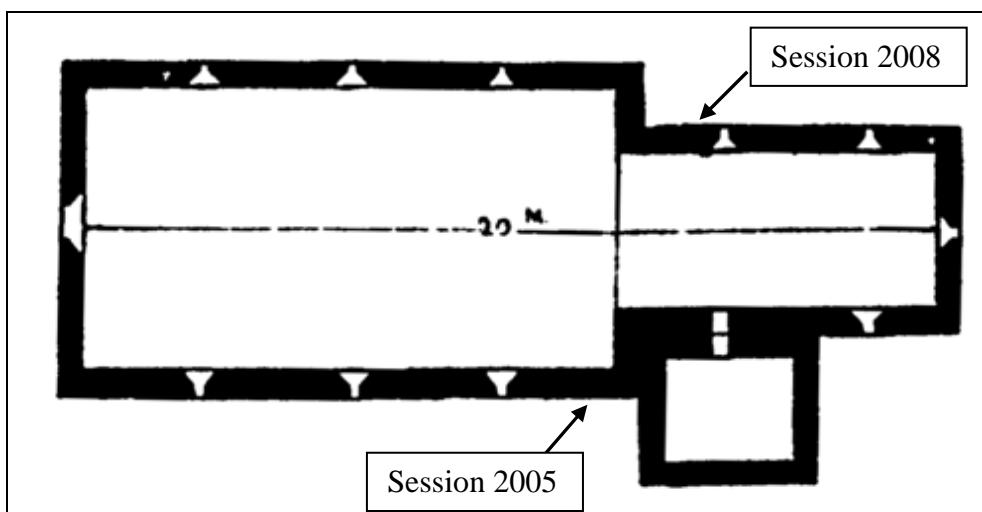


Figure 100 : Plan de l'église Saint-Aubin de Vieux-Pont (d'après Caumont, 1867).

L'église est construite sur un plan simple (fig.100). La nef rectangulaire de dimensions modestes (14 x 8 m) se prolonge à l'est par un chœur à chevet plat plus étroit (8 x 5 m) (Decaëns, 1987c, 575). Un clocher est inséré dans l'angle sud formé par l'abside et la nef (fig.101a). Son mur oriental présente une inscription obituaire (fig.102b) attribuée au commanditaire : « Le 7 des ides de février mourut Ranoldus. Celui ci est né de la race des Francs. Que son âme repose en paix. Amen. C'est lui qui a fait cette église » (traduction de Beck, 1981, 75, 85-86).

L'édifice a subi de nombreuses modifications et restaurations partielles aux XVI^e, XVIII^e et XIX^e siècles ; la partie nord de la nef notamment a été très largement remaniée. La partie sud de la nef, le chœur et la base du clocher sont construits en petit appareil de cinq à six assises de moellons noyés dans le mortier alternant avec des chaînages de briques sur trois rangs (Musset, 1967b, 43 ; fig.101b). La brique est également employée dans les triples cordons de l'encadrement des baies romanes en plein cintre de la nef et du chœur (Decaëns, 1987c, 575 ; fig.101c). La partie supérieure du clocher quant à elle présente un moyen appareil en pierre de taille uniquement. A l'intérieur du clocher, le tympan du portail d'origine du chevet est toujours visible ; il est plein et son cintre présente une alternance de claveaux de pierre et de brique et d'un sourcil d'arc en briques plates (fig.102c). Enfin, une dernière particularité de l'église est le chaînage de l'angle entre la nef et le chevet, côté nord, qui présente une alternance de gros blocs et de blocs plats de calcaires, évoquant peut-être le type de chaînage « *long-and-short* » du monde anglo-saxon (Baylé, *comm.pers.* ; fig.102a).

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

I-3-1) Sources écrites

La construction de l'édifice d'origine est probablement antérieure à 1068, date à laquelle la charte de Saint-Désir de Lisieux, établie par Guillaume le Conquérant, mentionne le rachat de l'église par ses religieuses (Bates, 1998, n°179). A partir de son étude épigraphique et de son analogie typologique avec la stèle de Triguères (Loiret), l'inscription de Poussy-La-Campagne ou encore la pierre tombale de la reine Mathilde à la Trinité de Caen (1083) (Baylé, 2000, 7), l'inscription insérée dans la base du clocher peut être attribuée à la première moitié du XI^e siècle (Musset, 1967b, 44). Cette inscription nous indique le nom du maître d'œuvre, Ranoldus. Ce nom, courant au XI^e siècle, apparaît également dans la charte de Richard I^{er} lors de la reconstruction de Fécamp (Baylé, 2001).

A partir de ces données historiques, une première attribution chronologique situe l'édification de l'église par Ranoldus dans la première moitié du XI^e siècle (Baylé, 2000, 7-8).

I-3-2) Etudes archéologiques

Dès les années 1830, le fondateur de la Société Française d'Archéologie, Arcisse de Caumont focalise son intérêt sur l'alternance pierre-brique de l'appareil et l'inscription du clocher de l'église (Caumont, 1834, 404). S'appuyant sur ces critères formels, il attribue alors la fondation de l'édifice au VIII^e siècle.

Lucien Musset s'est également intéressé au mode d'appareillage de l'église, qu'il considère comme « un parti [...] hérité des enceintes de villes du Bas Empire », qui perdure tout au long du haut Moyen Age (Musset, 1967b, 43). Pour lui, l'alternance pierre-brique a largement été influencée par les pratiques architecturales carolingiennes d'Anjou. Il place la construction de l'église de Vieux-Pont vers 1025, période marquée par les nombreuses fondations ordonnées par Richard II (Musset, 1967, 44).

Maylis Baylé situe l'édification de la partie supérieure du clocher dans les années 1060-1070, par comparaison stylistique de son décor et de ses moulures (modénature) avec l'Abbaye-aux-Dames de Caen (Baylé, 2000, 7). Cette phase de construction correspond probablement à l'achat de l'église par les religieuses lexoviennes. La construction de la partie supérieure du clocher étant postérieure au reste de l'édifice (différence d'appareil, obturation partielle des fenêtres hautes de la nef suite à son adjonction), l'édification de l'église d'origine remontrait vers 1030-1040, voire légèrement plus tard.

Manœuvrier, quant à lui, propose une datation dans la deuxième moitié du X^e siècle, compte tenu de l'absence de contreforts. D'autre part, il suggère que l'origine des briques utilisées dans les maçonneries pourrait être contemporaine à l'édification de l'église. En effet, au vu de son inclinaison, le toit ayant sans doute nécessité une couverture par des tuiles plutôt que par du chaume, la production de tuiles à cet effet aurait pu se faire parallèlement à celle de briques (Manœuvrier, 1992). Cet argument est discuté, la pente du toit ayant probablement été modifiée à la suite de travaux (Musset, 1967b).

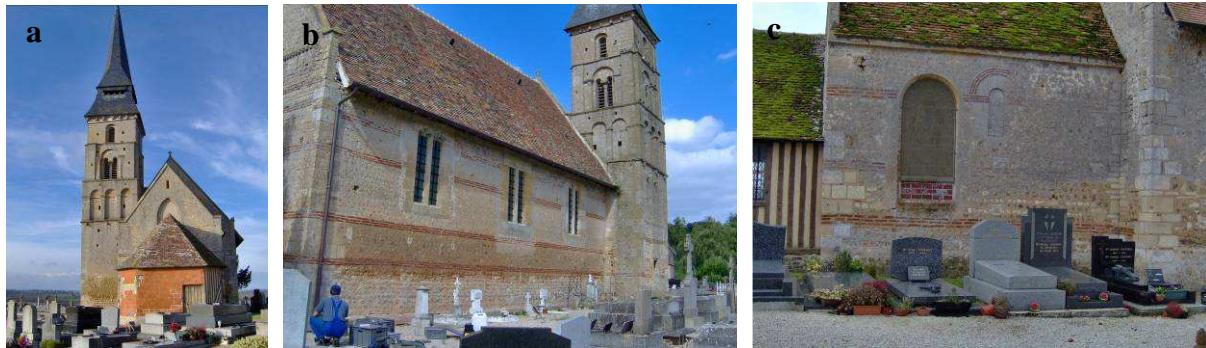
I-4) Problématique

Une des questions relatives à la compréhension du site concerne l'origine des matériaux de construction tels que les petits dés et les gros blocs de calcaire et les briques utilisées dans les chaînages ou les claveaux des arcs. S'agit-il en effet de remplois antiques, comme tendraient à le suggérer les rares traces de béton hydraulique observées sur certaines briques (fig.103b) et la diversité des types de briques utilisées dans la construction (fig.103a), ou des productions contemporaines à l'édification de l'église, comme l'a proposé Manœuvrier (1999) ?

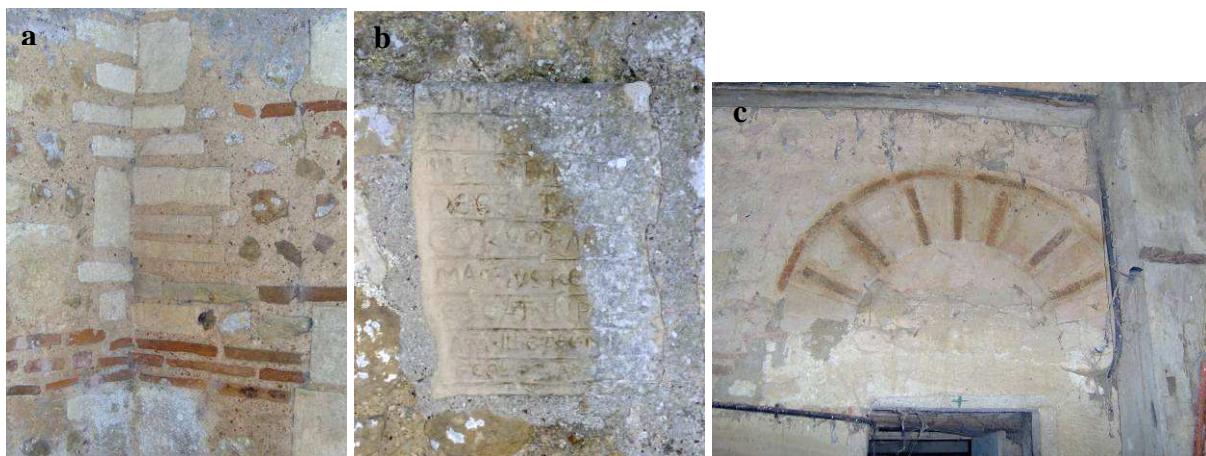
I-5) Le matériel d'étude : les briques

Une première série de datation sur des briques provenant du mur sud de la nef, du clocher et un échantillon du mur nord du chevet de l'église a été effectuée par Armel Bouvier en 2005. Les datations qui en ont résulté ont été interprétées comme des âges apparents de remplois de terres cuites antiques. Cette deuxième partie de l'étude de l'édifice est désormais focalisée sur le mur nord du chevet. Nous présentons ici l'ensemble des résultats de l'étude de la datation par TL des briques de Vieux-Pont-en-Auge.

Les deux échantillons étudiés en 2008 ont été prélevés sous la forme de carotte. La première, référencée Bdx11987, provient d'une brique située à 1,10 m du sol, au niveau du premier rang de la première assise de briques. Cette brique mesure 4,5 cm d'épaisseur pour 28,5 cm de long. Le deuxième échantillon (Bdx 11989) est issu d'une brique de 26 x 4 cm, située dans le deuxième rang de briques de la même assise.



Figures 101 a, b & c :Partie orientale de l'église, mur sud de la nef, mur nord du chevet.



Figures 102 a, b & c : Imitation du chaînage anglo-saxon « long-and-short » ; inscription obituaire ; tympan de la porte sud du chevet (ouvrant dans le clocher).



Figures 103 a & b : Briques du le mur nord du chevet : on observe une hétérogénéité dans les couleurs et dimensions des briques ; mortier de tuileau rose adhérant à la surface d'une tuile incrustée dans le mur.

II) Datation par TL de la cuisson des briques

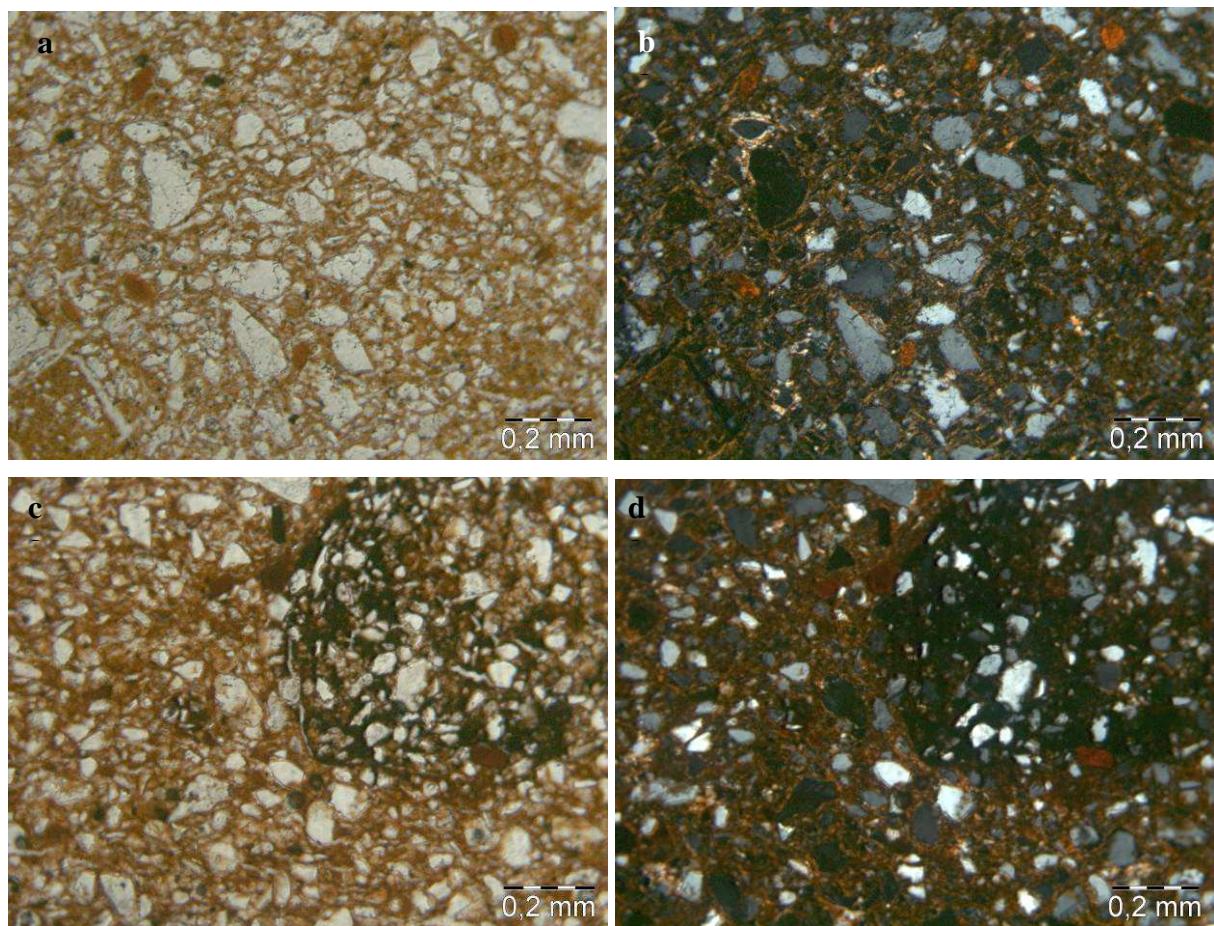
II-1) Étude de la nature et de la morphologie des grains utilisés pour la datation

II-1-1) Texture

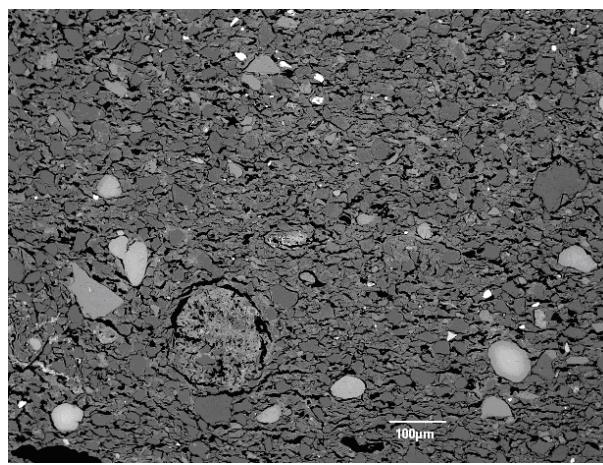
Seul l'échantillon Bdx11989 a fait l'objet d'une analyse préliminaire de sa texture.

L'étude pétrographique révèle une pâte très chargée de petites inclusions très bien réparties de dimensions majoritairement inférieures à 80 μm (fig.104c & d). On retrouve deux types de grains : émoussés et anguleux (fig.104a & b). La majorité des inclusions sont des quartz. On observe également des glauconies et très peu de feldspaths. L'imagerie au MEB (fig.105) confirme les observations pétrologiques.

Nous avons décidé de recourir en priorité à la technique des petites inclusions polyminérales pour cet échantillon et, dans la mesure du possible, à celle des grandes inclusions du quartz, dans un but d'intercomparaison des techniques.



Figures 104 a, b, c & d : Observation (x100) en lumière polarisée non analysée (a, c) et polarisée analysée (b, d) de la lame mince de l'échantillon Bdx11989. On observe que la pâte est relativement homogène quant à la nature, à la fréquence, à la taille et à la proportion des inclusions qu'elle contient : l'échantillon présente une texture très chargée en petites inclusions.



Figures 105 : Bdx11989 : images MEB en mode électrons rétrodiffusés; grossissement x50 ; réseau très dense, très serré, avec une répartition relativement homogène des grains.

I-1-2) Composition élémentaire

L'analyse quantitative élémentaire par spectrométrie de rayons X en dispersion d'énergie a été réalisée sur les deux échantillons étudiés pour la datation.

Les briques analysées présentent une nature siliceuse (teneurs en SiO_2 qui varient entre 61,26 et 64,41%), la teneur en CaO n'excédant pas les 2%.

La composition des pâtes semble globalement homogène (fig.106), même si dans le détail on observe quelques légères différences. Bdx11987 présente en effet des teneurs plus élevées en K_2O et Al_2O_3 que Bdx11989 (4,33 contre 2,95% et 18,46 contre 11,03 respectivement) et une teneur plus faible en Fe_2O_3 (12,73 contre 17,38%).

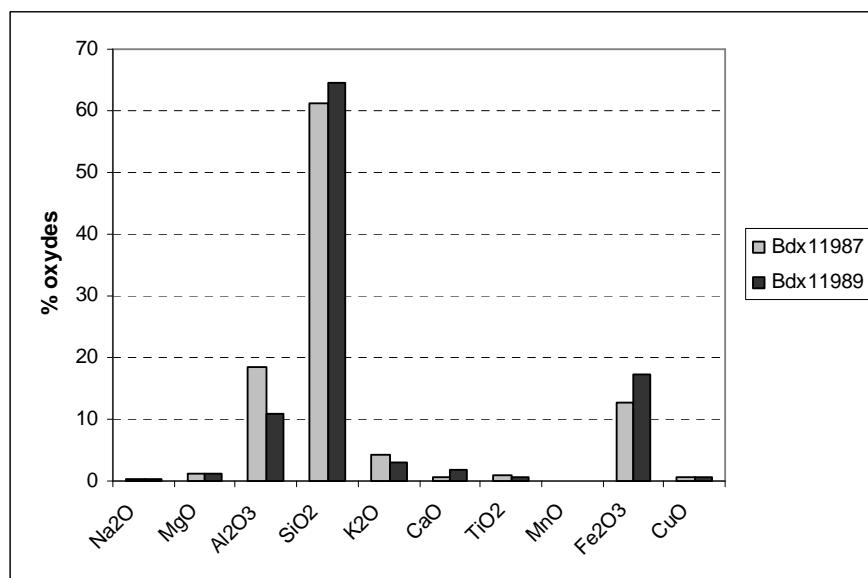


Figure 106 : Histogramme des compositions des deux briques du mur nord du chevet de Vieux-Pont (exprimées en pourcentages pondéraux d'oxydes).

II-2) Détermination de la dose équivalente

II-2-1) Etude du fading des petites inclusions polyminérales

Seul l'échantillon Bdx11989 a bénéficié d'une étude de sa luminescence par la technique des petites inclusions polyminérales. La présence d'un mélange polyminéral de quartz et de feldspaths a nécessité des expériences supplémentaires visant à tester l'existence d'un *fading*.

Le *fading* observé semble conduire à une stabilisation. En effet, les données expérimentales ne montrent pas l'existence d'un effet tunnel selon les modalités proposées par Visocekas (1985) : les points expérimentaux semblent se positionner autour d'un niveau stable de TL au bout de quelques jours (fig.107) plutôt que continuer à s'éloigner de la valeur de référence (égale à 1). Le choix du modèle de déclin a nécessité la prise en compte d'un modèle de variation exponentielle semblant plus ajustée aux données expérimentales que l'effet tunnel.

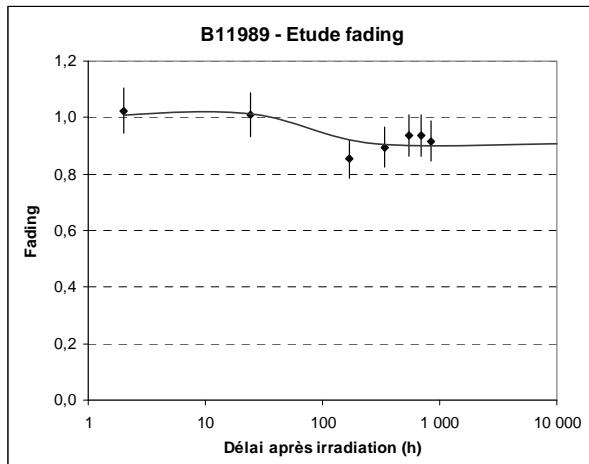


Figure 107 : Bdx11989 : Étude de la stabilité des signaux de TL : comparaison entre la TL enregistrée après un délai entre l'irradiation et la lecture TL, allant de 2 heures à 2 mois, et la TL enregistrée immédiatement après l'irradiation. Cette étude prouve l'existence d'un *fading*, semblant atteindre un niveau constant après 7 jours de délai. On a tracé la courbe ajustée aux points expérimentaux correspondant à une loi déduite du modèle de recombinaison avec un niveau stable correspondant à la moyenne des TL résiduelles à partir du 7^e jour.

II-2-2) Résultats

Le tableau 48 montre les résultats des mesures de dose équivalente (corrigée du fading dans le cas des petites inclusions polyminérales de Bdx11989), la valeur k, les températures de remise à zéro et le domaine du plateau pour chaque échantillon. Des incertitudes associées aux valeurs D_e et k sont des valeurs statistiques qui sont liées à la dispersion des intensités TL entre aliquotes.

Maçonnerie	Echantillon	Tech-nique	D_e (Gy)	k	T°C recuit	Domaine d'intégration du pic (°C)
Mur sud de la nef	Bdx9624	PIq	5,38±0,48	0,03±0,00	650	250-480
	Bdx9625	PIq	8,01±0,78	0,04±0,00	700	250-480
	Bdx9626	GIq	7,09±0,86	0,03±0,01	675	250-480
Clocher	Bdx9628	PIq	9,11±1,13	0,03±0,00	650	250-480
Mur nord du chevet	Bdx11987	GIq	10,14±0,94	0,05±0,00	650	250-420
	Bdx11989	GIq	6,97±0,54	0,05±0,00	650	250-420
		PIp	4,69±0,26	0,09±0,00	650	280-420

Tableau 48 : D_e est la dose équivalente exprimée en Gray; k est la valeur du coefficient d'atténuation alpha, et T°C est la température de remise à zéro du signal de TL.

II-3) Détermination de la dose annuelle

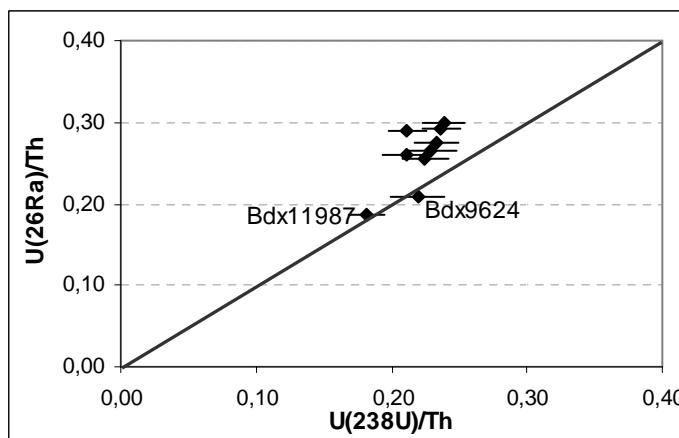
II-3-1) Etude du déséquilibre des chaînes de l'uranium

Les résultats obtenus des mesures des concentrations en radioéléments des briques du mur sud de la nef, du clocher et du mur nord de la nef sont reportées dans le tableau 49.

Maçonnerie	Echantillon	K (%)	Th (ppm)	$U(^{238}U)$ (ppm)	$U(^{226}Ra)$ (ppm)	$U(^{210}Pb)$ (ppm)
Mur sud de la nef	Bdx9624	2,19±0,03	12,54±0,15	2,64±0,22	3,25±0,04	3,97±0,38
	Bdx9625	2,12±0,03	12,89±0,15	2,90±0,22	3,30±0,04	3,10±0,37
	Bdx9626	2,14±0,03	12,75±0,16	2,92±0,23	3,38±0,05	4,46±0,41
Clocher	Bdx9627	2,18±0,03	13,15±0,14	3,14±0,20	3,93±0,04	3,59±0,34
	Bdx9628	2,15±0,03	13,99±0,15	2,96±0,20	4,04±0,04	3,88±0,35
Mur nord du chevet	Bdx9629	2,78±0,04	10,49±0,14	2,30±0,21	2,19±0,04	2,75±0,37
	Bdx11987	2,91±0,04	10,11±0,11	1,84±0,13	1,89±0,03	2,04±0,20
	Bdx11989	2,03±0,03	11,28±0,20	2,67±0,15	3,29±0,04	3,94±0,27

Tableau 49 : Composition radiochimique des briques, déterminée par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Les concentrations en uranium, thorium et potassium sont présentées avec leur écart-type.

Le Pb210 et le 226Ra sont assez en accord, en moyenne le rapport Pb210/Ra226 valant 1,09. On peut donc considérer qu'il y a équilibre radium - plomb et donc pas de perte significative de radon *in situ*.



Figures 108: Etude du déséquilibre des séries de l'uranium par l'analyse du rapport des concentrations $U(^{238}U)/Th$ et $U(^{226}Ra)/Th$.

En revanche, les rapports U/Th et Ra/Th montrent une très faible variabilité de U/Th et une variabilité significative de Ra/Th (fig.108). L'hypothèse la plus probable est celle d'un déséquilibre au niveau de ^{226}Ra .

Cette hypothèse du lessivage ancien du radium nécessite la modification des données de conversion d'Adamiec et Aitken (1998) pour évaluer les contributions α et β à la dose annuelle des échantillons, hormis pour Bdx9624 et Bdx11987 dont les valeurs sont proches de la ligne d'équilibre.

II-3-2) Résultats

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle par échantillon pour les murs sud de la nef et du clocher et pour le mur nord chevet. Les valeurs de la dose annuelle environnementale pour chaque échantillon ont été obtenues à partir de la dosimétrie *in situ*.

Maçonnerie	Echantillon	Technique	$I\alpha_{ceram}$ (mGy/an)	$I\beta_{ceram}$ (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	I_{tot} 1 (mGy/an)	I_{tot} 2 (mGy/an)
Mur sud de la nef	Bdx9624	PIq	0,45±0,04	2,43±0,04	0,86±0,04	3,74±0,08	3,87±0,13
	Bdx9625	PIq	0,77±0,07	2,45±0,04	0,77±0,03	3,99±0,10	4,25±0,16
	Bdx9626	GIq	0,16±0,01	2,13±0,07	0,85±0,01	3,15±0,14	3,35±0,15
Clocher	Bdx9628	PIq	0,60±0,04	2,61±0,05	0,77±0,01	3,97±0,08	4,33±0,17
Mur nord du chevet	Bdx11987	GIq	0,04±0,00	2,48±0,02	0,86±0,01	3,37±0,13	3,62±0,18
	Bdx11989	GIq	0,09±0,01	2,05±0,07	0,84±0,01	2,99±0,11	3,20±0,15
		PIp	1,63±0,07	2,30±0,06	0,85±0,01	4,78±0,16	-

Tableau 50 : $I\alpha_{ceram}$ et $I\beta_{ceram}$ sont les contributions α et β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); I_{env} , la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) et I_{totale} , la dose annuelle totale. Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

II-4) Datation

Au vu des datations obtenues, il semblerait que les briques utilisées dans l'église de Vieux-Pont-en-Auge soient des remplois antiques, l'âge des briques étant plus grand que celui de la construction, de l'église. Une correction selon un modèle à double phase de la dose annuelle (Bailiff, 2008) est proposée, considérant que la structure d'origine d'où proviennent les briques était constituée de matériaux de même composition radiochimique que ces briques. Cette correction par l'augmentation de la dose annuelle (tableau 55) se vérifie ici puisque les briques ont été redéposées dans une maçonnerie de moellons de calcaire, ce dernier étant un matériau relativement peu radioactif. Les datations avant et après correction (fig.109) sont présentées dans le tableau 56.

Maçonnerie	Echantillon	Technique	Age (années) $\pm 1\sigma_{tot}$ ($\pm 1\sigma_{stat}$)	Date 1 (AD) $\pm 1\sigma_{tot}$	Date 2 (AD) $\pm 1\sigma_{tot}$
Mur sud de la nef	Bdx9624	PIq	1437±136 (130)	568±136	616±159
	Bdx9625	PIq	2008±206 (199)	-3±206	122±238
	Bdx9626	GIq	2254±289 (275)	-249±289	-111±326
	Moyenne Bdx9625&Bdx9626	-	2131±237	-126±237	6±282
Clocher	Bdx9628	PIq	2296±294 (287)	-291±294	-100±327
Mur nord du chevet	Bdx11987	GIq	3007±300 (280)	-1001±300	-794±356
	Bdx11989	GIq	2360±202 (182)	-354±202	-170±247
		PIp	1002±62 (56)	1005±62	-

Tableau 56: Résultats de la datation par TL des briques de Saint-Aubin. Les âges TL sont donnés en années avant 2005 pour les échantillons du mur sud de la nef et du clocher et en années avant 2008 pour les échantillons

du mur nord du chevet. Les incertitudes sont données à un sigma. Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

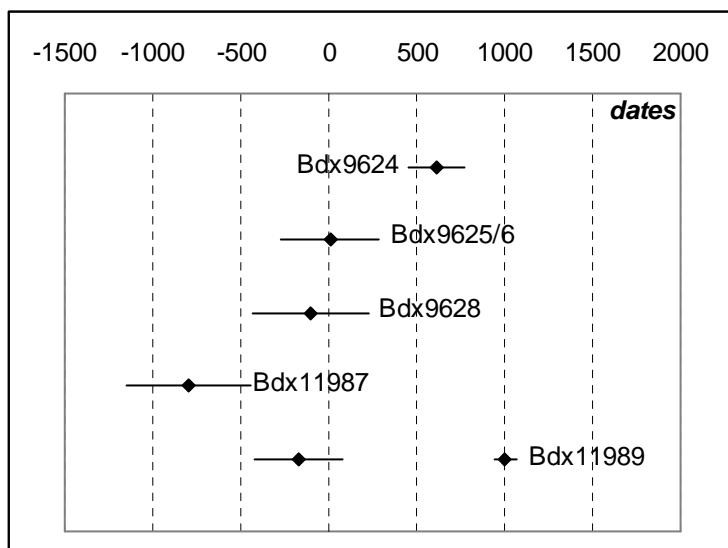


Figure 109 : Datations individuelles des échantillons de briques prélevées à Vieux-Pont-en-Auge.

III) Discussion

Les conclusions des deux études de datation par TL des briques de l'église de Vieux-Pont-en-Auge menées par A.Bouvier en 2005 et par l'auteur en 2008 concordent. Il semblerait que les âges quartz (toutes granulométries confondues) sont très anciens, en particulier par rapport à l'âge obtenu à partir de la technique des petites inclusions polyménées. Ce phénomène est à rapprocher de celui déjà observé au cours de l'étude des briques de Condé-sur-Risle où la technique des petites inclusions polyménées donnait une date de fabrication des briques aux alentours de l'an mil, tandis que, pour les mêmes échantillons, la technique des grandes inclusions de quartz fournissait des âges apparents de remplois antiques.

D'autre part, un des échantillons (Bdx11987) présente un âge particulièrement grand et pour lequel, les modifications apportées par le modèle de la double phase de la dose annuelle ne suffisent pas à corriger la datation. Cette anomalie n'est à l'heure actuelle pas expliquée et des études complémentaires sur les quartz sont à envisager tel que l'analyse en LA-ICP-MS des quartz en section.

English summary

The parish of Vieux-Pont-en-Auge is located in the department of Calvados, Basse-Normandy, 30 km south-west of Lisieux, on the road joining the Anjou region to Lisieux. The church, dedicated to Saint Aubin, Bishop of Angers (529-550), has a basic plan comprising a modest rectangular nave (14 x 8 m) and a narrower rectangular chancel (8 x 5 m). A bell-tower was added in the south corner formed by the nave and the chancel (Decaëns, 1987c, 575). On its eastern wall, there is a stone slab with an obituary inscription assigned to the commissioner: Ranoldus (Beck, 1981, 75, 85-6). The building underwent later changes and partial restorations in the 16th, 18th and 19th centuries, particularly on the north side of the nave. The south nave, the chancel and the lower part of the tower are built in *petit appareil* alternating with horizontal rows of bricks (Musset, 1967b, 43). Bricks are also used to turn the triple hood-moulding of the Romanesque windows on the nave and chancel (Decaëns, 1987c, 575). The upper part of the tower is built in a *moyen appareil*. A notable feature of the church is the north corner between the nave and the chancel, which presents an alternation of flat and upright large limestone blocks evocative of the Anglo-Saxon long-and-short quoin (Baylé, *pers.comm.*).

The building of the original church is likely to be prior to 1068, as the charter of St Désir's, Lisieux, established by William the Conqueror, records the repurchase of the Vieux-Pont church by the nuns of St Désir's (Bates, 1998, n°179). Moreover, the slab and its inscription can be typologically and epigraphically assigned to the first half of the 11th century (Musset, 1967b, 44; Baylé, 2000, 7). Ranoldus is a common name in the 11th century; it also appears in the charter of Richard I during the rebuilding of Fécamp sanctuary and in Wace's records (1155) in which Ranoldus, Lord of Vieux-Pont is said to have participated in the battle of Hastings (Baylé, 2001). However, it cannot be determined whether this is the same person. L.Musset considers the construction of the church must be linked to the period of foundations commissioned by Richard II, placing the building around 1025 (Musset, 1967). Further confirmation comes from the brick-stone alternation of the church, a feature he assigned to the 11th century (Musset, 1967b, 43). M.Baylé assigns the building of the upper part of the bell-tower to the 1060-70's, on the basis of its stylistic similarities with the dated Abbaye-aux-Dames, Caen (Baylé, 2000, 7). As this part of the building is later than the rest of the church, it suggests a date for the primitive building of around 1030-40's. Finally, due to the absence of buttresses, Manoeuvrier assigns the building to the second half of the 10th century (Manoeuvrier, 1992). Moreover, he suggests the CBM used in the masonries could be early medieval as it is likely that, because of its inclination, the roof was covered with tiles rather than thatch. The making of tiles on or for the site tends to suggest they could have also been used for the walling (Manoeuvrier, 1999).

The aim of this study is to determine whether the bricks used in the masonry are early medieval as suggested by Manoeuvrier, or Roman as clues such as traces of *opus signinum* on bricks would tend to suggest.

This work deals with two bricks sampled from the north wall of the chancel and four from the south wall of the nave. The quartz fine grain or the quartz coarse grain techniques were performed on these samples and Bdx11989 only also benefits from an analysis following the polymineral fine grain technique. The resulting paleodose values vary from 4.69 ± 0.26 to 10.14 ± 0.94 Gy. The annual dose rate ranges from 2.99 ± 0.11 to 4.78 ± 0.16 mGy/yr. The final

individual dates ranges from BC 794 ± 356 to AD 616 ± 159 after correction of the annual dose rate following a two-phase dose-rate model. These results indicate the quartz ages are older than the polymineral fine grain age and in one case (Bdx11987) the two-phase dose rate model does not provide a correction that is sufficient enough to bring the two sets of dates into agreement. At this stage of the work, this anomalous result is not explained.

PARTIE 4

ETUDE DE CAS ANGLAIS

CHAPITRE 14

EGLISE SAINT-MARTIN, CANTERBURY

CHAPITRE 15

EGLISE SAINT-MARGARET OF ANTIOCH, LOWER HALSTOW

CHAPITRE 16

EGLISE SAINT-MARGARET, DARENTH

CHAPITRE 17

EGLISE HOLY TRINITY, COLCHESTER

CHAPITRE 18

EGLISE SAINT-MARTIN DE TOURS, CHIPPING ONGAR

CHAPITRE 19

LES CARREAUX DE PAVEMENT DE L'EGLISE ALL SAINTS, YORK

Il a longtemps été considéré que la technique de production de la brique, introduite par les Romains en Bretagne, avait cessé au V^e siècle avec le départ de ces derniers et l'arrivée concomitante des colons Angles, Saxons et Jutes méconnaissant le savoir-faire, pour ne réapparaître qu'à la fin du XII^e siècle avec l'établissement des institutions monastiques continentales. En dépit de cette cessation supposée de la production de brique, les maçons anglo-saxons auraient perpétué l'emploi de certains matériaux de terres cuites, ces derniers ayant longtemps été considérés comme des récupérations de sites romains en ruines (Morant, 1768, 298). Dans les faits, la réalité est à nuancer. En effet, la production de briques ne cesse pas véritablement avec le départ des colons romains et l'arrivée des Angles et des Saxons, le substrat de la population restant le même. C'est le mode de gestion de la société et de production de ces artefacts qui change du fait des bouleversements internes liés aux mutations des classes dominantes. Plusieurs données historiques et archéologiques indiquent en effet que le passage de la culture romaine à celle anglo-saxonne ne s'est pas fait de manière abrupte, mais qu'il y eut une transition progressive et un mélange culturel des deux populations (Laing & Laing, 1996). Bède (*HE*) révèle qu'au milieu du V^e siècle, les Romains de Bretagne recrutent des mercenaires de certaines tribus anglo-saxonnes pour se débarrasser d'envahisseurs venus du Nord. En échange de leur protection, les guerriers anglo-saxons se sont vu offrir des terres dans l'est du pays. De plus, l'étude du Dr Heinrich Härke (1990) menée sur des cimetières anglo-saxons du Kent a montré que près de la moitié des squelettes des V^e et VI^e siècle correspondaient à des Bretons natifs et qu'entre les VII^e et IX^e siècles, les gènes anglo-saxons se sont modifiés avec ceux des Bretons, résultat d'un processus d'interaction culturelle pacifique plutôt que soudaine et agressive. Des Brito-Romains et Anglo-Saxons ont donc vécu en simultané et en collaboration pendant plusieurs décennies sur le territoire breton (Lucy, 2000, 4), assez longtemps pour permettre une transmission de savoir-faire techniques tel que celui de la production de TCA par exemple.

En plus de cette transition lente et pacifique des deux populations, les contacts avec le continent se sont également perpétués. Au début de l'époque anglo-saxonne, ces échanges sont particulièrement fréquents entre le sud-est de l'Angleterre et le monde mérovingien. Le Kent, de par sa situation géographique, est particulièrement réceptif aux idées et influences étrangères et en particulier par ces voisins mérovingiens (Fernie, 1983, 43 ; Hodges, 1982 ; Chadwick-Hawkes, 1982 ; Lucy, 2000, 4 ; Brooks, 2007 ; 7), expliquant l'occurrence d'objets d'inspiration franque en Angleterre, et en particulier lors de dons funéraires anglo-saxons (Geake, 1997, 120 ; Welch, 1992 ; Huggett, 1988). Or pour l'époque mérovingienne, il existe en France des indices d'une production de TCA essentiellement décorative ; il s'agit de briques estampées participant à des décors architectoniques (Costa, 1959 ; Périn, 1986) attribués aux V^e-VII^e siècles, découverts à Rezé, Nantes, Vertou, Paris. Les résultats archéométriques préliminaires de la thèse en cours de réalisation d'Armel Bouvier à l'Université de Bordeaux 3 corroborent également ces indices de l'existence d'une production de TCA à l'époque mérovingienne. Bien que l'affinité entre le Kent et la France mérovingienne décline à la mort de Dagobert I^{er}, entraînant la disparition d'objets francs dans les contextes archéologique (Geake, 1997), des liens politiques et économiques reprennent avec le monde carolingien et se développent en contre partie dans le reste de l'Angleterre (Brooks, 2007, 9). A travers le commerce, les unions matrimoniales mixtes et surtout les

activités de clercs anglais tels qu’Alcuin, Boniface et Willibord qui exportent les idées anglaises et l’art insulaire dans les territoires francs et au-delà et en importent des continentaux en Angleterre (Levison, 1946 ; Webster & Blackhouse, 1991), des savoir-faire techniques et des artisans continentaux sont réintroduits sur l’île. Le cas précurseur des monastères de Monkwearmouth (674) et Jarrow (681) illustre cette influence. Leur fondateur Benedict Biscop, qui a autrefois voyagé en Gaule, fait venir des maçons et des verriers de Gaule et fait construire des bâtiments maçonnés « *more romano* » avec des sols de mortiers, des fenêtres à verres colorés et des murs recouverts d’enduits teintés. Les liens avec le continent ne se limitent pas à l’Empire carolingien mais s’étendent également au monde méditerranéen avec notamment l’arrivée de missionnaires (Augustin, Théodore) qui apportent avec eux leur héritage culturel.

Au vu de tous ces contacts et des résultats précédents obtenus sur des sites français, il ne serait pas déraisonnable d’envisager la possibilité que la technologie de la production de brique ait pu être réintroduite en Angleterre au haut Moyen Age. L’hypothèse de cessation totale de production de TCA à cette époque mérite d’être reconsidérée et réétudiée (Jope, 1964 ; Minter *et al.*, 2006), compte tenu en particulier de la découverte d’une série exceptionnelle de carreaux de pavement polychrome et en relief dans des contextes archéologiques antérieurs à la Conquête normande. Il s’agit de sites religieux prestigieux tels que Canterbury, Coventry, Peterborough, St Alban’s Abbey, St Edmund’s Abbey, Westminster et Winchester (Keen, 1993 ; Betts, 1986). Enfin, dans les années 1950, Jope évoque la possibilité d’un indice de production de briques à la fin de l’époque anglo-saxonne tardive à Oxford, où des briques ont été mises au jour sous la motte du château normand (Jope, 1952-53).

L’objectif est donc d’étendre cette problématique amorcée en France pour y inclure des édifices d’Angleterre antérieurs au XII^e siècle, en particulier de la région du sud-est comprenant les deux comtés actuels de l’Essex et du Kent, ce dernier ayant été plus particulièrement sensibles aux influences continentales et donc plus susceptible d’avoir reçu la transmission du savoir-faire technique continental de la production de terre cuite.

Dans un souci de cohérence, cette étude s’est focalisée en priorité sur des édifices de même statut, à savoir religieux et de la même période chronologique, comprise entre le IX^e et le XI^e siècle, avec l’exception notable du cas de l’église Saint-Martin de Canterbury.

Un premier inventaire des sites anglo-saxons de la période et de l’aire géographique concernées a été établi à partir du croisement des sources bibliographiques fournies notamment par les trois volumes de l’ouvrage *Anglo-Saxon Architecture* des Taylor (1965, 1978) ; de la série des *Buildings of England* de Pevsner (1965, 1969) et enfin des descriptions architecturales fournies par la *Royal Commission on the Historical Monuments of England* (RCHME) et le *Victoria County History* (VCH) de chacun des comtés. Après une première investigation sur le terrain, une sélection a été effectuée parmi les sites recensés. Ont été rejettés de l’étude les sites qui présentaient les critères suivants :

- faible quantité de terres cuites architecturales tel que ce fut le cas pour Swanscombe, Kent, qui ne présentait en tout et pour tout qu’une seule fenêtre à double-ébrasure montée à l’aide de briques;

- utilisation sporadique et aléatoire des TCA, tel qu'on peut le voir sur les églises de Woudham, Minster-in-Sheppey, Milton-Regis;
- aucune structure anglo-saxonne et/ou présentant l'usage de brique ne fut identifié (par exemple à West Stourmouth, Kent);
- sites inaccessibles (désormais enfouis) (ex, à Lyminge);
- conditions peu ou pas appropriées pour la datation par Luminescence tel que pour les sites non-couverts, pour lesquels le risque d'infiltration est réel et inapproprié à l'évaluation dans de bonnes conditions de la dose annuelle (e.x. Reculver, Stone-by-Faversham, St Pancras à Canterbury).

D'autres cas plus particuliers et ponctuels n'entrant pas dans ces catégories, ont pu également causer des problèmes pour leur intégration dans une étude chronologique de leurs matériaux de terre cuite. Ce fut le cas par exemple du site de Dover qui aurait pu être d'intérêt mais il est apparu avoir été extrêmement restauré (au XIX^e siècle, par Sir G. Scott) et aurait sans doute été difficile à prélever puisqu'il s'agit d'un site particulièrement protégé.

Les sites retenus pour cette étude ont donc été les églises paroissiales de Darenth, Lower Halstow and Canterbury dans le Kent, et l'église d'Holy Trinity à Colchester et l'église paroissiale de Chipping Ongar, en Essex. Des carreaux de pavement de l'église All Saints de York ont également été étudiés compte tenu de leur attribution anglo-saxonne tardive sur des critères archéologiques et typologiques. Il s'agit dans ce dernier cas d'exemples uniques de TCA admises comme étant antérieures aux Normands et les spécimens de York sont les moins fragmentaires et les mieux conservés. L'objectif de ce travail sera ici de vérifier ces présomptions chronologiques.

Les raisons du choix de ces sites furent:

- la grande quantité de TCA signe d'une sélection préméditée du matériel; rendant également l'échantillonnage plus aisé;
- l'intérêt méthodologique puisqu'il s'agit également d'évaluer la potentialité de la datation de matériaux déplacés par Luminescence ;
- intérêt historique: dans le cas de St Martin (Canterbury), où c'est l'édifice romain lui-même qui est supposé avoir été réemployé, possibilité de vérifier si le matériau employé est lui-même un remploi d'un autre édifice romain antérieur ou s'il s'agit de matériel contemporain à la construction de l'édifice romain encore visible aujourd'hui.
- Intérêt archéologique : dans le cas du spécimen de York qui appartient à la série exceptionnelle des « *polychrome relief tiles* » attribuée au X^e-XI^e siècle.

Dans la majorité des cas, l'examen préliminaire des TCA utilisées dans les constructions anglo-saxonnes a suggéré une origine romaine de ces matériaux. Auquel cas, nous n'avons prélevé qu'un seul, voire deux échantillons par site, afin de réduire les dégâts physiques - bien que légers - des maçonneries, l'objectif étant alors seulement de tester la présomption archéologique et non de dater avec précision la construction de l'édifice. Il convient en effet ici de rappeler que l'événement daté est la fabrication de la terre cuite et non son insertion dans la maçonnerie et que la datation précise d'un élément réemployé n'est de surcroît à l'heure actuelle pas possible. On peut en revanche en proposer une première approximation en appliquant le modèle de double-phase de la dose annuelle comme expliciter dans la partie méthodologique de cette thèse.

English summary

Brickmaking, introduced by the Romans to Britain, seems to have ceased following their departure and the subsequent arrival of Anglian, Saxon and Jutish settlers in the 5th century, to reappear only at the end of the 12th century with the introduction of continental monastic institutions in England. In spite of this supposed break in brickmaking, early medieval builders continued to use CBM, considered for a long time to be Roman reused material (Morrant, 1768). However, historical and archaeological evidence suggests the transition from Roman to Anglo-Saxon culture was not so abrupt but instead more progressive with a cultural mix of the two people (Laing & Laing, 1996). Indeed, Bede (HE) reveals that in the mid-5th century, Romans from Britain recruited Anglo-Saxon mercenaries to get rid of the Northern invaders. In exchange for protection, Anglo-Saxon warriors were granted lands in the east of the country. Moreover, a study by Dr Heinrich Härke (1990) on Anglo-Saxon cemeteries in Kent shows that almost half of the 5th-6th century skeletons were Britons and that Anglo-Saxon genes are modified by Britons between 7th and 9th centuries, the result of a process of peaceful cultural interaction rather than sudden and aggressive takeover. Romano-British and Anglo-Saxons lived together at the same time and in collaboration for several decades on British land, long enough to enable a transmission of technical know-how such as brickmaking.

Moreover, contact with the continent is also evident. In the early Anglo-Saxon period, exchanges between south-east England and Merovingian France are especially visible. Kent, by its geographical situation, is particularly receptive to foreign ideas and influences, explaining the occurrence of Frankish objects in England, especially in graveyards goods (Geake, 1997). For the Merovingian period, there is evidence of CBM manufacture in north-western France: embossed tiles used specifically for decorative purposes (Costa, 1959) assigned to 5th-7th century. Preliminary dating results from Armel Bouvier's doctoral work in progress in the Bordeaux laboratory also corroborate this evidence of brickmaking in the Merovingian period. Although affinity between Kent and Merovingian France declines from the death of Frankish king Dagobert I causing to the disappearance of Frankish objects in archaeological contexts (Geake, 1997), political and economic links recover with Carolingian world and develop throughout England. Through trade, mixed weddings and English scholars' activities in the Carolingian Empire, continental technical know-how and craftsmen are reintroduced to the island. The precursor case of the 7th century foundations of Jarrow and Monkwearmouth in Northumbria by Benedict Biscop, who visited Gaul and recruited Gaulish masons and glassmakers illustrates this influence. Links with continent are not limited to Carolingian Empire but spread also to the Mediterranean world particularly with the arrival of missionaries such as Augustine and Theodore.

With the knowledge of all these contacts in mind, together with the results of luminescence dating applied on CBM from Carolingian sites obtained in the first part of this thesis, it would be tempting to re-evaluate the question of brick/tile manufacture during the pre-Conquest period in England (Jope, 1964; Minter, 2006). In addition, there are several examples of decorative wall or floor tiles that have been discovered in late Anglo-Saxon religious contexts such as in York, Peterborough, Coventry, Canterbury, Winchester and in Westminster Abbey, London (Betts, 1986; Keen, 1993).

The aim is to extend the archaeological question, which started in France, to include pre-12th century buildings in England, in particular in the south-east including Essex and Kent.

For consistency, the study focuses primarily on buildings of similar status, i.e. religious, and of the same chronological period, between the 9th and 11th century. One exception is the case of St Martin's, Canterbury, whose particular interest is linked to the seniority of its use and the fact it is likely to have been an original Roman building reused in the Anglo-Saxon period.

A first inventory of churches from the period and area concerned is established by cross-matching bibliographical references, especially those provided by the three-volume *Anglo-Saxon Architecture* book/work by the Taylors (1965; 1978), the series of *Buildings of England* by Pevsner (1965; 1969), the *Royal Commission on the Historical Monuments of England* (RCHME) and the *Victoria County History* (VCH) architectural reports for each county. After an initial investigation on the field, churches were selected from the surveyed sites.

Some churches have been excluded from the dating study due to:

- low quantity of CBM, e.g. Swanscombe, only one double-splayed window with bricks;
- sporadic and haphazard use of the CBM, e.g. Wouldham, Minster-in-Sheppey, Milton-Regis;
- archaeological evidence for the origin of the material, e.g. artefacts showing evidence of reuse such as architectonic elements used in ways that they were not designed for, e.g. sculpted artefacts used as rubble in the masonry, pieces of pinkish mortar, characteristic of Roman mortar, stuck to CBM or used as building units (i.e. used like individual blocks, cf Lower Halstow).
- no Anglo-Saxon features identified, e.g. West Stourmouth;
- inaccessible/buried sites, e.g. Lyminge;
- unsuitable conditions for dating by luminescence, i.e. non-roofed remains, risk of water infiltration, problem for the dose rate, e.g. Reculver, Stone-by-Faversham;
- heavily restored sites such as Dover, by Sir G. Scott, 19th century, or protected sites where obtaining the authorization to sample could have been too difficult.

The sites selected were the parish churches of St Martin's (Canterbury), Darenth, Lower Halstow, in Kent and Holy Trinity (Colchester) and Chipping Ongar in Essex, and the tiles excavated at All Saints, Pavement (York).

The reasons for these choices were:

- large quantity of CBM used homogeneously and in an organised way (demonstrating a purposeful selection of the material; making the sampling easier);
- methodological interest: potentiality of luminescence for *spolia* dating;
- historical interest: in the case of St Martin (Canterbury), where this is the Roman building itself which is supposed to be reused (but where the material has not been moved), possibility of dating the original Roman building;
- archaeological interest: in the case of the specimen from York which belongs to the exceptional series of polychrome relief tiles assigned to the late Anglo-Saxon period.

In most of the cases, preliminary examination of CBM used in Anglo-Saxon buildings tends to suggest a Roman origin of the material. In these cases, only one or two bricks are sampled for each site, in order to reduce the physical damage to the building, the aim being then to test only the archaeological presumption and not to accurately date the building. It is important to keep in

mind that the dated event is the brickmaking moment and not the brick introduction/insertion into the masonry and that accurate dating of reused displaced material is not yet feasible. However, a first approximation can be proposed by applying the two-phase dose rate model as explained in Part 2.

EGLISE SAINT-MARTIN, CANTERBURY

I) Présentation

I-1) Contexte historique et géographique du site



Figure 110 : Situation géographique de Canterbury, dans le Kent.

Canterbury se situe au nord-est du comté du Kent, dans le sud-est de l'Angleterre (fig.110). Sa fondation remonte à l'Age du Fer. La région est alors contrôlée par la tribu des Cantiaci qui installent leur capitale autour d'un confluent du fleuve Stour vers 30 av.J.C. (Lyle, 2002). Après l'invasion de la Bretagne par Claudio en 43 ap.J.C., une base militaire romaine s'établit à Canterbury, alors connue sous le nom de *Durovernum Cantiacorum* (Cunliffe, 1969, 20). Une nouvelle *civitas* est construite vers 110-120 ap.J.C. au sommet des restes de l'ancienne installation bretonne. La nouvelle ville, située sur la route principale allant du littoral sud est à Londres, devient le principal centre administratif et commercial de la région (Frere, 1965, 23-24). Canterbury prospère et se dote de nombreux grands bâtiments publics et habitations privées (Cunliffe, 1969, 20). Vers 270 ap.J.C., le sentiment d'insécurité provoqué par les invasions saxonnnes accru par les conflits de plus en plus fréquents au sein de l'empire romain incite l'édition d'un mur défensif autour de la cité. Le déclin de l'occupation romaine accompagne celui de la ville romaine (Lyle, 2002). Une couche stratigraphique de terre brune située directement au-dessus des ruines romaines sur de nombreux sites de la ville indique une période au cours de laquelle les habitants retournent à un style de vie agraire.

Ainsi, bien que les bâtiments romains majeurs et le système de route tombent en désuétude, une occupation persiste à Canterbury. Après le départ des Romains au début du V^e siècle, le Kent est l'une des premières régions à être colonisée par les envahisseurs anglo-saxons. Ce sont plus précisément les Jutes qui établissent leur royaume dans le comté. A Canterbury, désormais dénommée *Cantwara-burh* (« la ville fortifiée des Hommes du Kent »), le roi du Kent Ethelbert (v.560-616) établit vers 590 sa principale résidence (Fisher, 1962, 353 ; Lyle, 2002).

C'est au nord-est de cette capitale du nouveau royaume, en dehors des murs romains de la ville, que se situe la petite église (fig.111), installée à flanc de colline, à 27 m d'altitude, et dominant la voie de passage menant au port romain de Richborough (Fisher, 1962, 355). Elle est dédiée à saint Martin (316-397), fondateur du premier monastère d'Occident et proclamé évêque de Tours en 371, dont la vie est rapportée par Sulpice Sévère. Son culte est particulièrement actif en Gaule au Moyen Age où sa mission d'évangélisation des campagnes fut étendue et marquante ; de nombreuses destructions de temples et idoles païennes lui ont en effet été attribuées.



Figure 111 : Eglise Saint-Martin de Canterbury, vue du nord-est.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévation

L'église actuelle est constituée d'une nef rectangulaire de 11,4 x 7,2 m, d'un chœur à chevet plat de 6 x 4,3 m et d'une tour à l'ouest de la nef (Taylor & Taylor, 1965, 143).

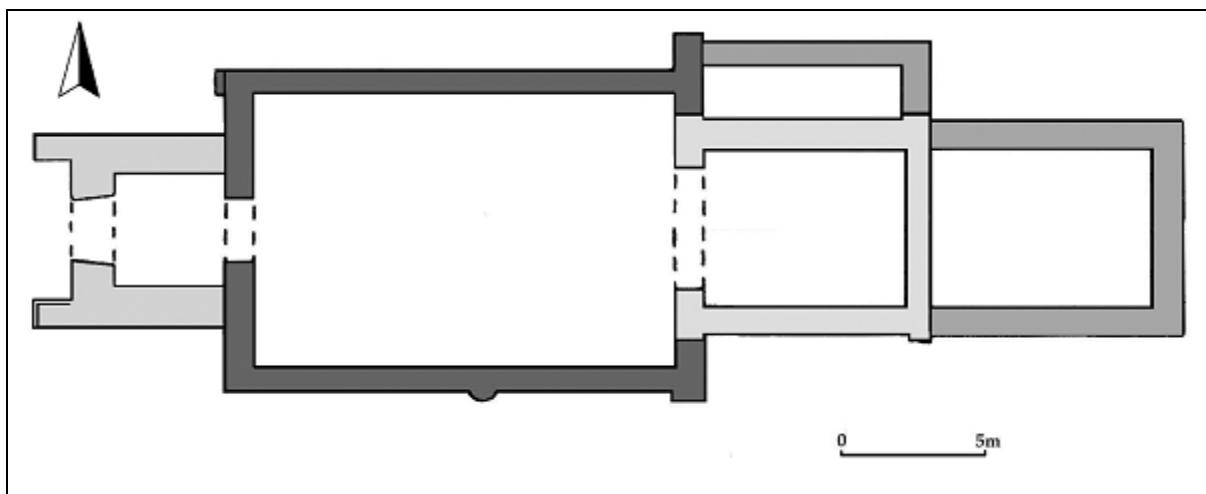
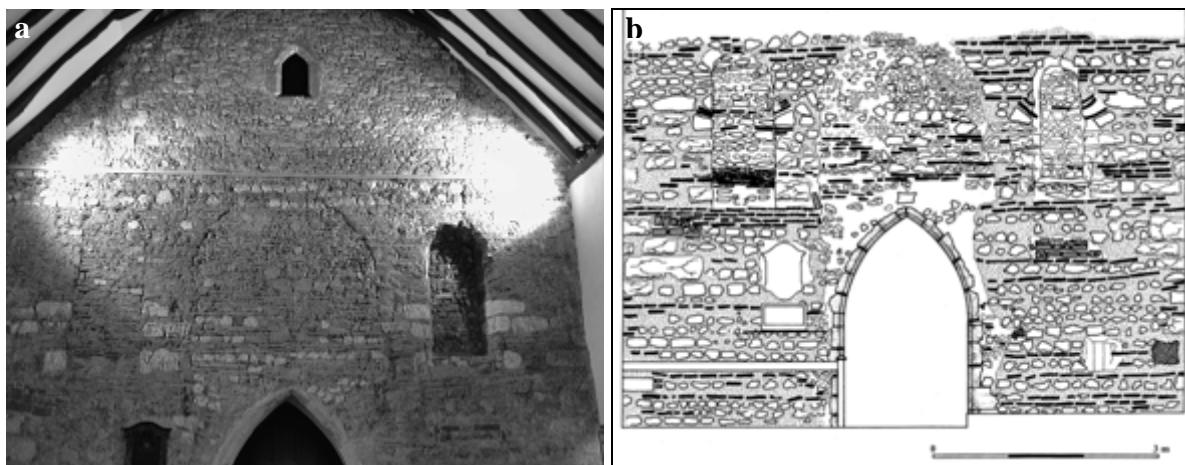


Figure 112 : Plan de l'église actuelle de Saint-Martin de Canterbury (d'après Jenkins, 1965).

La tour occidentale ajoutée au XIV^e siècle, la partie orientale du chevet prolongée au XIII^e siècle environ (Taylor & Taylor, 1965, 143) et la sacristie située à l'angle nord entre la nef et le chevet, étant postérieures au cadre chronologique de cette étude, ne sont pas prises en considération. Ce travail se focalise uniquement sur les murs sud de la nef et du chevet, dans sa partie occidentale (fig.112).



Figures 113 a & b : Mur ouest de la nef, vue de l'intérieur ; relevé de l'élevation d'après Tatton-Brown (1980).

A l'intérieur, hormis le mur occidental de la nef (fig.113a & b) et quelques parties du chevet, les murs de l'église sont recouverts d'un enduit blanc. Les seules fenêtres d'origine subsistant sont donc uniquement observables sur le mur occidental de la nef ; elles ont pu être élargies à la fin de la période saxonne, puis bloquées au XIV^e siècle lors de l'adjonction de la tour (Taylor & Taylor, 1965, 143). Compte tenu d'un léger dépôt grisâtre recouvrant la surface des murs et la présence non négligeable de restes d'enduit sur les parements à l'intérieur de l'église, nous avons choisi de cibler notre étude sur les parties extérieures de l'édifice.

Les murs de la nef (fig.115), de 56 cm d'épaisseur (Taylor & Taylor, 1965, 145), sont construits avec de petits blocs de grès local, du tuffeau et du silex, ponctuellement interrompus par des arases peu régulières à une seule rangée de TCA (SMR n° NGR TR 1515 5777). Les chaînes d'angle et les contreforts sont érigés avec des moellons de Calcaire Grossier, parmi lesquels certains contiennent des fossiles de *ditrupa* (vers), ce qui permet de situer la carrière dont ils sont issus dans le Bassin parisien (Worssam & Tatton-Brown, 1990). La mise en œuvre des matériaux est relativement similaire entre les murs nord et sud. De nombreux remaniements sont visibles autant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la nef. Auparavant, la nef devait présenter des contreforts-colonnes sur chacun des murs latéraux, mais nombreux d'entre eux ont été retirés (Taylor & Taylor, 1965, 144). On peut encore en voir un au centre du mur sud (fig.114).

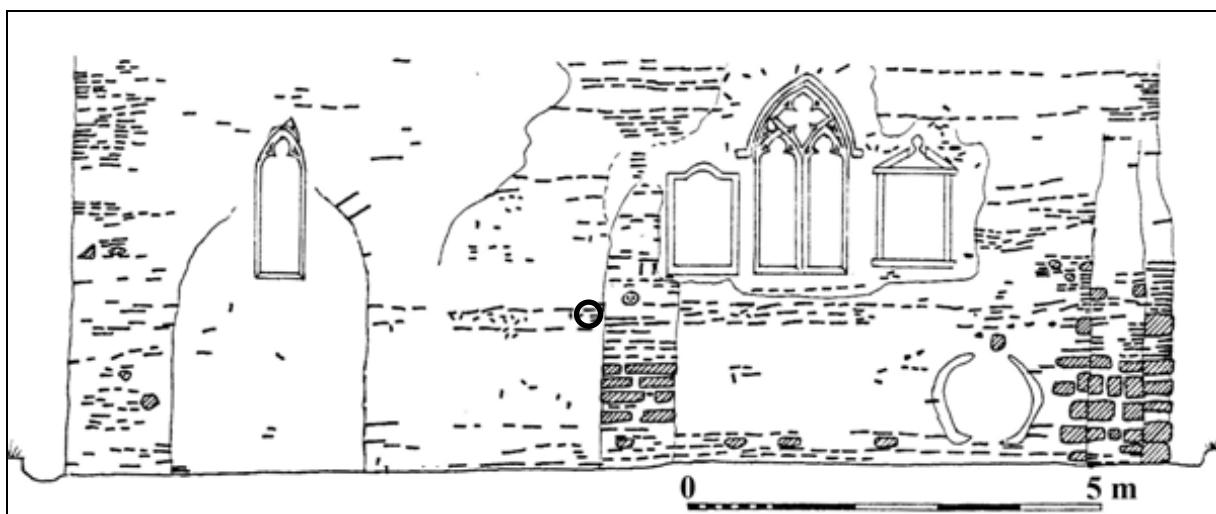


Figure 114 : Relevé de l'élévation du mur sud de la nef (d'après Tatton-Brown, 1980) ; le cercle indique la zone de prélèvement.



Figures 115 et 116: mur sud extérieur de la nef et partie occidentale du mur sud du chevet, d'après un dessin original de Mrs E.Parry (Routledge, 1891).

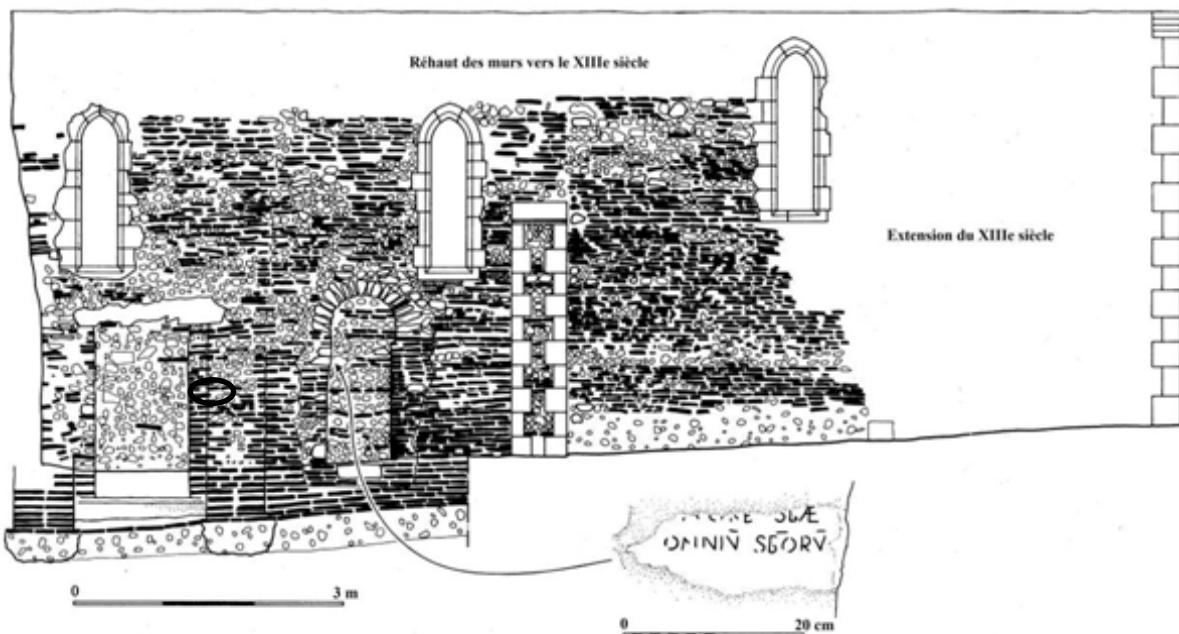


Figure 117 : Relevé de l’élévation du mur sud du chevet (d’après Tatton-Brown, 1980) ; le cercle indique la zone de prélèvement.

En ce qui concerne le chevet (fig.116 & 117), la partie occidentale de son mur sud, mesurant 66 cm d’épaisseur (Taylor & Taylor, 1965, 145), est construite avec des bandes de silex, de moellons d’oolite Marquise et de Calcaire Grossier (Worssam & Tatton-Brown, 1990) et de TCA posées en lits séparés par des joints fins (Jenkins, 1965, 12). A l’ouest, une porte surmontée d’un linteau est désormais bouchée. Elle mesure 1,82 m de haut pour une embrasure de 1,01 m de large (Taylor & Taylor, 1965, 144). Ses piédroits sont érigés en TCA à bords nets (Jenkins, 1965, 12). Le seuil et le linteau sont en grès vert (Routledge, 1891, 144). Il a été suggéré que ce linteau devait être à l’origine un sarcophage romain réemployé (Tatton-Brown, 1980). Cette porte devait donner accès à une petite annexe avec un sol en *opus signatum*, dont les fondations ont été retrouvées lors de fouilles menées à la fin du XIX^e siècle par le révérend Routledge. A côté, plus à l’est, une autre porte bloquée, celle-ci en plein cintre, a dû être insérée plus tard, probablement en même temps que fut construite la nef (Taylor & Taylor, 1965, 144). Elle mesure également 1,82 m de hauteur et présente une embrasure de 0,63 m de large. Les claveaux de l’arc sont en schiste et les piédroits sont entièrement réalisés à l’aide de TCA (Routledge, 1891). Le piédroit occidental de cette porte contient également un fragment de pierre Marquise avec une inscription anglo-saxonne (fig.117; Worssam & Tatton-Brown, 1990).

La différence majeure dans la mise en œuvre des matériaux entre les murs de la nef (fig.118a) et du chevet réside tout d’abord dans la quantité plus importante de briques employées dans le chevet (fig.118b). D’autre part, le chevet est érigé en bandes de briques serrées (2 à 3 cm seulement séparent chaque brique), parfois interrompues par un moellon de silex ; tandis que dans la nef, quelques arases de briques seulement nivellent l’appareil irrégulier, constitué principalement de silex, mais aussi de tuffeau, de grès et de morceaux de briques cassées, le tout noyé dans un mortier d’épaisseur variant sensiblement (de 0,50 à 9 cm en moyenne).

II-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

II-3-1) Sources écrites

La première mention de l'église remonte au VII^e siècle, lorsque Bède, dans son *Historia Ecclesiae* (I, 26 ; Colgrave & Mynors, 1969), écrit : « il y avait à l'est de la ville [de Canterbury] une église dédiée à l'honneur de Saint Martin, construite du temps où les Romains habitaient toujours la Bretagne ». Bède nous apprend qu'en 580, le roi du Kent Ethelbert épouse Berthe, fille du roi franc Charibert, qui règne alors sur Paris. Berthe étant chrétienne, elle est autorisée à pratiquer le culte dans son nouveau royaume (Colgrave & Mynors, 1969) où elle se fait accompagner de son chapelain, l'évêque Liudhard. Afin de pratiquer leur religion, Berthe et Liudhard récupèrent un bâtiment antique abandonné qu'ils dédient à saint Martin de Tours, chose peu surprenante pour une princesse originaire de Tours et un évêque franc. Bède ne précise pas la fonction d'origine de l'édifice romain.

En 597, l'arrivée de saint Augustin accompagné de quarante prêtres en Angleterre, avec pour mission d'y convertir les habitants au christianisme, marque le début du rôle de Canterbury comme centre de l'Eglise Chrétienne en Angleterre. Augustin, reçu par Ethelbert, choisit alors pour base l'église de Berthe et de Liudhard (Clapham, 1930). En 867, l'église est de nouveau mentionnée dans une charte saxonne. La conservation de son statut au cours de la période précédent la Conquête est attestée par ses nombreuses références dans le *Domesday Book*, dans le *Domesday Monachorum*⁶, ou encore dans le *Textus Roffensis*⁷.

L'inscription incorporée dans le piédroit occidental de la porte sud bloquée fournit un autre élément de datation. Autrefois datée de 600-650 ap.J.C. (Taylor & Taylor, 1965), on peut y lire « [HON]ORE OMNIV(M) S(AN)C(T)ORV(M) », ce qui peut être traduit par “en l'honneur de tous les saints”. Cette inscription se rapporte probablement à la dédicace d'une église ou d'un autel, et a été récemment réattribuée à une période antérieure à 900 ap.J.C. (Tweddle *et al.*, 1995).

II-3-2) Etudes archéologiques

Le site de l'église a fait l'objet de nombreuses spéculations.

Dans les années 1890, le révérend C.F.Routledge fait retirer les enduits et établir un relevé des murs. Dans sa monographie sur l'église de Saint-Martin qu'il publie l'année suivante, il propose quatre théories de phasage : le chevet est romain (IV^e siècle) et la nef de l'Antiquité Tardive, ou l'inverse, ou le chevet est romain et la nef saxonne, ou le chevet appartient à la période saxonne ancienne et la nef à celle du saxon récent (Routledge, 1891).

⁶ *Domesday Monachorum* est le nom donné au groupe de textes liés au Domesday qui concernent les biens de l'archevêque de Canterbury, des moines de Christchurch à Canterbury, de l'évêque de Rochester et d'autres propriétaires terriens dans le Kent. Bien que ces textes n'aient survécu que sous la forme de manuscrits tardifs, ils sont considérés comme des copies authentiques des originaux compilés en ou après 1087 à l'église de Christchurch, Canterbury.

⁷ Le *Textus Roffensis* est un corpus d'articles législatifs compilés au début du XII^e siècle, mais probablement d'origine partiellement ou entièrement anglo-saxonne.

En 1954, de nouvelles fouilles sont menées par Frank Jenkins dans le chevet. De cette étude Jenkins en déduit que l'élément potentiellement romain (mais sans certitude) pourrait être en fait un mausolée païen plutôt qu'une église brito-romaine, puisqu'il n'y a aucun vestige romain, ni inhumation associés à ce bâtiment antique (contrairement aux autres églises de la fin de l'époque romaine). Pour lui, le chevet est antérieur à la nef (Jenkins, 1965).

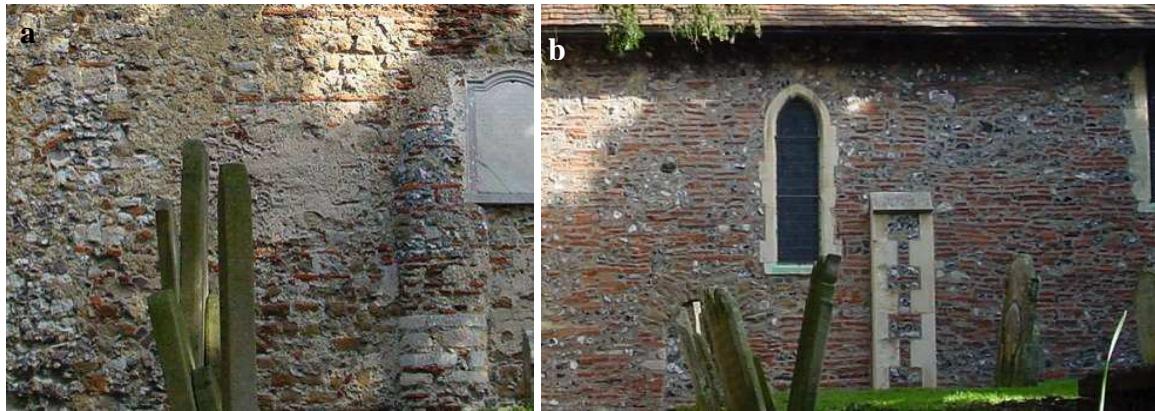
Dans les années 1960, les Taylor distinguent trois phases principales dans l'architecture pré-Conquête de l'église. La partie occidentale du chevet (fig.134 & 135), tout d'abord, serait pour eux la nef de l'ancienne église de Berthe, correspondant soit à une ancienne église brito-romaine récupérée, soit à un nouvel édifice daté de la fin du VI^e siècle. La partie orientale du chevet, quant à elle, correspond à une extension médiévale. Enfin la nef (fig.132 & 133) appartiendrait à la période anglo-saxonne ancienne, construite vers 600-650, soit peu de temps après l'église de Bertha qui est alors convertie en chevet (Taylor & Taylor, 1965, 143).

En 1980, Charles Thomas émet des doutes quant à l'affiliation entre l'église et Berthe, et propose comme alternative l'église de Saint-Pancras à Canterbury, remettant ainsi en question toutes les théories préalables (Thomas, 1980).

La même année, les travaux de Tim Tatton-Brown consistent en l'enregistrement détaillé des murs et la réalisation d'un plan précis. Il fait également mener une étude pétrologique des pierres utilisées dans la construction des deux phases de Saint-Martin. Il propose une date romaine plus récente pour le chevet et place la construction de la nef au début du VII^e siècle (Tatton-Brown, 1980, 12-13).

Entre octobre 1984 et décembre 1985, de nouvelles fouilles sont effectuées par le Canterbury Archaeological Trust sur le terrain mitoyen de l'église. Celles-ci ne permettent la mise au jour d'aucune trace d'occupation antique (les premiers indices d'occupation remontent vers 750 après J.C.). Ainsi, l'absence d'inhumation romaine suggère que l'église de Saint-Martin devait être à l'origine un bâtiment domestique romain (une *villa* ?) plutôt qu'une « *cella memoria* » dans un cimetière comme il l'avait été suggéré autrefois (Rady *et al.*, 1987).

La théorie de T.Tatton-Brown (1980, 14) selon laquelle l'édifice romain aurait été converti et repris par les maçons francs sous la demande de Berthe, ou par saint Augustin, entraînant la construction de la nef est finalement reprise et développée par Tyler Bell en 2005 (Bell, 2005, 124).



Figures 118 a & b : Mise en œuvre des matériaux de construction dans les murs sud de la nef et du chevet. Les tuiles sont placées de manière aléatoire et irrégulière dans la maçonnerie de la nef (a) et de manière régulière et en rangées horizontales bien montées dans le chevet (b).



Figures 119 a & b : De gauche à droite : mortier de tuileau rose adhérant à la surface d'une brique de l'angle sud est de la nef (a); morceau de *tegula* remployé dans la maçonnerie (b).



Figures 120 a & b : A gauche, brique aux dimensions allongées (36 cm de long et 3,5 cm d'épaisseur) (a) ; à droite, diversité des couleurs des briques du mur sud du chevet de Saint-Martin (b).

II-3-3) Indices archéologiques

Concernant l'origine des matériaux de construction, de nombreux indices archéologiques nous conduisent à l'hypothèse de remploi. Les reliquats de l'occupation soutenue de Canterbury à l'époque romaine ont dû constituer à l'époque anglo-saxonne une source d'approvisionnement non-négligeable de matières premières « déjà prêtées à l'emploi » pour la construction. Les maçonneries de Saint-Martin présentent d'autre part des indices de remploi de matériaux antiques. Dans la partie occidentale du mur sud du chevet, le grand linteau plat surmontant l'une des portes est probablement constitué d'une pierre tombale romaine réemployée (Tatton-Brown, 1980). Les fragments d'oolite Marquise et les pierres des chaînes d'angle et des contreforts en Calcaire Grossier sont également un indice de remploi, puisque celles-ci étaient importées de Gaule à l'époque romaine (Worssam & Tatton-Brown, 1990). Des traces de mortier de tuileaux roses, caractéristiques du mortier romain, sont parfois visibles en adhérence sur la surface de certaines briques (fig.119a) dans le mur sud de la nef. On peut également observer la présence de *tegulae* fragmentées utilisées dans la maçonnerie (fig.119b). Enfin, les briques utilisées dans les murs présentent une pâte étirée, à grains fins (entraînant une désagrégation en « feuillets »), des dimensions allongées (fig.120a), un cœur réduit (gris sombre) visibles sur les tranches de certaines briques, caractéristiques conventionnellement attribuées aux terres cuites romaines (Brodrribb, 1987 ; Ryan, 1996). On observe cependant une grande diversité de couleurs de briques. Celles-ci varient du jaune-beige au brun sombre, en passant par diverses teintes rouges (fig.120 b). On voit ici que la couleur ne constitue donc pas un indice typologique fiable pour l'évaluation de l'origine des terres cuites.

II-4) Problématique

Il semblerait que Saint-Martin constitue de nos jours la plus ancienne église d'Angleterre toujours en utilisation, d'où l'intérêt particulier qu'elle présente et sa sélection pour cette étude. Cependant, la datation des premières phases de construction de l'édifice est source de controverses. Dans l'état actuel des connaissances basées sur des critères typologiques et sur le matériel employé, la partie la plus ancienne (probablement romaine) serait le chevet dont il subsiste les parties occidentales originelles. Puis, vers le VII^e siècle, la nef que l'on peut voir aujourd'hui aurait été ajoutée (Tatton-Brown, 1980).

L'objectif de cette étude est donc double, puisqu'il s'agit non seulement de réévaluer l'hypothèse de l'origine des TCA utilisées dans la construction de cet édifice, mais aussi de tenter de proposer une meilleure compréhension de l'origine de l'église. En particulier, notre intérêt se focalise sur l'origine du chevet. S'il s'agit effectivement d'un bâtiment d'origine romaine, deux hypothèses peuvent être considérées : les matériaux qui y ont été employés sont dans leur position primaire ou, au contraire, constituent des *spolia* romaines, comme le suggère T.Tatton-Brown.

II-5) Le matériel d'étude

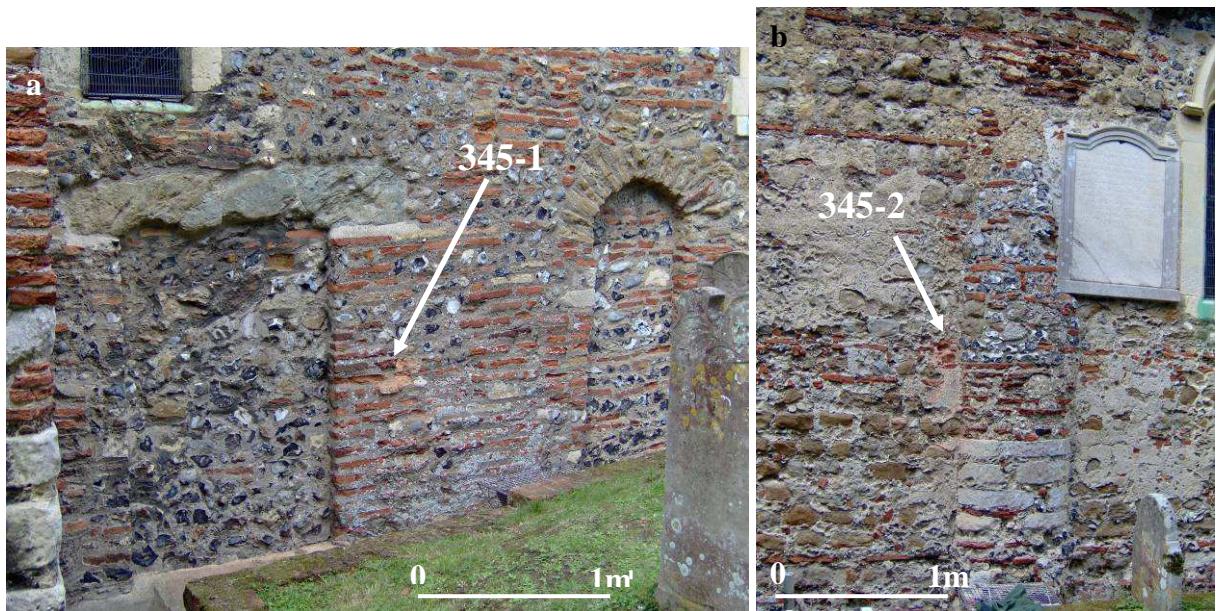
Dans le cadre de cette étude, deux échantillons ont été prélevés.

Le premier a été sélectionné dans une structure romaine non altérée pour s'assurer que l'événement daté ici n'est pas un blocage ou une reprise liée à une restauration ultérieure. Ainsi, l'échantillon, référencé 345-1, provient du mur sud de la partie occidentale du chevet (fig.121a & 116). Il a été prélevé par carottage à sec (2 cm de diamètre, pour 6 cm de long) dans une brique provenant du piédroit oriental de la porte supposée romaine, surmontée du linteau constitué d'un probable sarcophage. Il est situé dans le dixième rang de briques à partir du linteau, dans la troisième brique à 38 cm à droite de l'ébrasement de la porte et à 90 cm au-dessus du sol.

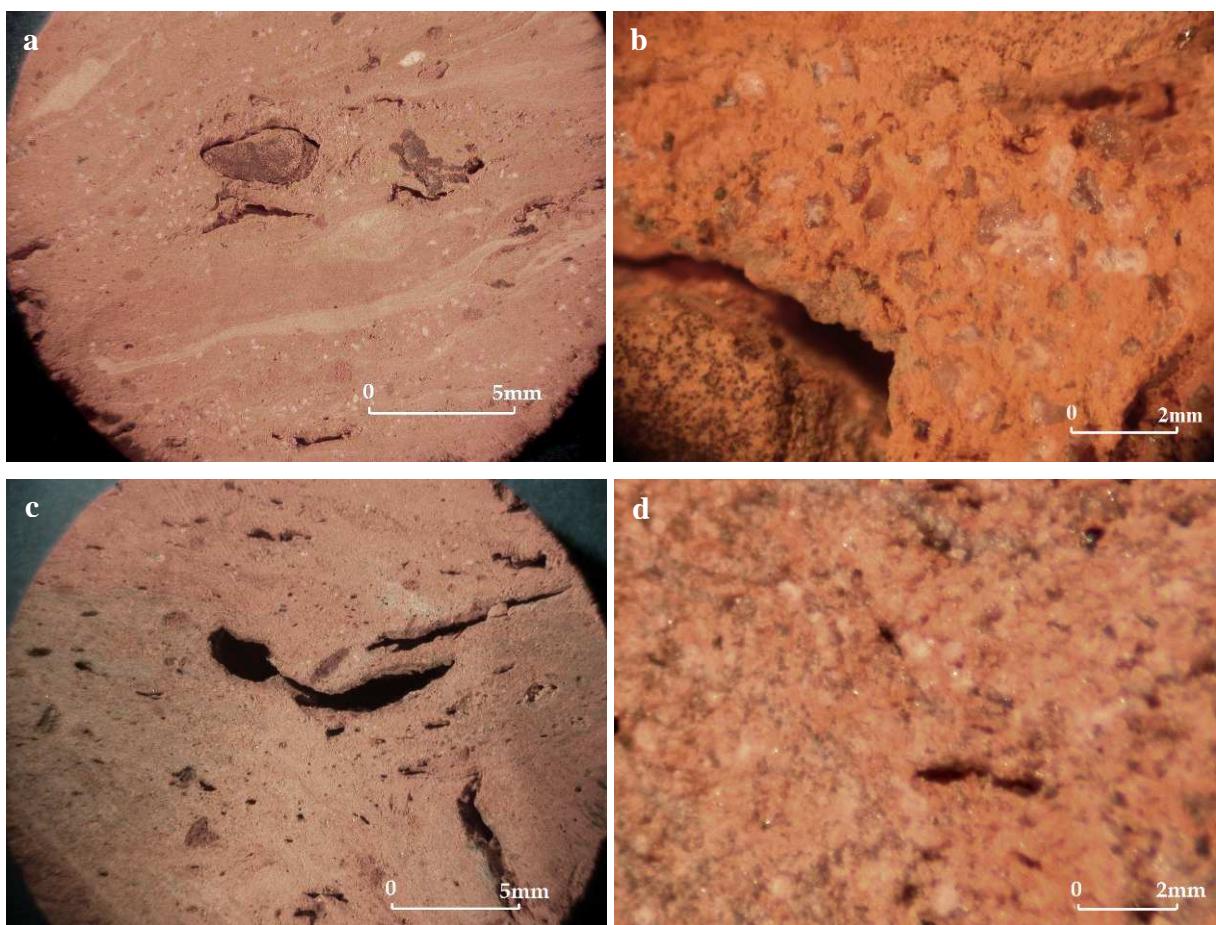
La structure choisie pour le second échantillon de Canterbury correspond à la phase de construction anglo-saxonne ; le mur sud de la nef (fig.121b). L'échantillon 345-2 a été prélevé par carottage à sec (carotte de 2 cm de diamètre et de 11 cm de long) et est situé à 13 cm à droite du contrefort hémicirculaire central et à 1,85 cm du sol. Il s'agit ici d'estimer l'origine du matériau.

L'examen à la loupe binoculaire des deux échantillons révèle une pâte relativement fine dans les deux cas. Cependant le réseau poreux de l'échantillon 345-2 semble plus important que celui de 345-1. L'observation de 345-1 révèle une pâte de texture hétérogène (fig.122a), pouvant être dû à un malaxage un peu rapide, tandis que la pâte de 345-2 semble plus homogène (fig.122c). Des inclusions sont visibles à l'œil nu pour le premier échantillon (fig.122b), tandis que pour 345-2, elles n'apparaissent qu'à l'examen à la loupe binoculaire, à fort grossissement (x45) (fig.122d).

Nous verrons au cours de la deuxième partie de l'étude de ces échantillons si ces différences se répercutent sur les données de l'analyse chronométrique.



Figures 121 a & b : Localisation des prélèvements 345-1 et 345-2, respectivement dans le mur sud du chevet et le mur sud de la nef.



Figures 122 a, b, c & d: Sections des carottes issues des deux prélèvements effectués à Canterbury ; en haut : 345-1, grossissement x10(a) et x45(b); en bas : 345-2, x10(c) et x45 (d).

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

II-1) Détermination de la dose équivalente

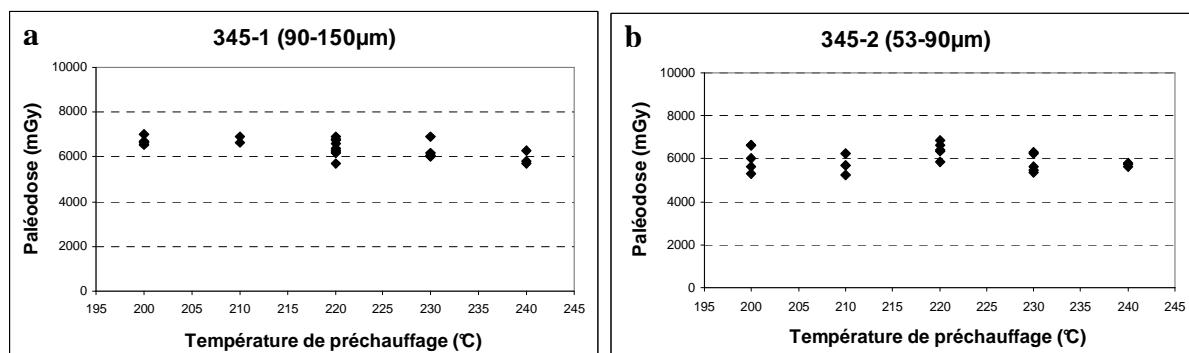
Les expériences d'OSL pour la détermination de la paléodose ont été réalisées selon la technique SAR sur grains de quartz, traité à HF et HCl, de fraction comprise entre 90 et 150 μm , lorsque la quantité de matière dans ce domaine est suffisante (comme cela a été le cas pour 345-1), ou entre 53 et 90 μm , le cas échéant (pour 345-2).

- Caractéristiques du signal d'OSL

Les indices relatifs au comportement des échantillons face à la stimulation et au cours du cycle de régénération sont reportés dans le tableau 57. Les intensités d'OSL enregistrées pour chaque échantillon sont moyennes, comme l'indique l'importance relative du signal d'OSL correspondant au rapport signal sur bruit de fond R_{SB} . L'indice du changement de sensibilité, indiqué par le rapport entre le signal d'OSL relatif à la première régénération et le signal d'OSL régénéré en milieu de cycle avec la même dose d'irradiation, montre que les deux échantillons sont fortement influencés par les traitements subis au cours du cycle de régénération. Afin de prendre en compte ce changement de sensibilité, une procédure corrective est appliquée dans le calcul de détermination de la paléodose.

- Test du plateau

La température de préchauffage la plus adéquate à la réalisation des expériences d'OSL est déterminée à partir du test du plateau thermique (fig.123 a & b), celui-ci correspondant à l'évolution de la valeur de la paléodose en fonction de la température de préchauffage utilisée lors de l'expérience d'OSL.



Figures 123 a & b : plateaux de préchauffage des deux échantillons respectivement réalisés sur les fractions granulométriques comprises entre 90 et 150 μm et entre 53 et 90 μm , pour des températures comprises entre 200 et 240 °C, pendant 10 s.

L'application du test du χ^2 sur les valeurs de paléodose mesurées à partir des différentes températures de préchauffage ne révèle aucune différence systématique, sa valeur étant de 5,65 et 2,11 respectivement pour les échantillons 345-1 et 345-2, pour un intervalle compris entre 1,06 et 7,78 à 80% de probabilité. Le plateau choisi pour chacun de ces échantillons s'étend sur le domaine compris entre 200 et 240 °C. La valeur de la paléodose finale correspond à la moyenne de l'ensemble des mesures effectuées avec un préchauffage compris dans cet intervalle de température.

- Résultats

Le tableau 57 présente les résultats des mesures de dose équivalente par échantillon. L'incertitude associée aux valeurs D_e correspond à la déviation standard liée à la dispersion des intensités de l'OSL.

Echantillons	$R_{SB} \pm$ s.d.	Sens. \pm s.d.	$D_e \pm$ s.d. (Gy)	n	e. s. (Gy)	e. s. (%)	Plateau de préch. (°C)	Intervalle (Gy)
345-1 (90-150 μ m)	6 \pm 3	1,52 \pm 0,24	6,43 \pm 0,40	22	0,09	1,3	200-240	5,71 – 7,02
345-2 (53-90 μ m)	2 \pm 1	1,53 \pm 0,35	5,98 \pm 0,48	21	0,11	1,8	200-240	5,31 – 6,83

Tableau 57 : rapport du signal d'OSL sur le bruit de fond moyen pour chaque échantillon (R_{SB}) et indice du changement de sensibilité (Sens.), exprimés avec leur écart-type (d.s.) respectif ; D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray, n correspond au nombre total de mesures effectuées dans le domaine du plateau, e.s. fait référence à l'erreur standard ($= d.s./\sqrt{n}$) utilisée dans le calcul d'âge, présentée ici en Gray et en pourcentage de la valeur moyenne de la paléodose ; le domaine du plateau de préchauffage, ainsi que les valeurs minimale et maximale de la paléodose obtenues dans ce domaine de préchauffage sont également présentées.

II-2) Détermination de la dose annuelle

Le tableau ci-dessous rassemble les données concernant le rapport d'activité α mesuré par comptage alpha, les teneurs en radioéléments de l'échantillon, mesurées en spectrométrie gamma à bas bruit de fond, ainsi que la dose annuelle bêta, calculée indirectement à partir de ces concentrations et directement par β -TLD. Les valeurs de la dose annuelle environnementale fournie par les rayonnements gamma et cosmiques, déduites de la dosimétrie *in situ*, sont également reportées.

Echantillon	α_1/α_0	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	I_{β} céram (mGy/an)		I_{env} (mGy/an)
					spectro γ	β -TLD	
345-1 (90-150 μ m)	0,98 \pm 0,10	2,14 \pm 0,03	3,35 \pm 0,35	15,25 \pm 0,79	2,36 \pm 0,06	2,40 \pm 0,05	0,86 \pm 0,05
345-2 (53-90 μ m)	1,06 \pm 0,10	2,61 \pm 0,03	3,60 \pm 0,37	12,36 \pm 0,81	2,73 \pm 0,07	2,75 \pm 0,09	0,59 \pm 0,05

Tableau 58 : rapport de l'activité en α de l'échantillon ; teneurs en K, U et Th déterminés par spectrométrie γ à bas bruit de fond et contributions β et $\gamma +$ cosmiques à la dose annuelle.

D'après les données fournies par le comptage alpha, aucune perte en radon de l'échantillon notable n'a été détectée.

Les mesures effectuées en spectrométrie gamma pour la détermination de la contribution béta servent essentiellement de contrôle à Durham, et, dans le calcul de la dose annuelle totale reçue par l'échantillon, ne sont prises en compte que les données obtenues par β -TLD. On remarque toutefois que les résultats fournis par ces deux méthodes sont en très bon accord.

II-3) Datation

Le tableau 59 regroupe les résultats des datations OSL individuelles accompagnées des incertitudes totales et statistiques ($\pm 1\sigma$).

Echantillon	$D_{e\pm s.d.}$ (Gy)	$I_{totale\ 1} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	$I_{totale\ 2} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	Age 1 (années) $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat})	Age 2 (années) $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat})	Date 1 $\pm \sigma_{tot}$ (A.D.)	Date 2 $\pm \sigma_{tot}$ (A.D.)
345-1	$6,43 \pm 0,40$	$3,31 \pm 0,08$	$3,40 \pm 0,10$	1939 ± 120 (55)	1889 ± 122 (62)	69 ± 120	119 ± 122
345-2	$5,98 \pm 0,48$	$3,40 \pm 0,08$	$3,55 \pm 0,10$	1758 ± 117 (55)	1685 ± 117 (58)	250 ± 117	323 ± 117

Tableau 59: Résultats de la datation par OSL de la brique de l'église Saint-Martin de Canterbury : valeurs de la paléodose et de la dose annuelle totale I_{totale} (exprimée en mGy/an). Les âges OSL sont donnés en années avant 2008. Les incertitudes sont données à un sigma. Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

Au vu des résultats préliminaires de la datation (Age 1 et Date 1), il apparaît que les deux échantillons sont d'origine romaine : les intervalles de dates calculées étant alors de [51 av.J.C ; 189 ap.J.C.] et [133 ; 367] ap.J.C. respectivement pour 345-1 et 345-2.

Dans le cas de 345-2 issu d'une structure architecturale anglo-saxonne, on peut donc en déduire qu'on a affaire ici à un cas de remploi de brique antique dans une construction post-romaine. On peut alors proposer une correction de l'âge en prenant en compte dans le calcul de la dose annuelle, les modifications des contributions gamma et cosmiques. C'est le modèle à double phase de la dose annuelle (Bailiff, 2008), où l'on suppose que l'édifice d'origine de la brique était constituée essentiellement de briques de même composition radiochimique que l'échantillon analysé et que ce remploi s'est fait au début du VII^e siècle (selon l'hypothèse de Tatton-Brown, 1980). Les résultats corrigés sont reportés dans le tableau ci-dessus (Age 2 et Date 2) ; la date de fabrication de la brique dont est issue 345-2 est alors estimée entre 206 et 440 ap.J.C.

Le cas de 345-1 est plus ambigu, puisque l'échantillon a été prélevé dans une structure supposée antique. On peut donc considérer deux situations pour 345-1 : soit l'échantillon est dans sa position primaire (c'est-à-dire qu'il s'agit d'une brique produite dans le but d'édifier la maçonnerie), les résultats de l'analyse chronométrique correspondent donc aux valeurs de Age 1 et Date 1 ; soit l'échantillon a été déplacé et constitue un remploi romain à l'époque romaine (suivant l'hypothèse suggérée par Tatton-Brown, 1980), auquel cas, on applique la correction de la dose annuelle en considérant un modèle à double phase et l'âge et la date

corrigés sont référencés sous Age 2 et Date 2 dans le tableau. Cependant, la correction est ici relativement négligeable et n'influe pas beaucoup sur la datation de la brique. Il faut préciser qu'il n'est pas utile d'envisager ici une troisième phase, liée au blocage de la porte (principalement par des silex) au début de l'époque saxonne car l'échantillon a été prélevé à 38 cm de l'ouverture, la modification de la dose annuelle γ et cosmique étant alors négligeable à cette distance.

III) Discussion

Quelle que soit l'hypothèse considérée pour chacun des échantillons prélevés sur les murs sud de l'église de Saint-Martin à Canterbury, les résultats de la datation par OSL des terres cuites concordent avec les suppositions archéologiques : les briques utilisées à Saint-Martin sont d'origine antique.

Concernant l'échantillon 345-1, provenant d'une brique issue du piédroit d'une porte romaine, deux situations peuvent être envisagées. Si l'élément est dans sa situation primaire ; alors on peut considérer que la fabrication de l'échantillon est contemporaine à l'édification de la structure romaine, ce qui permet de situer celle-ci au I^{er}-II^e siècle ap.J.C. Cette datation correspond approximativement à l'établissement à Canterbury d'une base militaire, après la Conquête romaine de la région, et à l'établissement qui a suivi d'une *civitas* au début du II^e siècle. L'édifice romain appartiendrait donc à cette phase romaine ancienne.

L'alternative hypothétique concernant cet échantillon prévoit le recours au remploi de TCA romaines anciennes au cours de la construction plus récente du monument romain, hypothèse suggérée par l'état fragmentaire des briques. Dans ce cas, si l'échantillon 345-1 a été déplacé, on peut alors proposer une correction de la datation de sa fabrication, en considérant que l'édifice d'origine dont est issu notre échantillon était entièrement constitué de briques liées par du mortier. Cette dernière hypothèse est plausible compte tenu de la majorité des éléments de construction en terre cuite de la structure romaine et de l'abondance d'argile disponible localement. Ainsi, après correction, la nouvelle date proposée situe la fabrication de la terre cuite entre le I^{er} et le III^e siècle ap.J.C., ce qui correspond là-encore à une phase romaine de l'histoire de Canterbury (la phase de construction de l'enceinte de la ville est située à la fin du III^e siècle).

Les deux situations sont donc envisageables dans le cas de 345-1 issu du chevet de Saint-Martin.

Pour l'échantillon 345-2 provenant de la maçonnerie saxonne de l'église, quelle que soit l'hypothèse considérée concernant la provenance de l'échantillon, tous les résultats convergent vers la même conclusion : on a affaire ici à un remploi de TCA romain à l'époque anglo-saxonne. La datation physique ne permet donc de fournir qu'un âge apparent, et non l'âge réel. Cependant, si on suppose que la brique dont est issue 345-2 provient à l'origine d'un édifice romain entièrement constitué de briques, alors on peut proposer une correction sur la datation et situer ainsi sa fabrication au IV^e-V^e siècle au lieu du III^e-IV^e siècle. Il s'agirait alors ici probablement de l'un des derniers témoins de la manufacture romaine de briques à Canterbury, puisque c'est également à cette époque que s'amorce le départ des légions romaines hors de la province bretonne.

Cette première étude de cas de la datation par OSL des terres cuites architecturales des églises anglo-saxonnes du sud-est de l'Angleterre cadre avec les théories émises depuis le XVIII^e siècle concernant le remploi de *spolia* romaines à l'époque anglo-saxonne, ce, au moins dès le VII^e siècle comme le démontre le résultat obtenu pour l'échantillon de brique issu du mur sud de la nef de Saint-Martin.

English summary

The small church is dedicated to Saint Martin of Tours (316-397), founder of the first minster in western Europe and bishop of Tours, whose cult was particularly renowned in Gaul during the Middle Ages. The church is located in the east part of the current city of Canterbury, just outside the Roman walls on top of a small hill that overlooks the ancient road leading to the Roman port of Richborough (Fisher, 1962, 355). This geostrategic position likely favoured early human settlements as archaeological excavations in the graveyard have revealed traces of occupation from the Iron Age (Lyle, 2002) and Canterbury becomes a civitas in the early 2nd century AD (Frere, 1965, 23-24; Cunliffe, 1969, 20). Historic texts report the existence of a church dedicated to St Martin to the east of the cathedral, such as Bede in 7th century (*HE*, I, 26; Colgrave & Mynors, 1969). Whether the church Bede mentioned is the current one has been a subject of debate (Taylor & Taylor, 1965, 143; Thomas, 1980; Tatton-Brown, 1980, 14; Bell, 2005, 124). Some scholars consider the church as the sanctuary salvaged by the Christian and Frankish queen of Ethelbert, Bertha from Tours, and her chaplain Liudhard, which would explain the dedication of the church. Augustine himself, welcomed by King Ethelbert, would have reused the oratory and made it a church (Clapham, 1930).

The church displays a basic plan: a square nave measuring 11.4x7.2 m adjacent to a square chancel of 6x4.3 m. These structures are considered as being original (Routledge, 1897) to which the bell-tower (14th century), the eastern extension of the chancel (13th century) and the vestry (Taylor & Taylor, 1965, 143) have been added subsequently.

For this study, the focus was on the south walls of the nave and the chancel as they are the original walls and are the most accessible and the least restored.

The fabric of the chancel, for its western part, is mainly made of CBM well laid in horizontal rows, alternating with flints, rubble of Marquise oolite and Calcaire Grossier (Worssam & Tatton-Brown, 1990) separated by thin joints. Two doors are now blocked: one, located in the western part of the wall, has a horizontal lintel probably made of a Roman sarcophagus and its jambs are made of CBM; it is assigned to the Roman period (Jenkins, 1965, 12). The second door, further to the east, is round headed with ragstone voussoirs and jambs made of CBM, and is assigned to the Saxon period (Taylor & Taylor, 1965, 144). A piece of Marquise stone in its western jamb displays a Saxon inscription. Later windows have been added to the original south wall of the chancel. The nave walls are built with small rubble containing local ragstone, tuff and flints (Taylor & Taylor, 1965, 143) and proportionally less CBM than in the chancel, laid in a more haphazard way.

The purpose of this work was to evaluate whether the bricks used in the different building phases of the church are Roman, as suspected by a number of scholars (Routledge, 1897; Tatton-Brown, 1980), or contemporary with the erection of the church. Moreover, for the western part of the chancel considered as being a Roman structure, the aim was also to propose a TPQ to its building if the brick is accepted as being contemporary with the construction or slightly older (i.e. it would be a reused Roman brick salvaged from an earlier building, as suggested by Tatton-Brown (1980)).

Results of the luminescence measurements with coarse grains of quartz extracted from the 2 samples reveal that the paleodose for samples 345-1 and 345-2 is 6.43 ± 0.40 Gy and 5.98 ± 0.48

Gy respectively. The annual dose rates determined by β -TLD with the powdered bricks, and from γ -TLD using dosimeters left *in situ* for 7 months, are 3.31 ± 0.08 mGy/yr and 3.40 ± 0.08 mGy/yr respectively. The date of manufacture obtained for the brick from the chancel and the brick from the nave are AD 69 ± 120 and AD 250 ± 117 respectively indicating Roman origin. If both are considered to be reused from Roman structures located elsewhere and made of bricks of the same composition, a two-phase dose-rate model can be applied to correct the date. Using these adjustments, the chancel brick date is only slightly changed to AD 119 ± 122 and indicates manufacture between the 1st and the 3rd centuries AD which fits archaeologically with the settlements of the *civitas* of Canterbury. For the sample from the nave, also applying a two-phase dose-rate model, the corrected date is AD 323 ± 117 which, if accurate, suggests it was amongst the last witnesses of Roman brickmaking in England before their departure at the beginning of the 5th century.

EGLISE SAINT-MARGARET OF ANTIOCH, LOWER HASTOW

I) Présentation

I-1) Le site et son cadre géographique

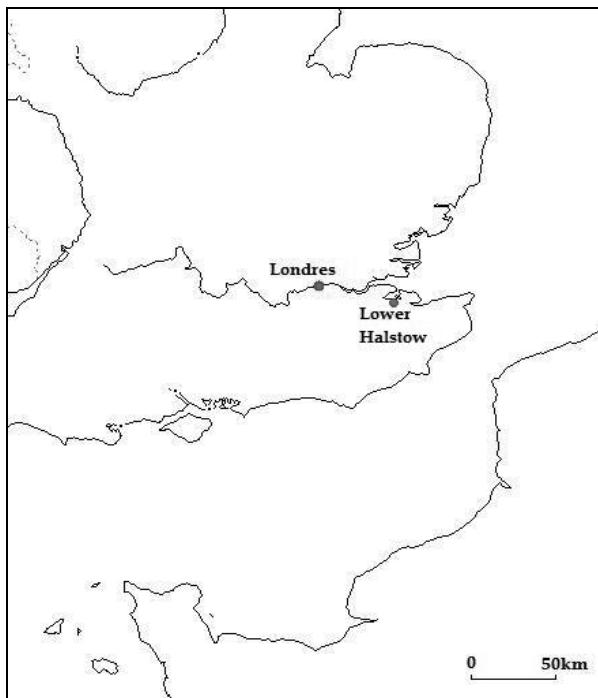


Figure 124 : Localisation du village de Lower Halstow, au nord du Kent.

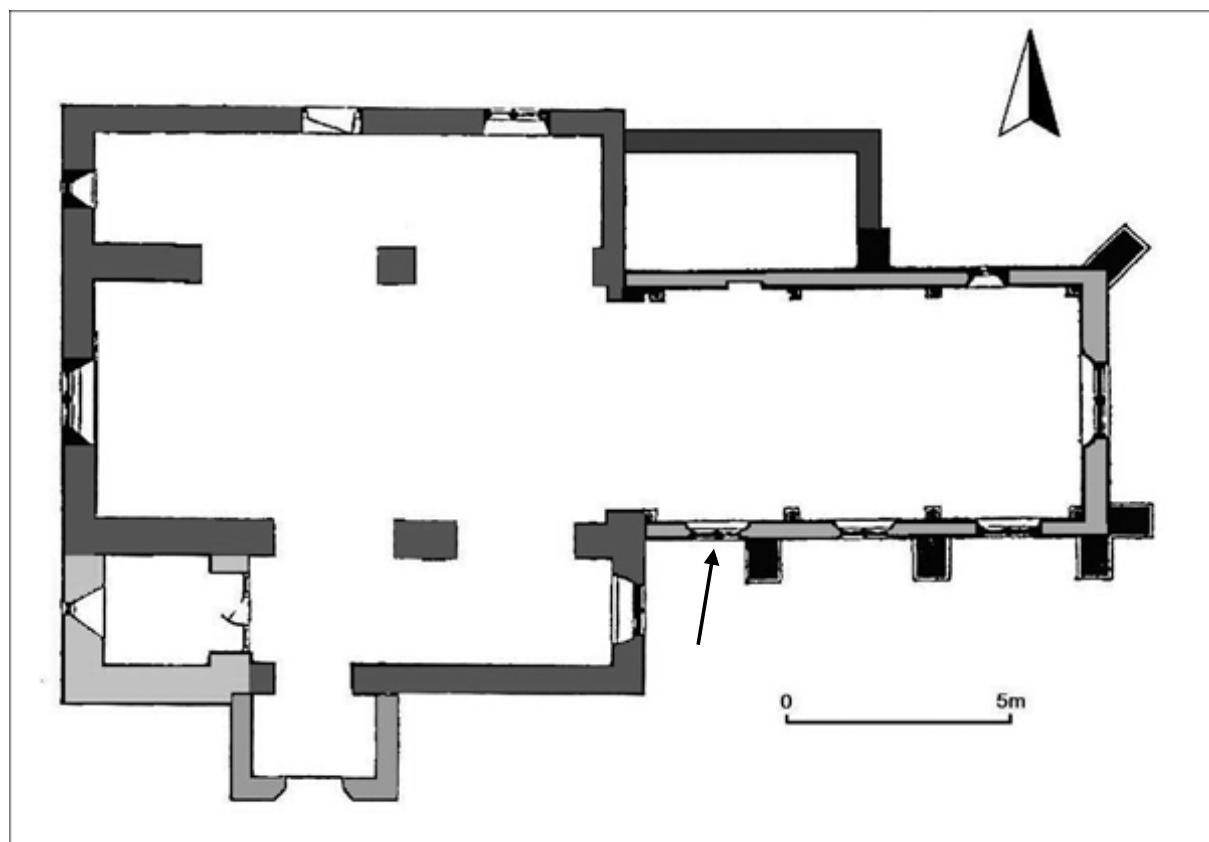
Le village de Lower Halstow est situé à 1,5 km au nord de la *Watling Street*⁸, entre les villes actuelles de Chatham et Sittingbourne, sur la côte nord du Kent (fig.124), sur la crique de l'estuaire de la Medway (Taylor & Taylor, 1965, 281). Sa situation proche de la mer a permis au village de se développer très tôt, dès l'Age du Fer (Stevens, 1999).

Une petite digue seulement sépare le cimetière qui entoure l'église (fig.125), de la mer (Newman, 1969). L'église est dédiée à sainte Marguerite d'Antioche, martyre sous Dioclétien (III^e siècle), évoquée par les femmes en couche. Son culte, rapporté d'Orient par les Croisés, est particulièrement populaire au Moyen Age.

⁸ Ancienne voie en Angleterre et Pays de Galles, utilisé par les Celtes, en particulier entre les villes modernes de Canterbury et Saint-Albans. La route fut ensuite pavée par les Romains. Les Anglo-Saxons l'utilisèrent également et lui donnèrent son nom actuel: *Wæcelinga Stræt*. Une portion de cette voie constitue l'actuelle autoroute A2.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévation

L'édifice qui nous est parvenu présente un chœur rectangulaire de 11 x 6 m de dimensions, avec un chevet plat, une nef normande avec des bas-côtés ajoutés vers 1150-60 (Olive, 1918 ; fig.126). La tour rectangulaire à l'extrémité occidentale du bas-côté sud a été ajoutée au XIII^e siècle (fig.125a). De nombreuses fenêtres sont remplacées aux XIV^e et XVI^e siècles (Olive, 1918). Enfin en 1913, l'architecte restaurateur W.D.Caröe fait ajouter un nouveau porche. Au nord-ouest du chevet se trouve une chapelle moderne. Nous ne nous intéresserons ici qu'au chevet, seul vestige attribué à la période anglo-saxonne, et plus particulièrement à son mur sud (Taylor & Taylor, 1965, 281 ; fig.125c).



L'église est construite en moellons de silex associés à des blocs de calcaire et de nombreuses briques (Baldwin-Brown, 1925, 456 ; Taylor & Taylor, 1965, 281). Les TCA sont essentiellement présentes dans le mur sud du chevet, généralement sous leur forme entière. Plus fréquemment morcelées, on les retrouve également sur tout le pourtour de l'édifice, des parties normandes de l'église jusqu'à la tour du XIII^e siècle (Newman, 1969, 359), où les TCA se font plus rares. Il semble que la quantité et la qualité des briques aient donc décliné au fur et à mesure des constructions les plus récentes.

Dans la partie inférieure du mur sud du chevet, les traces d'un *opus spicatum* réalisé en briques sont visibles, à 20-30 cm au-dessus du sol, interrompu par un empilement de briques plus larges (fig.127 a & b ; Taylor & Taylor, 1965, 281). L'emploi de TCA se retrouve également dans la partie centrale du mur sud du chevet, dans la construction d'une petite fenêtre haute bloquée, en plein cintre, à ébrasure unique, d'un mètre de haut et de 22 cm d'épaisseur (fig.128 a & b ; Taylor & Taylor, 1965, 281).

A l'intérieur, aucune trace anglo-saxonne n'est plus observable, l'élévation étant entièrement recouverte d'enduit.

I-3) Hypothèses préalables à la datation et problématiques

I-3-1) Sources écrites

Lower Halstow n'est pas citée dans le Domesday Book. En revanche, elle est mentionnée sous le nom de « Halgastow » (« Halig stow », place sacrée) dans le *Domesday Monachorum*, vers 1100, où il est précisé que l'église est subordonnée à celle de « Niwantun », c'est-à-dire Newington, à côté de Sittingbourne (Page, 1932, 117, 156).

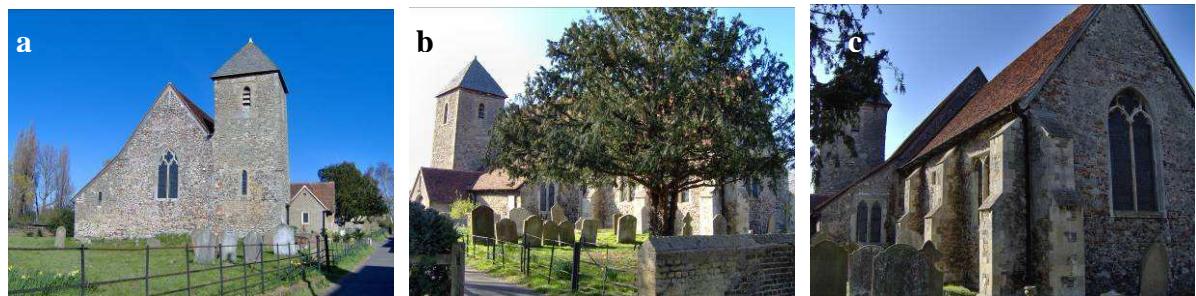
I-3-2) Etudes typologiques et archéologiques

Le cintre de la petite fenêtre à l'ouest du mur sud du chevet est réalisé sans grand soin (fig.146b), les claveaux de briques n'étant pas disposés de manière radiale (notamment au niveau du faîte du cintre). Les dimensions réduites et l'ébrasure unique interne de la fenêtre permettent d'attribuer sa construction, d'après Baldwin-Brown (1925, 426, 456) et Taylor & Taylor (1965, 281), à la période anglo-saxonne tardive. Néanmoins les propositions de datation de cette partie de l'édifice oscillent entre le début du IX^e siècle et la fin du XI^e siècle (Olive, 1918, 157).

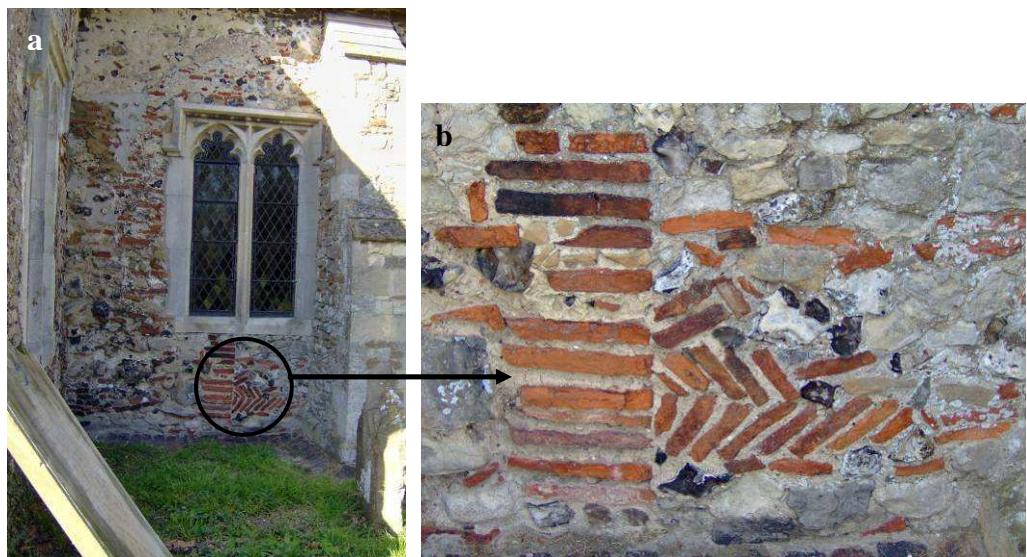
En 1842, C.R.Smith observe « plusieurs remblais constitués de débris de constructions romaines à proximité de l'église, ainsi que des restes sépulcraux dans les champs arables à l'ouest de l'église et des vestiges romains de chaque côté de l'église » (Smith, 1842, 226).

A cela s'ajoute la description du VCH qui identifie des traces d'hypocauste à l'ouest de l'église, ainsi que bon nombre de tuiles et de tessons de céramique affleurant le sol des champs voisins (Page, 1932, 117). Tyler Bell (2005) interprète ces indices comme la possibilité que l'église ait été associée à un vaste complexe d'une villa romaine. D'autre part, à Boxted, situé à un kilomètre au sud de Lower Halstow, fut découvert une villa romaine particulièrement étendue (66 m de long) dont les maçonneries sont constituées essentiellement de silex, de moellons schisteux et de tuf (Newman, 1969, 360).

Ces structures romaines, probablement abandonnées au moment de la construction de l'église de Lower Halstow, devaient donc constituer des sources d'approvisionnement potentielles en matériaux de construction déjà prêts à l'emploi. Cette hypothèse de récupération de matériaux de construction romains pourrait également expliquer la diminution progressive du nombre de TCA utilisées dans les différentes phases de construction de l'édifice, les sources d'approvisionnement s'amenuisant au cours du temps.



Figures 125 a, b & c : Façade et tour occidentales, mur nord et angle nord-est du chevet de l'église Saint-Margaret de Lower Halstow.



Figures 127 a & b : Partie occidentale du mur sud du chevet: empilement de briques et appareil en arêtes de poisson.



Figures 128 a & b: Partie centrale du mur sud du chevet et détail de la petite fenêtre anglo-saxonne.

I-3-3) Indices archéologiques

Cette théorie de remploi est renforcée par l'observation de béton hydraulique adhérant à certaines briques (fig.129a), ces mortiers de tuileaux roses pouvant même être employés seuls, comme unités de construction au sein de la maçonnerie. On note également l'existence de tegulae brisées utilisées comme moellons (fig.129b).



Figures 129 a & b : Présence de mortier de tuileau collé aux briques et fragment de *tegula*.



Figures 130 a & b: deux types de briques observés dans la partie occidentale du mur sud du chevet.

Dans la partie centrale du mur, on observe deux types de briques. Le premier, employé dans l'appareil en arêtes de poisson au-dessous de la fenêtre médiévale, correspond à des briques d'épaisseur moyenne de 3,20 cm, avec une pâte fine à laquelle a été rajouté un dégraissant très grossier, et en particulier, la surface de ces briques est recouverte de grains de sable (provenant sans doute du moule saupoudré qui a servi dans l'élaboration de la TCA ; fig.130a). Aucune trace de mortier de tuileau n'a été observée sur ces briques. Le second type, présent dans l'empilement vertical de briques qui se prolonge sur toute la hauteur de la maçonnerie et est coupé par la fenêtre médiévale, correspond à un matériau à texture fine (fig.130b), d'épaisseur moyenne de 4 cm, avec des traces de mortier rose adhérant parfois à la surface de certains spécimens.

Les deux types de TCA observés résultent peut-être d'un approvisionnement différent ou d'ateliers différents ayant exercé sur le même site (mais à diverses périodes).

I-4) Problématique

A l'instar des autres sites anglo-saxons inclus dans ce travail de recherche, l'objectif de cette étude consiste à vérifier, au moyen de méthodes physiques, l'origine antique des matériaux de terre cuite utilisés dans la construction des phases anglo-saxonnes de l'église de Lower Halstow, et ainsi d'évaluer la databilité de matériaux déplacés. D'autre part, on cherche à savoir si les deux types de terres cuites observés correspondent à des matériaux de même origine.

I-5) Le matériel d'étude

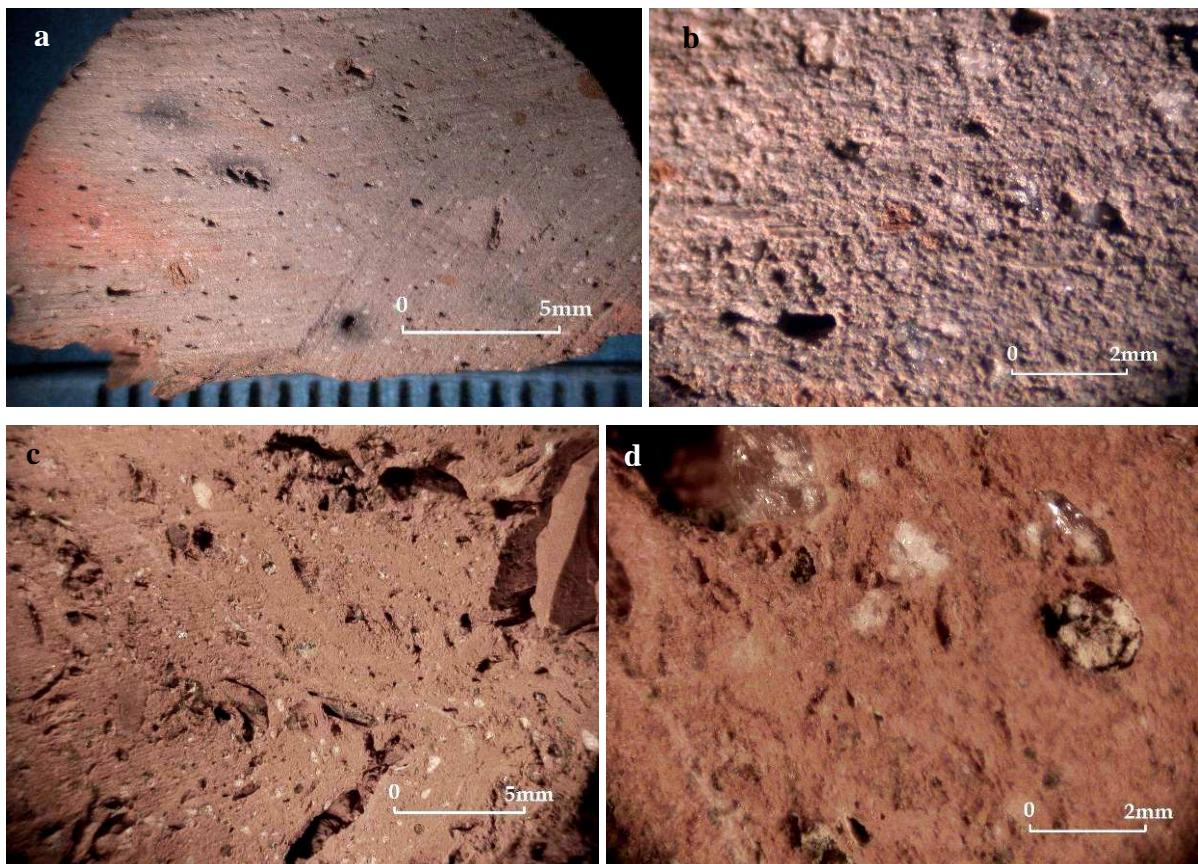
Deux briques ont été prélevées par carottage au cours de deux sessions distinctes de prélèvements dans une partie du bâtiment attribuée à la période anglo-saxonne. Celles-ci ont été sélectionnées pour leur type de texture différent, la première étant particulièrement fine et la seconde plus grossière. L'objectif est donc ici d'évaluer la permanence du recours au remploi romain.

Le premier carottage a été effectué à sec (carotte de 6 cm de long et 2 cm de diamètre) en juillet 2007. Il s'agit de la 8^e brique sous la fenêtre de la troisième travée du chevet, dans la partie occidentale du mur sud (fig.131a). L'échantillon est situé à 70 cm du contrefort ultérieur marquant la séparation entre la deuxième et la troisième travée et à 46 cm du sol actuel. Le deuxième échantillon a été prélevé avec une carotteuse lubrifiée à l'eau en juin 2008 (carotte de 10,5 cm de long et 4cm de diamètre), il s'agit de la 6^e brique (20 x 4,5 cm) de la rangée inférieure de l'*opus spicatum*, à partir de l'empilement de briques d'où provient le premier échantillon (fig.131b). Il est situé à 30 cm du sol et à 44 cm du contrefort latéral.

Le premier échantillon prélevé (référencé 344-1) présente une pâte fine, relativement homogène, de couleur rose-orangée. Les inclusions sont difficilement visibles (fig.132a & b). Le deuxième échantillon (344-2) présente une pâte de couleur rose orangée, de texture fine, plutôt poreuse, avec quelques inclusions visibles (fig. 132a & b).



Figures 131 a & b : Localisation des prélevements 344-1 et 344-2.



Figures 132 : Sections observées à la loupe binoculaire des carottes prélevées à Lower Halstow : 344-1 en haut, grossissement x10 (a) et x45 (b), 344-2 en bas, x10 (c) et x45 (d).

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

Les déterminations de la dose équivalente (SAR-OSL sur quartz de 90-150µm) et des différentes contributions à la dose annuelle (β -TLD sur les échantillons de brique réduits en poudre et γ -TLD sur les dosimètres) se faisant selon les mêmes protocoles que pour l'étude des échantillons de Saint-Martin de Canterbury, ne sont présentés ici que les résultats issus de ces mesures.

II-1) Détermination de la dose équivalente

- Caractéristiques du signal d'OSL

L'échantillon 344-1 n'a présenté aucune réponse à la stimulation. Les expériences pour cet échantillon ont donc été réitérées avec différentes granulométries et des essais ont été effectués en TL ; cependant toutes ces tentatives ont échoué, l'échantillon n'ayant fourni aucun signal distinct du bruit de fond. L'étude de cet échantillon a donc été abandonnée.

L'échantillon 344-2, en revanche, malgré la faiblesse du signal de luminescence fond (tableau 60), a pu être analysé.

Le niveau moyen de sensibilité n'est pas insignifiant et compte tenu de la variabilité entre aliquotes (supérieure à 10%), une procédure corrective sera appliquée pour la détermination de la valeur de la paléodose.

- Test du plateau de préchauffage

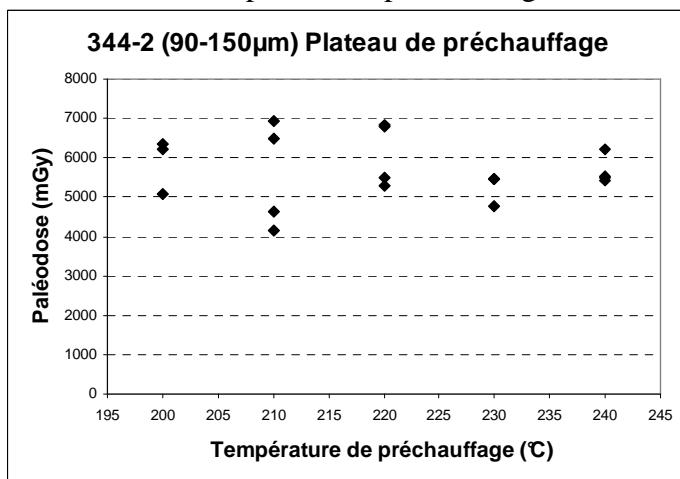


Figure 133 : plateau de préchauffage de l'échantillon 344-2.

Sur le test du plateau représenté graphiquement dans la figure 33, on remarque que la dispersion entre aliquotes, pour une même température de préchauffage, est relativement importante. Cela est particulièrement lié à la faiblesse du signal détecté pour cet échantillon. Néanmoins, l'application du test du χ^2 sur les valeurs de paléodose mesurées en fonction des différentes températures de préchauffage ne révèle aucune différence systématique entre ces valeurs ($\chi^2=3,41$ pour un intervalle à 80 % de probabilité : 1,06 - 7,78). Le domaine du plateau s'étend donc de 200 à 240°C ; c'est-à-dire que la valeur de la paléodose correspond à

la moyenne de l'ensemble des valeurs déterminées lors d'expériences réalisées avec un préchauffage effectué dans le domaine compris entre 200 et 240°C.

- Résultats

échantillon	$R_{SB} \pm d.s$	Sens. $\pm d.s.$	$D_e \pm s. d.$ (Gy)	s. e. (Gy)	s. e. (%)	n	Plateau préch(°C)	Intervalle (Gy)
344-2	2 \pm 1	1,28 \pm 0,42	5,59 \pm 0,77	0,19	3	16	200-240	4,15 - 6,83

Tableau 60 : valeurs moyennes du rapport signal/bruit de fond (R_{SB}) et du changement de sensibilité (Sens.) pour l'échantillon ; D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray, n correspond au nombre total de mesures effectuées dans le domaine du plateau, e.s. fait référence à l'erreur standard présentée ici en Gray et en pourcentage de la valeur moyenne de la paléodose.

II-2) Détermination de la dose annuelle

Le comptage alpha ne détecte aucune fuite de radon (tableau 61). Les données de la spectrométrie gamma sont données ici à titre informatif, pour comparaison avec les résultats fournis par la β -TLD, ces derniers étant pris en compte dans le calcul de la dose annuelle. On remarque que les résultats des mesures concordent entre ces deux méthodes (tableau 61).

éch.	α_1/α_0	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$I_{\beta\text{céram}}$ (mGy/an)	
					spectro γ	β -TLD
344-2	1,05 \pm 0,10	1,99 \pm 0,03	3,69 \pm 0,35	15,59 \pm 0,81	2,31 \pm 0,05	2,38 \pm 0,06

Tableau 61 : rapport de l'activité en α de l'échantillon dans un milieu clos hermétique et non clos, représentatif de l'état du radon ; teneurs en K, U et Th déterminés par spectrométrie γ à bas bruit de fond ; contribution β à la dose annuelle obtenue indirectement à partir de ces teneurs et directement par β -TLD.

L'ensemble des contributions à la dose annuelle sont reportées dans le tableau 62, ainsi que les teneurs en radioéléments contenus dans les grains de quartz, intervenant dans l'auto-irradiation des grains.

Echantillon	Th (ppm)	U (ppm)	K (ppm)	I_{int} (mGy/an)	$I_{\beta\text{ceram}}$ (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	$I_{totale} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)
345-1	0,93	0,20	<600	0,08 \pm 0,00	2,38 \pm 0,06	0,81 \pm 0,05	3,27 \pm 0,08

Tableau 62 : Teneurs en K, U et Th (en ppm) des grains de quartz mesurées par ICP-MS et contribution correspondante à la dose annuelle : I_{int} exprimée en mGy/an ; $I_{\beta\text{ceram}}$ correspond à la contribution β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); I_{env} , la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) mesurée à partir de la dosimétrie *in situ* et I_{totale} , la dose annuelle totale (mGy/an).

II-3) Datation

Ech.	$D_0 \pm d.s.$ (Gy)	$I_{totale\ 1} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	$I_{totale\ 2} \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	Age 1 $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat}) (années)	Age 2 $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat}) (années)	Date 1 $\pm \sigma_{tot}$ (ap.J.C.)	Date 2 $\pm \sigma_{tot}$ ap.J.C.)
344-2	$5,59 \pm 0,77$	$3,27 \pm 0,08$	$3,50 \pm 0,13$	1711 ± 119 (73)	1597 ± 125 (87)	297 ± 119	411 ± 125

Tableau 63 : Résultats de la datation par OSL de la brique de l'église paroissiale de Lower Halstow. Les âges OSL sont donnés en années avant 2008. Les incertitudes sont données à un sigma. Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

Au vu de la datation finale de l'échantillon (Age 1 et Date 1) qui se situe entre le IV^e et le V^e siècle (tableau 63), on peut considérer qu'il est de manufacture antique et qu'il s'agit très certainement d'un remploi romain dans la construction de l'église anglo-saxonne. Afin de prendre en considération les modifications de la contribution $\gamma +$ cosmiques à la dose annuelle provoquées par le déplacement de l'objet, une correction du calcul d'âge peut être apportée en supposant que l'échantillon provenait à l'origine d'un édifice entièrement réalisé de briques de même composition que la sienne (Bailiff, 2008). On estime ainsi la production de la brique d'origine entre le V^e et le VI^e siècle (Age 2 et Date 2).

III) Discussion

On remarque que la datation de la production de la brique, notamment après correction, est relativement tardive, puisqu'elle est comprise dans l'intervalle [286 ; 536] ap.J.C. Il s'agit donc très certainement ici d'un exemple tardif de manufacture de TCA romaines dans le Kent. Quelle que soit la provenance de l'échantillon de brique étudié, il s'agit assurément d'un matériau romain qui fut réemployé dans la construction de l'église anglo-saxonne de Lower Halstow. A l'instar du cas de Saint-Martin de Canterbury, on a de nouveau affaire ici à un exemple de réappropriation de matériaux antiques dans un édifice religieux au cours de l'époque anglo-saxonne, confirmant les hypothèses émises par nos prédecesseurs. L'exemple de Lower Halstow a d'autre part l'intérêt de présenter un exemple de cette pratique au cours de l'époque anglo-saxonne tardive.

English summary

The church dedicated to Saint Margaret of Antioch is situated on an embankment on the river Medway estuary, in Lower Halstow, north Kent. The coastal location proved suitable for early settlement as is evident by the number of Roman remains noticed and described since the 18th century both in the graveyard of the church itself and in the vicinity (Smith, 1842, 226; Page, 1932, 117, 156; Newman, 1969; Bell, 2005). Although there is no mention of Lower Halstow in the *Domesday Book*, the church is, however, reported in the *Domesday Monachorum*, which confirms a church existed on the site around 1100.

The current church has a Norman aisled nave, a 13th century tower on the top of the western part of the south aisle, a 20th century porch, a modern north chapel and a square chancel (11 x 6 m) assigned to the Anglo-Saxon period according to architectural features (Olive, 1918, 157; Taylor & Taylor, 1965, 281; Newman, 1969, 359). The walls are mainly erected with flints, blocks of clunch and a number of CBM (Baldwin-Brown, 1925, 456), especially in the south wall of the chancel. They can be found sporadically in the wall masonry and in a more organised way in the evocation of an *opus spicatum* in the lower parts of the wall. They are also observed in a vertical pileup in the western part of the wall where the herring bone pattern ends and finally, in a narrow and small opening, now blocked, in the upper part of the central wall.

Different types of fabric have been observed among the CBM, as well as a variety of sizes. Most of the CBM was used in a fragmentary state and some display traces of *opus signinum* still adhering their faces. Moreover, *imbrices* and *tegulae* have also been identified in the building of the wall. All this evidence tends to suggest a Roman origin for the CBM used in the building of the church.

The aim of this work is to re-examine the suspected Roman origin of the ceramic material used in the Anglo-Saxon construction. Two samples were taken from two different brick samples displaying different aspects, one being a harder and finer fabric from the stack, while the other displays a coarser fabric from the adjacent *opus spicatum*. However, measurable luminescence was detected only in the latter with a mean paleodose value of 5.59 ± 0.77 Gy and an annual dose-rate value of 3.27 ± 0.08 mGy/yr were obtained, giving an OSL age of 1711 ± 119 years. The calculated date for the manufacture of this sample is therefore AD 297 ± 119 . Assuming that the brick is of Roman origin and later reused in the Anglo-Saxon building, a correction to the age was made using a two-phase dose-rate model. The latter is based on the assumption that the brick came from an original masonry made up of bricks with similar composition and that the Anglo-Saxon building was built around ca. AD 1050. The corrected date for the manufacture of the brick is AD 411 ± 125 which is relatively late as at that time Romans were leaving Kent. This would be a one of the late witnesses of Roman brickmaking.

EGLISE SAINT-MARGARET, DARENTH

I) Présentation

I-1) Contexte historique et géographique du site

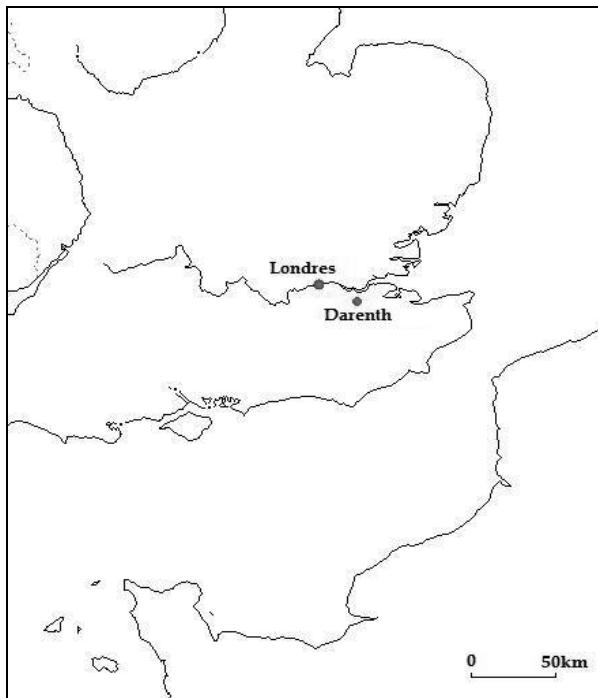


Figure 134 : Situation géographique de Darenth, dans le nord-est du Kent.

La commune de Darenth se situe au nord ouest du comté du Kent (fig.134), à 4 km de la ville de Dartford et à 1,5 km au sud de la route moderne qui reprend le tracé de l'ancienne *Watling Street* (Elliston-Erwood, 1912, 83 ; Taylor & Taylor, 1965, 190). Elle est positionnée à flanc de colline et traversée par la rivière Darent.

La situation stratégique de Darenth a incité les implantations humaines dès l'époque préhistorique, comme en témoignent les vestiges archéologiques d'activité mésolithique, néolithique, de la fin de l'Age du Bronze et de l'Age du Fer (Philip, 1984). Ces sites d'occupation se superposent partiellement dans les limites d'une villa palatiale romaine du II^e au IV^e siècle, mise au jour en 1894-5 par G. Payne (1897), dont l'angle sud-est a ensuite été réoccupée au V-VI^e siècle comme l'attestent les traces en négatifs de structures d'habitat en bois (Philip, 1984). Le site saxon ancien semble abandonné dès le VI^e siècle et à partir du VII^e-VIII^e siècle, un village s'installe à 700 m au nord de l'installation saxon ancienne (Philip, 1984), qui s'est par la suite développé dans la commune que nous connaissons aujourd'hui.

Située à 500 m au nord de la villa romaine, l'église de Darenth, dédiée à sainte Marguerite (fig.135), va faire l'objet de notre étude (Elliston-Erwood, 1912, 83 ; Taylor & Taylor, 1965, 190).



Figure 135: Eglise de Saint-Margaret, Darenth (vue côté nord).

I-2) Description de l'édifice : plan et élévation

L'église (fig.136) est constituée d'un chevet normand de trois travées, à chevet plat et d'une nef d'attribution saxonne, de 11 x 5 m de dimensions, flanquée d'adjonctions ultérieures tel que le collatéral sud daté du XIII^e siècle, la tour sud-ouest des XIII^e-XV^e siècles, la sacristie occidentale moderne et un porche récent (Elliston-Erwood, 1912, 84). L'étude portera ici sur la partie originelle de l'édifice : les murs nord et ouest de la nef actuelle.

Les murs nord et ouest de la nef présentent une épaisseur de 75 cm pour une hauteur de 5,70 m et ont été érigés avec des moellons de silex et des quelques TCA (Elliston-Erwood, 1912, 84 ; Taylor & Taylor, 1965, 190).

Les chaînes d'angle nord-est, nord-ouest et sud-ouest sont entièrement constituées de TCA sur une hauteur de 4 m environ (Taylor & Taylor, 1965, 192 ; fig.137a) et le mètre restant est constitué de trois pierres mises en œuvre dans un appareillage « *long-and-short* ». La partie supérieure du mur occidental présente une rangée de briques disposées de manière à former une sorte d'*opus spicatum* (fig.137b & 139). A 3 m environ du sol, dans la partie occidentale du mur nord de la nef, on peut voir une petite fenêtre à double ébrasement, désormais bloquée et partiellement cachée par le toit du porche actuel (Taylor & Taylor, 1965, 191). Elle présente un arc en plein cintre (fig.138) et des piédroits réalisés en briques. Les vestiges du piédroit occidental du probable symétrique de cette fenêtre, sur la partie orientale du mur nord, également bloquée, sont encore visibles, sous une fenêtre du XV^e siècle (Taylor & Taylor, 1965, 191). A l'intérieur, les faces des murs sont recouvertes d'enduit, hormis le cintre de la petite fenêtre à l'ouest (fig.138), dont on peut noter l'attention particulière apportée à la disposition des claveaux de brique.

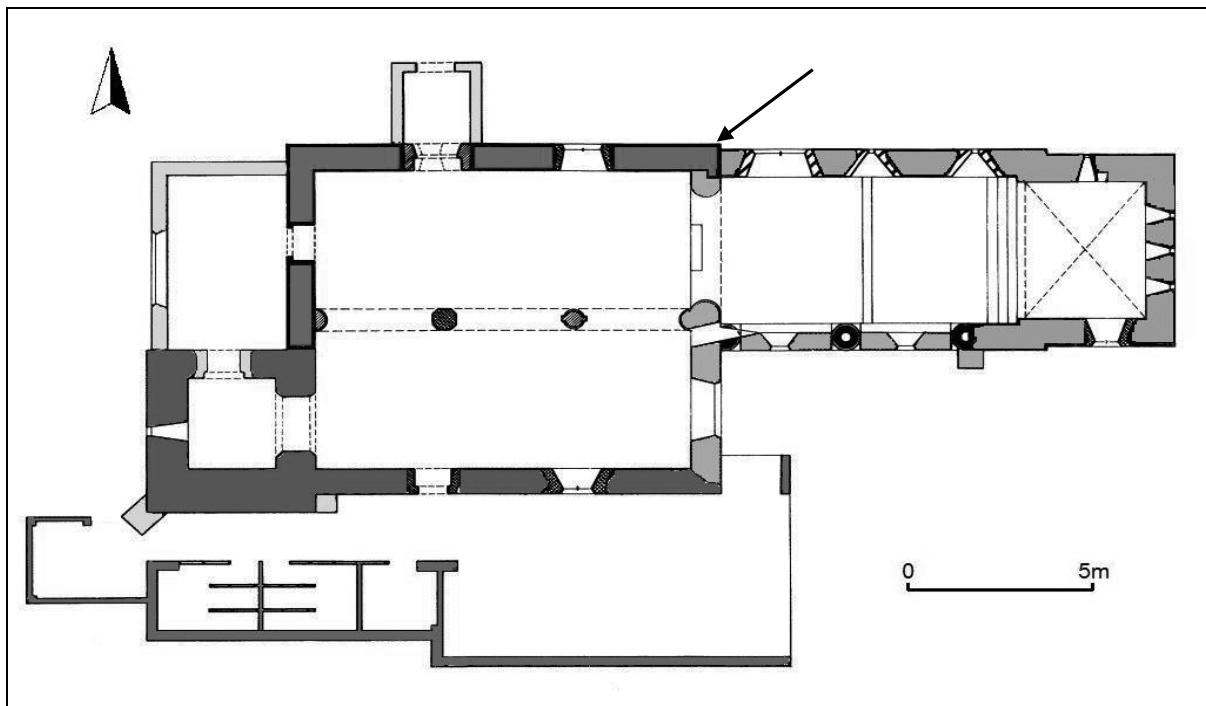


Figure 136: Plan de l'église actuelle de Saint-Margaret à Darenth (d'après G.A.W.C dans brochure de l'église) ; la flèche indique la zone de prélèvement.

Ce soin particulier est également visible dans la mise en œuvre des briques des chaînages d'angle nord-est et nord-ouest. En revanche, dans les murs de maçonnerie, quelques matériaux de terre cuite du mur latéral sont employés de manière sporadique et aléatoire.



Figures 137 a, b & 138 : Chaînage d'angle du mur nord de la nef -la flèche indique la brique prélevée- ; pan du mur occidental et vue de l'intérieur de la fenêtre anglo-saxonne



Figure 139: Détail du pan du mur occidental; évocation d'un *opus spicatum*.

I-3) Hypothèses préalables à la datation et problématiques

I-3-1) Sources écrites

La première mention du site, et en particulier de son manoir, remonte à 940 dans une charte de l'église Christchurch de Canterbury (Elliston-Erwood, 1912, 84). La présence d'un manoir à cette époque indique implicitement l'existence d'une église qui devait lui être attachée. Cependant aucune indication n'y est faite. Il est probable qu'il ne s'agissait alors que d'une église en bois construite à l'endroit même ou à proximité de l'église actuelle compte tenu de l'absence d'indice archéologique qui s'y réfère.

C'est le *Textus Roffensis* qui mentionne pour la première fois l'église.

Le site est également mentionné dans le cadre du recensement du *Domesday Book*, où il est précisé que l'archevêque de Canterbury est alors le propriétaire du domaine (Morris, 1983). Il semble donc qu'une église ait pu exister avant l'arrivée des Normands et que ceux-ci ont par la suite repris la construction de l'église, non seulement en l'agrandissant, pour répondre au besoin de l'accroissement démographique qui a suivi la Conquête, mais aussi et surtout pour contenir le rituel liturgique plus élaboré importé du Continent.

I-3-2) Etudes archéologiques

L'édifice a fait l'objet d'une étude détaillée par F.C.Ellison-Erwood, puis par les Taylor, qui, sur la base des critères typologiques (fenêtres, chaînages d'angle, matériaux de construction), situent sa construction à la fin du X^e ou au début du XI^e siècle (Elliston-Erwood, 1912, 83 ; Taylor & Taylor, 1965, 190).

Concernant la question de l'origine des matériaux de construction employés, de nombreux indices penchent en faveur du remploi d'antiques. A 500 m au sud de l'église, la villa romaine, probablement abandonnée au IV^e siècle, a été découverte en 1874 et fouillée en 1894-5 (Payne, 1897). 71 salles agencées autour de deux cours, sont alors mises au jour ; l'ensemble mesurant 225 m nord-sud et 150 m est-ouest. En 1969, des fouilles de sauvetage permettent également la découverte au sud ouest de la villa principale, d'un balnéaire et d'un vaste bâtiment détachés (Philip, 1984). La villa de Darenth représente l'une des plus larges villas romaines de Bretagne et constitue la plus vaste jamais mise au jour dans le comté du Kent. A cela s'ajoute la célèbre villa de Lullingstone, située à 7,8 km de Darenth, fouillée pendant la Seconde Guerre Mondiale sous la direction du colonel G.W.Meates (1955 ; 1984). Ces anciennes installations romaines devaient constituer au X^e ou XI^e siècle des sources d'approvisionnement locales non dépourvues d'intérêt pour la construction de l'église de Darenth. Ainsi on peut penser en toute logique que les matériaux, et en particulier les terres cuites, utilisés dans la construction de l'édifice anglo-saxon sont des récupérations des villas brito-romaines avoisinantes.

Un indice supplémentaire vient appuyer cette hypothèse. En effet, des traces de béton hydraulique apparaissent adhérant à quelques unes des briques des angles nord-est et nord-ouest (fig.140).

I-4) Problématique

Il s'agit ici de vérifier l'origine antique des matériaux de terre cuite employés dans la construction des phases anglo-saxonnes de l'église, ainsi que de tenter d'évaluer la databilité de matériaux déplacés dans le cas où il s'agirait de remploi antique.

I-5) Le matériel d'étude

Les maçonneries intérieures étant désormais recouvertes d'un enduit et la petite fenêtre anglo-saxonne ainsi que l'évocation de l'*opus spicatum* n'étant pas accessibles, l'étude des TCA de Darenth s'est donc limitée à celles des murs extérieurs et en particulier celles qui constituent les chaînages d'angle. Une seule brique a été échantillonnée, l'objectif étant seulement ici de tester l'origine des TCA employées dans la construction anglo-saxonne. L'échantillon 342-1 a donc été prélevé par carottage à sec (carotte de 12 cm de long et 2 cm de diamètre) dans la 20^e brique en partant du sol dans le chaînage d'angle nord-est de la nef (fig.141), cette structure ayant été sélectionnée d'une part pour sa facilité d'accès, d'autre part pour l'assurance de son origine anglo-saxonne non-reprise.

L'observation à l'œil nu et à la loupe binoculaire de la brique révèle une pâte de couleur rouge orangée, de texture très fine, généralement homogène et sans inclusion visible (fig.142 a & b).

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

II-1) Détermination de la dose équivalente

L'évaluation de la valeur de paléodose est effectuée à partir de la méthode d'OSL et de la SAR modifiée sur quartz. Compte tenu de la matrice particulièrement fine de l'échantillon et de la quantité restreinte de matière dans la granulométrie comprise entre 90 et 150 μm , nous avons eu recours pour cette étude aux grains de quartz de dimensions comprises entre 53 et 90 μm et entre 150 et 355 μm , cette dernière nécessitant en particulier peu de matière.

- Caractéristiques du signal d'OSL

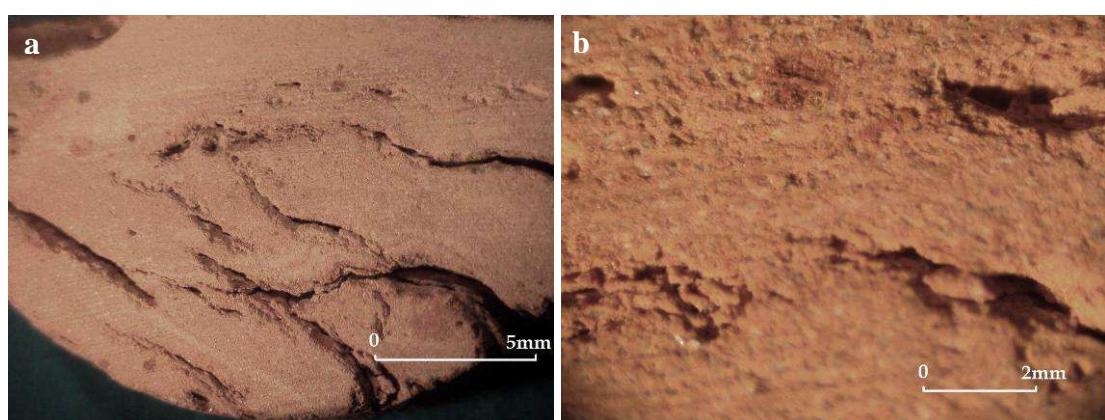
Les intensités d'OSL enregistrées sont relativement élevées, comme l'indique l'importance relative du signal naturel d'OSL pour chaque échantillon indiqué par le rapport signal sur bruit de fond R_{SB} (tableau 64). En particulier, ces émissions de luminescence sont élevées pour les grains de dimensions comprises entre 53 et 90 μm . Le niveau moyen de sensibilité n'est pas négligeable (tableau 64) et compte tenu de la variabilité entre aliquotes pour une même granulométrie (supérieure à 10% dans le cas la granulométrie comprise entre 53 et 90 μm), une procédure corrective sera appliquée pour la détermination de la valeur de la paléodose.



Figure 140 : morceau de mortier de tuileau adhérant à l'une des briques du chaînage d'angle nord-est.

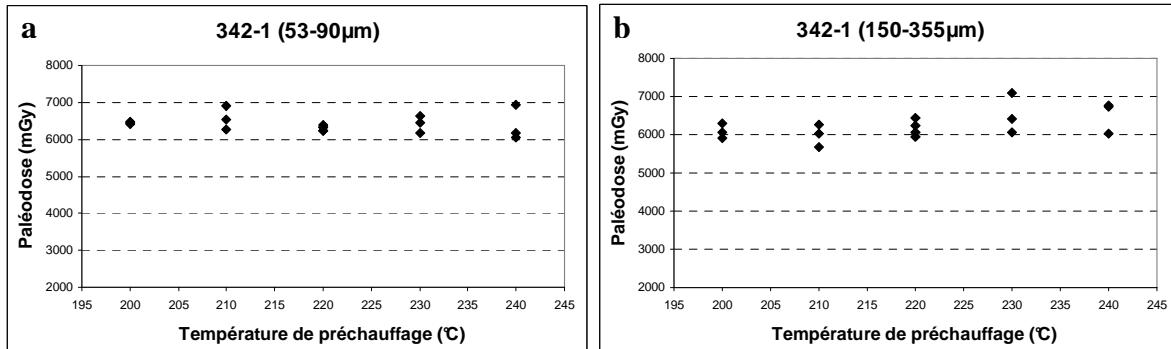


Figure 141 : Localisation de l'échantillon prélevé.



Figures 142 a & b : Section observée à la loupe binoculaire de la carotte prélevée et analysée au laboratoire de Durham ; grossissements x10 (a) et x45 (b).

- Test du plateau de préchauffage



Figures 143 a & b : plateaux de préchauffage de l'échantillon 342-1 pour les granulométries 53-90 μm (a) et 150-355 μm (b). Le préchauffage est maintenu pendant 10s, à une température comprise entre 200 et 240 °C.

L'application du test du χ^2 sur les valeurs de paléodosage mesurées en fonction des différentes températures de préchauffage et pour chaque granulométrie ne révèle aucune différence systématique entre ces valeurs ($\chi^2=3,17$ et 1,62 respectivement pour 53-90 μm et 150-355 μm , pour un intervalle à 80 % de probabilité : 1,06 - 7,78). Il a donc été admis que le domaine du plateau s'étende de 200 à 240 °C. La valeur calculée de la paléodosage correspond à la moyenne des valeurs déterminées lors d'expériences réalisées avec un préchauffage effectué dans le domaine compris entre 200 et 240°C.

- Résultats

Le tableau ci-dessous (tableau 64) présente les résultats des mesures de la dose équivalente de l'échantillon 342-1 pour chaque granulométrie et le domaine du plateau de préchauffage correspondant. L'incertitude associée à la valeur D_e correspond à la déviation standard, relative à la dispersion des intensités de l'OSL.

échantillon	$R_{\text{SB}} \pm$ s.d.	Sens. \pm s.d.	$D_e \pm$ s.d. (Gy)	s.e. (Gy)	s.e. (%)	n	Plateau de préchauffage (°C)	Intervalle (Gy)
342-1 (53-90 μm)	222 \pm 53	1,34 \pm 0,18	6,41 \pm 0,24	0,06	0,9	18	200-240	6,06 - 6,92
342-1 (150-355 μm)	54 \pm 20	1,23 \pm 0,12	6,25 \pm 0,37	0,09	1,5	16	200-240	5,92 - 7,09

Tableau 64 : valeurs moyennes du rapport signal/bruit de fond (R_{SB}) et du changement de sensibilité (Sens.) pour l'échantillon, avec leur déviation standard (d.s.) respective, en fonction de ses différentes granulométries. D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray, n correspond au nombre total de mesures effectuées dans le domaine du plateau, s.e. fait référence à l'erreur standard présentée ici en Gray, utilisée dans le calcul d'âge, et en pourcentage de la valeur moyenne de la paléodosage ; le domaine du plateau de préchauffage, ainsi que les valeurs minimale et maximale de la paléodosage obtenues dans ce domaine de préchauffage sont également présentées.

II-2) Détermination de la dose annuelle

Les concentrations en radioéléments déduites des mesures de l'activité gamma par spectrométrie γ à bas bruit de fond, ainsi que la dose annuelle β d'une part déduite de ces teneurs, d'autre part déterminée par β -TLD sont reportées dans le tableau ci-dessous (tableau 65). C'est cette dernière valeur qui est intégrée dans le calcul d'âge de l'échantillon.

La valeur de la dose annuelle fournie par les rayonnements gamma et cosmiques de l'environnement de l'échantillon et déduite de la dosimétrie *in situ* est également indiquée dans ce tableau.

Échantillon	α_1/α_0	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$I_{\beta\text{cér}} (\text{mGy/an}) \pm \text{s.e.}$		$I_{\text{env}} (\text{mGy/an})$
					spectro γ	β -TLD	
342-1 (53-90 μm)	$0,97 \pm 0,10$	$2,42 \pm 0,03$	$2,94 \pm 0,36$	$12,22 \pm 0,84$	$2,49 \pm 0,05$	$2,70 \pm 0,01$	$0,96 \pm 0,05$
342-1 (150-355 μm)					$2,31 \pm 0,04$	$2,50 \pm 0,01$	

Tableau 65 : rapport de l'activité en α de l'échantillon mesuré par comptage alpha ; rapport Pb210/Ra226 issu des chaînes de désintégration de l'uranium et teneurs en K (%), U (ppm) et Th (ppm) déterminés par spectrométrie γ à bas bruit de fond ; contribution β à la dose annuelle obtenue indirectement à partir de ces teneurs et directement par β -TLD (mGy/an) ; contribution $\gamma +$ cosmiques à la dose annuelle (mGy/an).

II-3) Datation

Echantillon	$D_{\text{e}} \pm \text{d.s.}$ (Gy)	$I_{\text{totale}} 1 \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)	$I_{\text{totale}} 2 \pm \sigma_{\text{tot}}$ (mGy/an)	Age 1 $\pm \sigma_{\text{tot}}$ (σ_{stat}) (années)	Age 2 $\pm \sigma_{\text{tot}}$ (σ_{stat}) (années)	Date 1 $\pm \sigma_{\text{tot}}$ (ap.J.C.)	Date 2 $\pm \sigma_{\text{tot}}$ (ap.J.C.)
342-1 (53-90 μm)	$6,41 \pm 0,24$	$3,73 \pm 0,09$	$3,88 \pm 0,15$	1719 ± 105 (46)	1651 ± 115 (68)	289 ± 107	357 ± 115
342-1 (150-355 μm)	$6,25 \pm 0,37$	$3,53 \pm 0,09$	$3,68 \pm 0,14$	1772 ± 109 (52)	1700 ± 120 (75)	236 ± 109	308 ± 120
		Moyenne		1746 ± 49	1676 ± 72	263 ± 108	333 ± 118

Tableau 66: Résultats de la datation par OSL de la brique de l'église paroissiale de Darenth. Les âges OSL sont donnés en années avant 2008. Les incertitudes sont données à un sigma. . Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

Les résultats de l'étude OSL de l'échantillon 342-1 sont présentés dans le tableau ci-dessus. Les données obtenues pour chaque granulométrie sont compatibles. Au vu des résultats préliminaires du calcul d'âge (Age 1 et Date 1), la datation moyenne finale de l'échantillon étant située dans l'intervalle [155 ; 371] ap.J.C., on peut considérer qu'on a affaire icic à une brique d'origine antique. Le tableau montre également la datation finale après correction, si l'on considère que la brique a été recyclée à partir d'un mur romain de briques de même composition que la sienne (Bailiff, 1998). La nouvelle datation de l'échantillon de brique permet de situer sa manufacture entre 215 et 451 ap.J.C.

III) Discussion

Quelle que soit la datation de l'édifice d'origine dont provient l'échantillon, il est manifeste que l'origine de la brique elle-même est antique. Il semblerait donc qu'au cours de l'édification de l'église Saint-Margaret de Darenth, les maçons anglo-saxons aient eu recours au remploi de TCA romaines. Ce résultat est peu surprenant compte tenu de la présence à proximité de plusieurs vastes villas romaines, rendant l'approvisionnement en matériaux de construction particulièrement aisé.

D'autre part, il est à noter que les datations obtenues de la fabrication des briques sont compatibles avec la période d'occupation de la villa avoisinante de Darenth, celle-là même qui avait été réoccupée au début de l'époque saxonne. L'objectif pour ces premiers colons saxons était alors sans doute lié à l'existence d'abri préconçu, de matériaux de construction disponibles et « prêts à l'emploi » et d'une terre arable (Philip, 1984). Ainsi, si l'échantillon étudié provient bien de cette villa, il semblerait que cette convenance se soit perpétuée même après l'abandon du site, en particulier lors de l'édification de l'église de Darenth vers la fin du X^e ou début du XI^e siècle.

English summary

Situated on a hillside and crossed by the Darent river, the parish of Darenth is located in north western Kent, 20 km east of London and 3 km from the modern road (A2), which follows the ancient, Roman Watling Street (Elliston-Erwood, 1912, 83 ; Taylor & Taylor, 1965, 190). A 2nd – 4th century Roman palatial villa was excavated in 1894-5 and evidence suggests that after it was abandoned in 5th – 6th century, some parts were reoccupied by a Saxon wooden habitation (Payne, 1897; Philip, 1984). From the 7th – 8th century, a village settled 700 m north of the early Saxon settlements and developed into the current town (Philip, 1984).

500 m north of the Roman villa, a church was built almost certainly in the Saxon times and dedicated to Saint Margaret. Although there is little mention of the church before the 12th century *Textus Roffensis* (1122-1124), the first reference to the site dates from AD 940 in a charter of Christchurch of Canterbury (Elliston-Erwood, 1912, 84). It refers to a manor in Darenth, which implicitly indicates the potential presence of an associated church. The site is also mentioned in the *Domesday Book* (Morris, 1983). Hence a church might have existed before the Conquest. Whether it was made of wood or stone and whether it corresponds to the current visible church is not known.

The church was the subject of a detailed study by Rev. Ellison-Erwood (1912, 83) and Taylor & Taylor also visited it (1965, I, 190), assigning it to the late Anglo-Saxon period (i.e. late 10th – early 11th century) on the basis of typological criteria. The church consists of a narrow nave, measuring 11 x 5 m and probably the only original remains of the primitive church, flanked with later additons such as the Norman square and narrow chancel, the 13th century south aisle, the 13th-14th century south western tower and the modern western vestry (Ellison-Erwood, 1912; Taylor & Taylor, 1965). The walls are mainly built of flint rubble with CBM found sporadically in the north and western wall of the nave and in a more organised way in the north-west, north-east and south-east quoins of the nave. Further CBM is evident as in the form of *opus spicatum* at the top of the western wall, below the gable, and in the round head and jambs of a blocked window, above the current north doorway.

The purpose of this case study is to verify whether the CBM is of Roman origin, as presented by Taylor & Taylor (1965) and Elliston-Erwood (1912) in their respective architectural descriptions of the church. Moreover, the local presence of available Roman building materials in large quantities due to the situation of the famous palatial villa of Darenth as well as other excavated villas in the region, such as the large villa of Lullingstone (8 km from Darenth) (Meates, 1955) also suggests the possibility of Roman origin for these materials.

Luminescence measurements performed on one sample taken from the north-east quoin of the nave produced a date of AD 263±108 for manufacture of the brick. If the brick is assumed to be salvaged from a Roman building made only of bricks of similar composition, the age should be corrected using a two-phase dose-rate model. This model supposes a first phase corresponding to the dose-rate in the Roman brick building and a second phase to the dose-rate in the mixed Anglo-Saxon masonry. Using this correction, the corrected date for the manufacture of the brick is AD 333±118, which is also consistent with the period of Roman occupation of the neighbouring palatial villa.

EGLISE HOLY TRINITY, COLCHESTER

I) Présentation

I-1) Contexte historique et géographique du site



Figure 144: Situation géographique de Colchester en Essex.

Située dans le comté de l'Essex, au sud-est de l'Angleterre, la ville de Colchester (fig.144), installée sur une colline, est traversée par la rivière Colne, près de l'estuaire, à 7 km environ de la mer. Compte tenu de sa localisation géostratégique, Colchester favorise très tôt l'implantation humaine, les premières remontant au moins à l'Age du Fer, mais attire également les convoitises. C'est ainsi que la capitale de la tribu celte des Trinovantes est envahie en 55 et 54 av. J.C. par Jules César (Crummy, 1997). La ville, alors connue sous le nom « *Camulodunum* » (romanisation de sa dénomination celtique, signifiant « la forteresse de Camulos », le dieu de la guerre) se voit renforcée par l'implantation d'un fort pour les légions romaines (Crummy, 1997). En 49 ap. J.C., une colonie est fondée : *Colonia Claudia Victricensis*. Cependant la ville est détruite et ses habitants massacrés en 61 ap. J.C. au cours d'une révolte menée par Boudicca en réaction contre les coûts excessifs infligés par le nouveau culte impérial. La ville renaît néanmoins de ses cendres ; c'est l'une des premières de Bretagne à être pourvue de murs de défense dans la seconde moitié du II^e siècle (Pevner & Radcliffe, 1996). *Camulodunum* prospère, les centaines de mosaïques de pavement romaines qui y ont été mis au jour attestant de la richesse et du degré de sophistication de ses habitants (Crummy, 1974), et s'impose comme première cité de Bretagne. Citée par Pline l'Ancien en 77 ap. J.C., elle constitue la plus ancienne ville romaine de Bretagne recensée.

La situation économique de *Camulodunum* décline avec le départ des Romains et l'arrivée des colons saxons en Essex, probablement introduits par le Kent, à partir du milieu du VI^e siècle (Crummy, 1997). Il y existe peu d'indices archéologiques d'une éventuelle occupation au début de l'époque saxonne et la ville n'est pas citée dans les sources saxonnnes avant le X^e siècle (Crummy, 1980, 79), exception faite peut-être de la mention de Nennius⁹ : *Caer Colun* qui pourrait désigner Colchester. L'origine du mot Colchester proviendrait du saxon « Colne Ceaster » (« le fort romain de Colonia »).

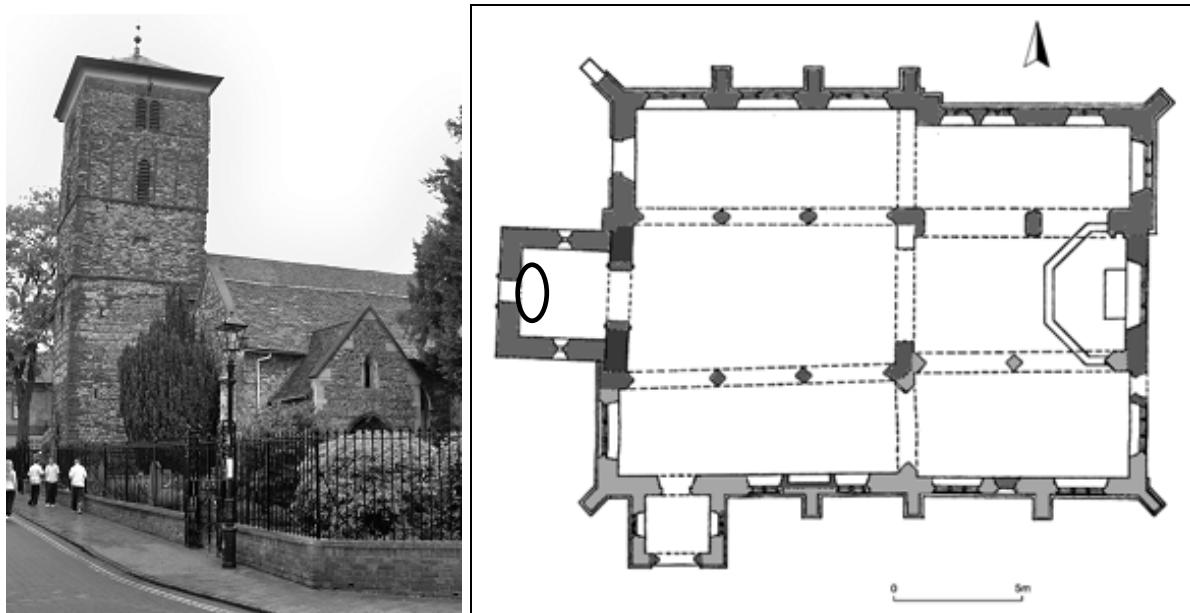
C'est au cœur historique de la ville, à 200 m du *decumanus* romain, que se situe l'église paroissiale dédiée à la sainte Trinité qui va faire l'objet de notre étude (Taylor & Taylor, 1965, 163). L'église a subi des restaurations drastiques au XIX^e siècle. Elle a ensuite été retirée du culte et fermée au public dès 1953, puis a successivement été abandonnée et vandalisée. L'édifice est racheté en 1972 par le *Borough Council*, qui y ouvre un musée en 1974 (Rodwell & Rodwell, 1977, 106). L'église est aujourd'hui de nouveau fermée et est propriété du musée de Colchester ; elle devrait prochainement être transformée en centre social.

I-2) Description de l'édifice: plan et élévation

L'église est constituée aujourd'hui d'une tour occidentale (fig.145), d'une nef flanquée de bas-côtés et d'un chœur à chevet plat flanqué de deux chapelles rectangulaires de même longueur que le chœur (fig.146). La nef, son collatéral sud, le chœur et sa chapelle sud datent des XIV^e-XV^e siècles, tandis que le collatéral nord, la chapelle nord du chœur et la sacristie ont été ajoutées dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, au cours de travaux de restauration de l'église (RCHM, 1921, 33 ; Taylor & Taylor, 1965, 163 ; Rodwell & Rodwell, 1977, 106 ; Cooper & Erlington, 1994, 311).

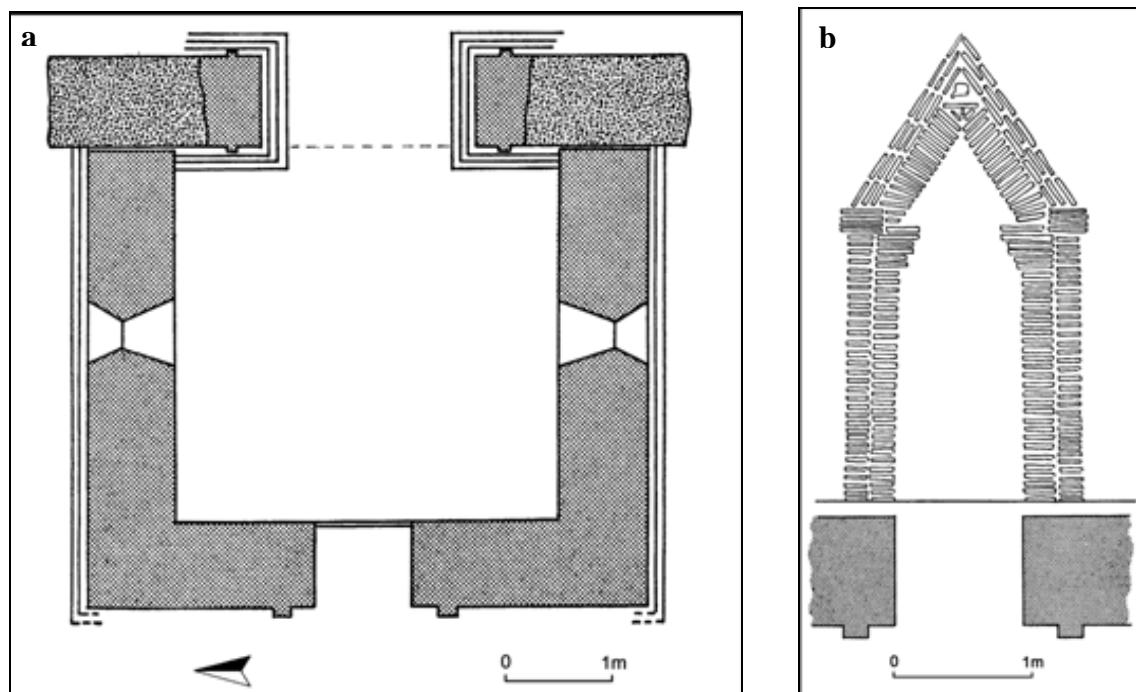
Haute de 17m environ (RCHM, 1921, 33), la tour occidentale présente un plan presque carré de 3,50 m de côté, avec des murs de 80 cm d'épaisseur (Fisher, 1962, 345 ; fig.147 a & b). Les matériaux employés dans la construction de l'édifice sont essentiellement des moellons de silex et de septaria, interrompus régulièrement par des rangées de briques (RCHM, 1921, 33). Les chaînes d'angle et toutes les ouvertures de la tour sont érigées en briques uniquement (Taylor & Taylor, 1965, 163 ; Rodwell, 1980, 120). La quantité, la qualité et le mode d'utilisation des TCA utilisées dans les maçonneries de l'église s'amenuisent au fur et à mesure des phases de construction, la tour occidentale comprenant plus de briques entières et utilisées dans l'érection d'éléments structurels que le reste de l'édifice, où les briques sont le plus souvent fragmentaires et utilisées sporadiquement et de manière erratique.

⁹ Nennius, auteur du *Historia Brittonum*, est un chroniqueur de la fin du VIII^e – début du IX^e siècle, qui a décrit en particulier la Bretagne (dont il mentionne 33 cités) des V^e et VI^e siècles et les invasions saxonnnes (Giles (ed.), 1848).



Figures 145 et 146: Tour de l'église Holy Trinity et plan de l'église actuelle (d'après RCHM, 1921, 34) ; le cercle indique la zone de prélèvements.

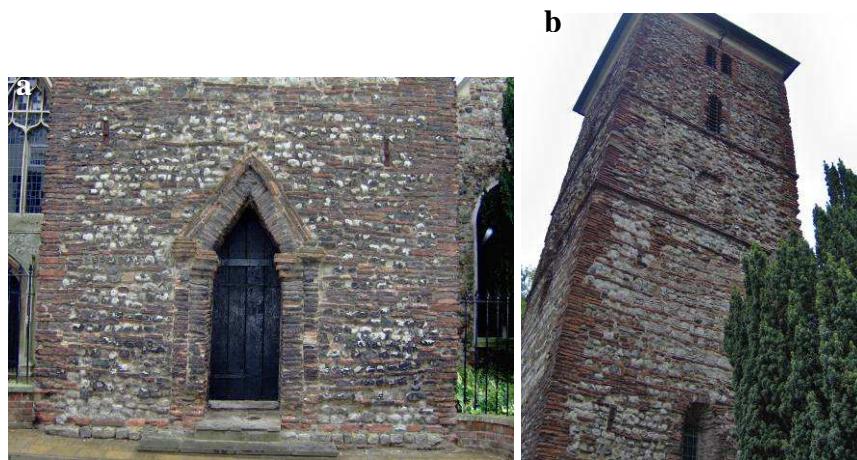
La tour présente trois niveaux d'élévation de hauteur variée, séparés par deux rangées saillantes de briques. Le rez-de-chaussée (fig.148a), qui occupe plus de la moitié de la hauteur totale (Fisher, 1962, 345), présente à mi-hauteur des murs nord et sud, une fenêtre en plein cintre et à double ébrasure (RCHM, 1921, 34).



Figures 147 a & b : Plan de la tour anglo-saxonne de Holy Trinity et plan et élévation de la porte occidentale de la tour, d'après Taylor and Taylor (1965).

La porte occidentale comprend des piédroits surmontés d'impostes à trois degrés saillants et un entablement triangulaire, l'ensemble étant entièrement réalisé en briques et doublé de pilastres verticaux, d'impostes saillants et d'un sourcil triangulaire à trois rangées, érigés avec le même matériau (Taylor & Taylor, 1965, 163). Les murs nord et sud du deuxième niveau présentent des niches en plein cintre (fig.148b). Dans le mur occidental, deux fenêtres cintrées à double ébrasure sont désormais bloquées. Au-dessous, une ouverture en plein cintre présente des impostes qui consistent en un retour du bandeau séparant les étages (RCHM, 1921, 34). La salle des cloches possède deux rangées de fenêtres ; les fenêtres supérieures sont constituées de deux baies séparées par un pilier et les fenêtres inférieures, en plein cintre, sont flanquées d'arcades aveugles en plein cintre, marquées par des fragments de briques. Au sommet, on peut voir aujourd'hui des rangées de briques XVIII^e, une corniche et un toit pyramidal (RCHM, 1921, 345 ; Fisher, 1962, 345).

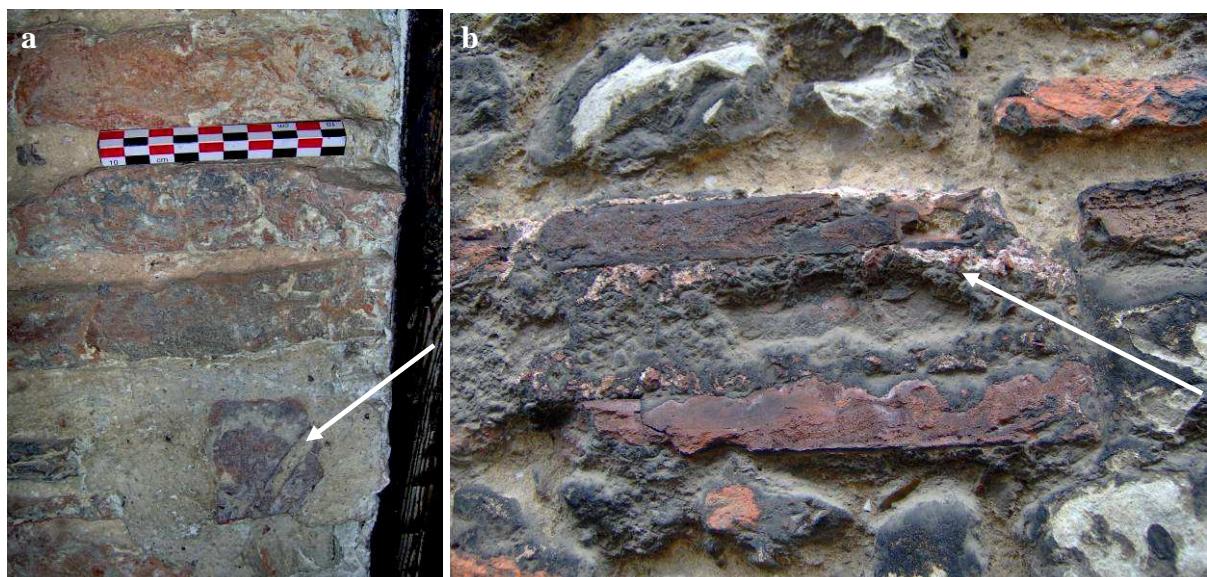
A l'intérieur, l'ensemble des murs est enduit hormis les arcs et piédroits des ouvertures qui sont laissées apparents. L'arc de jonction entre la tour et la nef (fig.149), supposé contemporain de la tour (RCHM, 1921, 345 ; Fisher, 1962, 346), est entièrement érigé en briques, selon le même procédé que la porte occidentale triangulaire, à l'exception de l'arc qui est cintré.



Figures 148 a & b : extérieur de la tour : mur occidental du rez-de-chaussée et face sud.



Figure 149: intérieur de la tour : arc oriental (en premier plan) et porte occidentale (en arrière plan).



Figures 150 a & b: traces de digitation sur un fragment de terre cuite utilisé dans la maçonnerie (a) et traces de mortier de tuileau rose adhérant à la surface de briques (b).

I-3) Hypothèses préalables à la datation et problématique

I-3-1) Sources écrites

Aucun document antérieur aux années 1170 ne nous est parvenu de l'église, période à laquelle la charge de la paroisse d'Holy Trinity est disputée entre l'abbaye de Bury Saint Edmunds (Suffolk) et Thomas, doyen de Colchester et curé de la paroisse (Cooper & Erlington, 1994, 312 ; Lansdowne B.L. MS, 416).

I-3-2) Etudes architecturales et archéologiques

L'église actuelle a probablement remplacé une église antérieure d'origine anglo-saxonne (Laing, 1848, 20 ; Rodwell & Rodwell, 1977, 106 ; Cooper & Erlington, 1994, 312). Celle-ci devait être à salle unique, la nef n'étant pas distincte du chœur (Cooper & Erlington, 1994, 312). Des parties du mur occidental de cette église ont survécu, correspondant au mur oriental de la tour actuelle, et une partie de son mur oriental a été découvert dans l'angle sud-est de la nef actuelle (Rodwell & Rodwell, 1977, 106). La tour a dû être ajoutée à cette première église comme le suggère l'absence de liaison des maçonneries entre les murs nord et sud de la tour, et son mur est (Laing, 1848, 20).

Les spécialistes de l'architecture s'accordent pour attribuer à l'époque anglo-saxonne tardive la construction de la tour (RCHM, 1921, 33 ; Rodwell & Rodwell, 1977), compte tenu en particulier des éléments décoratifs (pilastres, bandeaux, arcatures aveugles) et de l'usage qui est fait des TCA (agencement « erratique » au faîte de la porte, chaînages d'angle) (Taylor & Taylor, 1965, 163). La tour a dû être ajoutée à la première église anglo-saxonne autour de l'an mil (Rodwell & Rodwell, 1977) ou dans la deuxième moitié du XI^e siècle (RCHM, 1921, 33).

D'autre part, les limites de la paroisse d'Holy Trinity chevauchent celles de paroisses préexistantes. Paul Crummy suggère donc que sa création remonte à la deuxième moitié du X^e siècle ou la première moitié du XI^e (Crummy, 1974), suite à l'établissement définitif en Angleterre du système paroissial lié à la législation combinée d'Edmund en 936-46 et d'Edgar en 970 en relation avec le paiement des dîmes (Rogers, 1972, 46-7).

La tour de l'église d'Holy Trinity constitue donc le seul vestige anglo-saxon qui nous soit parvenu, non seulement de l'église, mais de la ville de Colchester (Fisher, 1962, 345).

I-3-3) Indices archéologiques

Plusieurs indices suggèrent la possibilité d'une origine antique pour les matériaux de construction employés dans la tour. En effet, Colchester est particulièrement développée à l'époque romaine, dont les structures abandonnées ont pu fournir pour les maçons saxons des sources d'approvisionnement non négligeables. D'autre part, l'observation minutieuse des TCA employées dans la construction a révélé des indices d'une probable origine antique pour

ces matériaux. On peut en particulier évoquer l'existence de traces de digitation (fig.150a), caractéristique des tuiliers romains, des reliquats d'*opus signinum* à la surface de certaines briques (fig.150b), et enfin, l'état fragmentaire des TCA utilisées suggérant des matériaux recyclés.

I-4) Problématique

Il s'agit ici de vérifier l'origine controversée des matériaux de terre cuite utilisés dans la maçonnerie de la tour d'Holy Trinity. S'agit-il en effet de productions saxonnes comme ont pu l'évoquer M. Peter Minter (maître-briquetier et directeur de Bulmer Brick Works, Sudbury, Suffolk) (Minter *et al.*, 2006) ou de remplois antiques (Taylor & Taylor, 1965, 163 ; Pevner & Radcliffe, 1996, 136) comme tendent à le suggérer les indices archéologiques ?

I-5) Le matériel d'étude

Deux prélèvements ont été effectués par carottage au cours de sessions distinctes dans une structure d'attribution anglo-saxonne, l'objectif étant ici de tester l'origine des TCA employée à l'époque anglo-saxonne. Le premier échantillon, référencé 343-1, a été prélevé par carottage à sec (dimensions de la carotte : 6,5 cm de long et de 5 cm de diamètre) dans la face intérieure du piédroit nord de la porte de la tour occidentale (fig.151). Il s'agit de la 20^e brique (20 x 3,2 cm) en partant du seuil, à 1,50 m du sol actuel. Le deuxième prélèvement (343-2) a été réalisé à l'aide d'une carotteuse lubrifiée à l'eau (4 cm de diamètre et 9 cm de long pour la carotte) sur le piédroit sud de l'ouverture (fig.151), dans la 8^e brique (30 x 4,5 cm) en partant du chapiteau, à 1,70 m du sol et 16 cm de l'ébrasement de la porte.

L'examen préliminaire de l'échantillon 343-1 révèle une pâte de couleur rose-orangée en périphérie et grise au centre (cœur réduit), de texture relativement fine, généralement homogène et sans inclusion visible à la loupe binoculaire (fig.152 a & b).

L'échantillon 343-2 a une pâte orangée, très fine, dure et homogène, avec un faible nombre d'inclusions visibles à l'œil nu (fig.152 c & d).

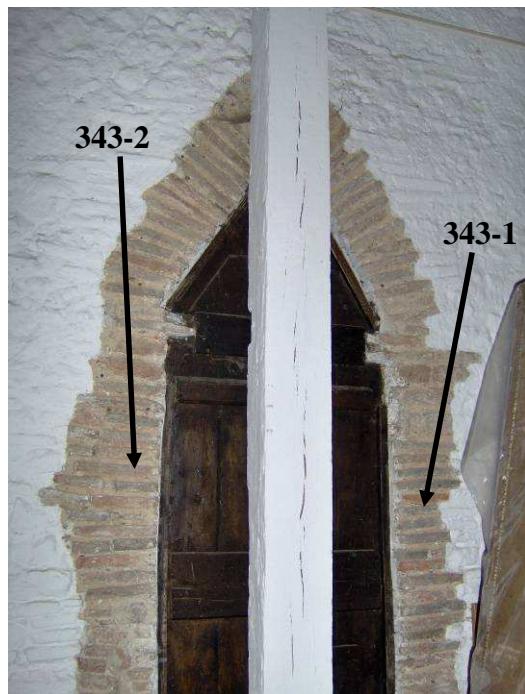
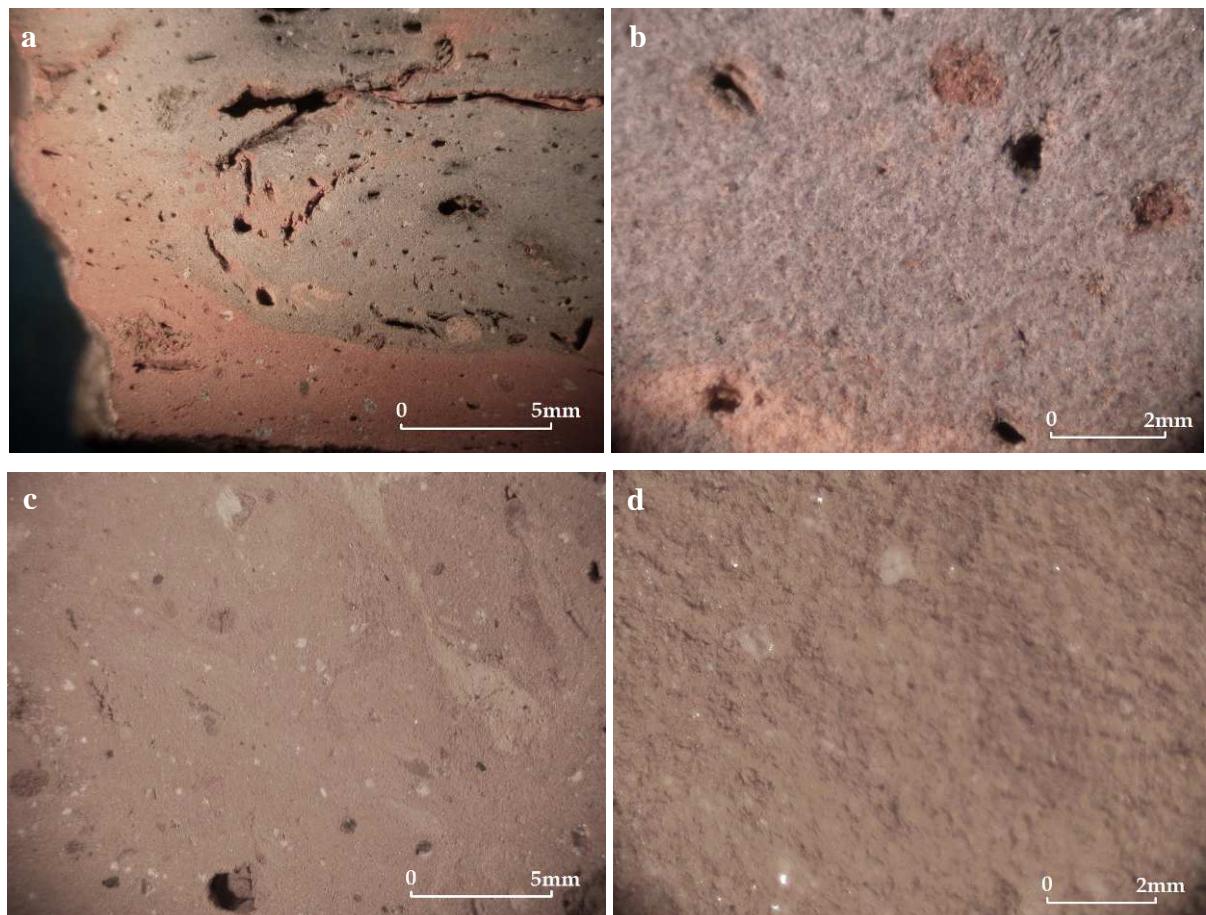


Figure 151: Localisation des prélèvements 343-1 et 343-2.



Figures 152 a, b, c & d: Observations à la loupe binoculaire de sections des carottes prélevées à Holy Trinity, Colchester : en haut : 343-1, grossissement x10 (a) et x45 (b), en bas : 343-2, x10 (c) et x45 (d).

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

II-1) Détermination de la dose équivalente

- Databilité des échantillons

A Durham, l'expérience de détermination de la paléodose par la méthode de luminescence est généralement effectuée en priorité par OSL, sur des grains de quartz de diamètre compris entre 90 et 150 μm . Cependant, dans le cas de cette étude, l'échantillon 343-1 n'ayant fourni aucun signal de luminescence détectable au-dessus du bruit de fond dans ces conditions de mesures, les expériences ont tout d'abord été réitérées sur différentes granulométries des grains de quartz (entre 150 et 355 μm , entre 53 et 90 μm), puis en ayant recours à la méthode de thermoluminescence. Malgré ces multiples tentatives pour obtenir un signal de luminescence exploitable pour la détermination de la paléodose de l'échantillon 343-1, aucune ne s'est avérée concluante. L'étude pour la datation de cet échantillon a donc été abandonnée à ce stade de notre travail.

En revanche, l'échantillon 343-2, provenant d'une brique située sur le même élément architectural que 343-1, a présenté une réponse à la stimulation par éclairement plus encourageante pour la détermination de sa paléodose. Les expériences suivantes, pour cet échantillon, ont donc été réalisées par OSL sur des grains de quartz de diamètre compris entre 90 et 150 μm .

- Caractéristiques du signal d'OSL

Le rapport signal sur bruit de fond R_{SB} (tableau 67) indique l'importance relative du signal naturel d'OSL pour chaque échantillon. Tandis que l'échantillon 343-1 ne fournit aucun signal détectable au-dessus du bruit de fond, les intensités d'OSL enregistrées pour l'échantillon 343-2, quant à elles, sont moyennes. D'autre part, on remarque qu'elles varient sensiblement d'un aliquote à l'autre. Le niveau moyen de sensibilité pour l'échantillon 343-2 n'est pas négligeable (tableau 67) et compte tenu de la variabilité entre aliquotes pour une même granulométrie (supérieure à 10%), une procédure corrective sera appliquée pour la détermination de la valeur de la paléodose.

- Test du plateau de préchauffage

Le test du plateau du préchauffage réalisé pour l'échantillon 343-2 est représenté dans le graphique suivant (fig.153).

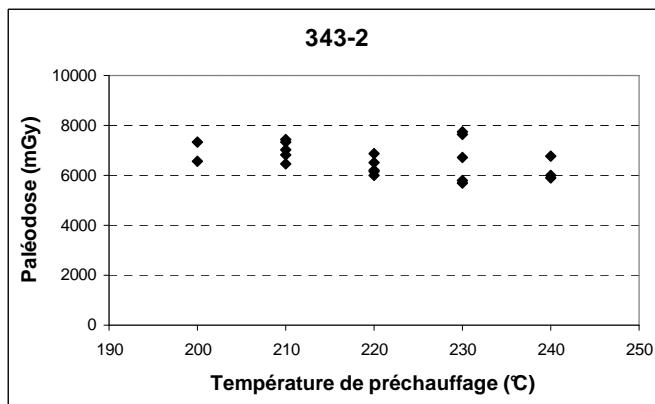


Figure 153 : plateau de préchauffage de l'échantillon 343-2.

En appliquant le test du χ^2 , on s'aperçoit que la valeur de ce dernier est cohérente ($\chi^2=2,28$ pour un intervalle à 80 % de probabilité : 1,61 – 9,24) pour l'ensemble des valeurs de paléodose. Le domaine du plateau de préchauffage a donc été choisi entre 200 à 240°C. La valeur calculée de la paléodose correspond ainsi à la moyenne des valeurs déterminées lors d'expériences réalisées avec un préchauffage effectué dans ce domaine.

Les résultats des mesures de la dose équivalente de l'échantillon 343-2 sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 67). L'incertitude associée à la valeur D_e correspond à la déviation standard, relative à la dispersion des intensités de l'OSL entre aliquote.

Ech.	$R_{SB} \pm d.s.$	Sens. $\pm d.s.$	$D_e \pm d.s.$ (Gy)	e.s. (Gy)	e.s. (%)	n	Plateau de préchauff. (°C)	Intervalle (Gy)
343-2	16 ± 12	$1,40 \pm 0,21$	$6,65 \pm 0,63$	0,14	2,1	20	200-240	5,80 – 7,75

Tableau 67 : valeurs moyennes du rapport signal/bruit de fond (R_{SB}) et du changement de sensibilité (Sens) exprimés avec leur déviation standard (d.s.); D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray, n correspond au nombre total de mesures effectuées dans le domaine du plateau, e.s. fait référence à l'erreur standard présentée ici en Gray et en pourcentage de la valeur moyenne de la paléodose.

II-2) Détermination de la dose annuelle

La dose annuelle totale est déterminée à partir des résultats de β -TLD et γ -TLD (dosimétrie *in situ*) (tableau 68).

éch.	α_1/α_0	Pb210/ Ra226	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$I_{\beta\text{céram}} \pm s.e. \text{ (mGy/an)}$		$I_{\text{env}} \pm \sigma_{\text{tot}} \text{ (mGy/an)}$
						spectro γ	β -TLD	
343-2	$1,08 \pm 0,10$	$0,82 \pm 0,07$	$2,16 \pm 0,03$	$2,78 \pm 0,33$	$12,09 \pm 0,89$	$2,23 \pm 0,10$	$2,40 \pm 0,12$	$0,95 \pm 0,05$

Tableau 68 : rapport de l'activité en α représentatif de la fuite du radon, rapport Pb210/Ra226 issu des chaînes de désintégration de l'uranium, et teneurs en K (%), U (ppm) et Th (ppm) déterminés par spectrométrie γ à bas bruit de fond ; contributions β à la dose annuelle (mGy/an) obtenues indirectement à partir des teneurs précédentes et directement par β -TLD ; contribution $\gamma +$ cosmique à la dose annuelle : I_{env} (mGy/an).

II-3) Datation

Ech.	$D_e \pm d.s.$ (Gy)	$I_{totale} 1 \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	$I_{totale} 2 \pm \sigma_{tot}$ (mGy/an)	Age 1 $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat}) (années)	Age 2 $\pm \sigma_{tot}$ (σ_{stat}) (années)	Date 1 $\pm \sigma_{tot}$ (ap.J.C.)	Date 2 $\pm \sigma_{tot}$ (ap.J.C.)
343-2	$6,65 \pm 0,63$	$3,41 \pm 0,09$	$3,55 \pm 0,15$	1952 ± 123 (64)	1872 ± 139 (93)	56 ± 123	136 ± 139

Tableau 69: Résultats de la datation par OSL de la brique de la tour de l'église Holy Trinity de Colchester. Les âges OSL sont donnés en années avant 2008. Les incertitudes sont présentées à un sigma. Les données « 1 » correspondent aux résultats en considérant le modèle à phase unique de la dose annuelle ; les données « 2 » correspondent aux résultats en prenant en compte un modèle à double phase de la dose annuelle (dans le cas d'un échantillon déplacé).

Au vu des résultats préliminaires de la datation (Age 1 et Date 1 (tableau 69)), il apparaît que la brique dont est issu 343-2 est d'origine antique : [76 av.J.C. ; 188 ap.J.C.]. On peut donc légitimement appliquer une correction de la dose annuelle en fonction de la modification de sa contribution γ + cosmique. Les résultats corrigés (Age 2 et Date 2) sont reportés dans le tableau 69. Ils indiquent que la manufacture de la brique s'est vraisemblablement située entre 3 av.J.C et 275 ap.J.C.

III) Discussion

Quelle que soit l'hypothèse considérée concernant la provenance de la terre cuite dont est issue l'échantillon 343-2, il apparaît évident que son origine est antique. On peut ainsi situer la datation de la production de la brique vers le I^{er}-II^e siècle, ce qui correspond à la phase d'établissement de la ville romaine de Colchester et de reprise suite aux attaques menées par Bouddhica. Cette datation physique est donc assez compatible avec la situation historique. Les nombreuses mosaïques mises au jour à Colchester révèlent l'opulence de la ville à cette époque, et constituent des indices de l'existence de nombreuses habitations. Cela suggère donc qu'à l'époque saxonne tardive, et en particulier si la ville était peu fréquentée au cours de la période saxonne ancienne, les vestiges des structures maçonnées romaines devaient être largement disponibles pour les nouveaux maçons saxons. Holy Trinity constitue donc un nouvel exemple de récupération et réutilisation de matériaux antiques à l'époque saxonne tardive dans le cadre d'une construction religieuse.

English summary

The church of Holy Trinity was likely built in the late Anglo-Saxon period, in the centre of the town of Colchester (Fisher, 1962, 345; Taylor & Taylor, 1965, 163; Rodwell & Rodwell, 1977, 106). Despite the earlier mention of the church is not before 1170, when the advowson of the church is disputed between the abbot of Bury St Edmund's abbey and the dean of Colchester (Cooper & Erlington, 1994, 312), the study of the parish boundaries of Colchester by Crummy (1974), the discovery of walls from an earlier church under the floor of the current nave (Rodwell & Rodwell, 1977, 106) and the architectural features of the original parts of the church (Rodwell & Rodwell, 1977, 106; Taylor and Taylor, 1965, 163) suggest the building of the earlier church be assigned to the 9th or 10th century.

The walls of the western square tower, the only surviving remains of the Anglo-Saxon church, are made of flint and *septaria* rubble, interrupted by horizontal rows of CBM. CBM have also been used to erect the triangular headed western doorway (Taylor and Taylor, 1965, 163). Mr Peter Minter (Master brickmaker and Director, Bulmer Brick Works, Sudbury, Suffolk) has suggested the possibility that the CBM in Holy Trinity could be of Anglo-Saxon origin (Minter *et al.*, 2006). However the presence of *opus signinum* still adhering on the face of some bricks, and in some cases traces of digitations on the surface and the fragmentary state of some of the CBM rather suggest salvaged Roman materials. Hence the aim of this work was to obtain better chronological information concerning origin of the ceramic material used in the erection of the Anglo-Saxon tower of Holy Trinity.

Two bricks from the jambs of the internal western doorway were sampled and analysed in the Durham laboratory. The first sample 343-1 unfortunately did not provide a luminescence signal sufficient for dating but the second sample provided a stronger OSL signal. The results of the analysis produced a paleodose value of 6.65 ± 0.63 Gy and an annual dose-rate of 3.41 ± 0.09 mGy/yr, yielding an age of 1952 ± 123 years for the brick. The results therefore confirm the Roman origin of the brick. Furthermore, if assumptions are made concerning the local environment of the sampled brick in the original Roman donor building, a correction of the date can be obtained using a two-phase dose-rate model. Under these conditions, the estimated manufacture of the brick is AD 136 ± 139 . This date fits with the historical data of Colchester as it corresponds to the flourishing period of the town.

EGLISE SAINT-MARTIN DE TOURS, CHIPPING ONGAR

I) Présentation

I-1) Contexte historique et géographique du site



Figure 154 : Situation géographique de Chipping Ongar.

Chipping Ongar est une commune localisée à 40 km au nord-ouest de Londres et à 20 km à l'est de Chelmsford en Essex (fig.154). S'élevant à 60 m au-dessus du niveau de la mer, elle est bordée à l'est par la rivière Roding, au sud-ouest, par le ruisseau Crispey Brook et se place à la jonction de plusieurs voies anciennes, dont l'une mène à Londres (Powell, 1956, 155). La situation stratégique de Chipping Ongar a donc été favorable aux premières installations, celles-ci remontant au moins à la période romaine, comme le révèlent des inhumations et une structure maçonnerie probablement domestique mises au jour au XVIII^e siècle, dans le secteur de l'actuel cimetière (Muilman, 1770, 316-7 ; Gough, 1789, 51 ; Wright, 1836, 330). A l'époque anglo-saxonne, Chipping Ongar se développe en ville-marché et devient le centre administratif des *Saxon Hundred*¹⁰ (Powell, 1956, 155). Elle est alors ceinte par une forteresse, agrandie après la conquête Normande (Powell, 1956, 155).

C'est au cœur de la commune que se situe l'église paroissiale qui va faire l'objet de cette étude (fig.155). L'église est dédiée à l'évêque saint Martin de Tours, dont le culte est originaire de France où il a été fervemment pratiqué au Moyen Age.

¹⁰ Notion introduite par les Saxons entre 613 et 1017 : division administrative, militaire et judiciaire, dont la superficie est établie pour subvenir aux besoins de cent familles.



Figure 155 : Vue du mur nord de la nef de l'église de Chipping Ongar.

I-2) Description de l'édifice : plan et élévations

Dans son état actuel, l'église paroissiale de Saint-Martin consiste en un chœur à chevet plat (9 x 5,5 m), une nef étroite (18 x 7 m) avec un collatéral sud (ajouté en 1884 lors de travaux de restaurations), une sacristie au nord et un porche occidental modernes, une tour-clocher à l'ouest surmontée d'une flèche (XV^e siècle) et une tribune à l'extrémité occidentale de la nef (RCHM, 1921, 51-2 ; fig.156).

Les murs sont construits en moellons de silex, ponctuellement interrompus par des rangs de briques (fig.155). La brique est également employée dans les chaînages d'angle et les piédroits de l'ancien portail nord, bloqué en 1840 (fig.158a ; Pevsner & Radcliffe, 1965, 162). L'église a subi de multiples reprises, en particulier au XIV^e siècle. Il semblerait qu'en 1554, on ait tenté d'en démolir les murs, cependant aucune trace d'éventuels préjudices n'est visible (Powell, 1956, 164). Elle a également fait l'objet d'un programme de restauration en 1884.

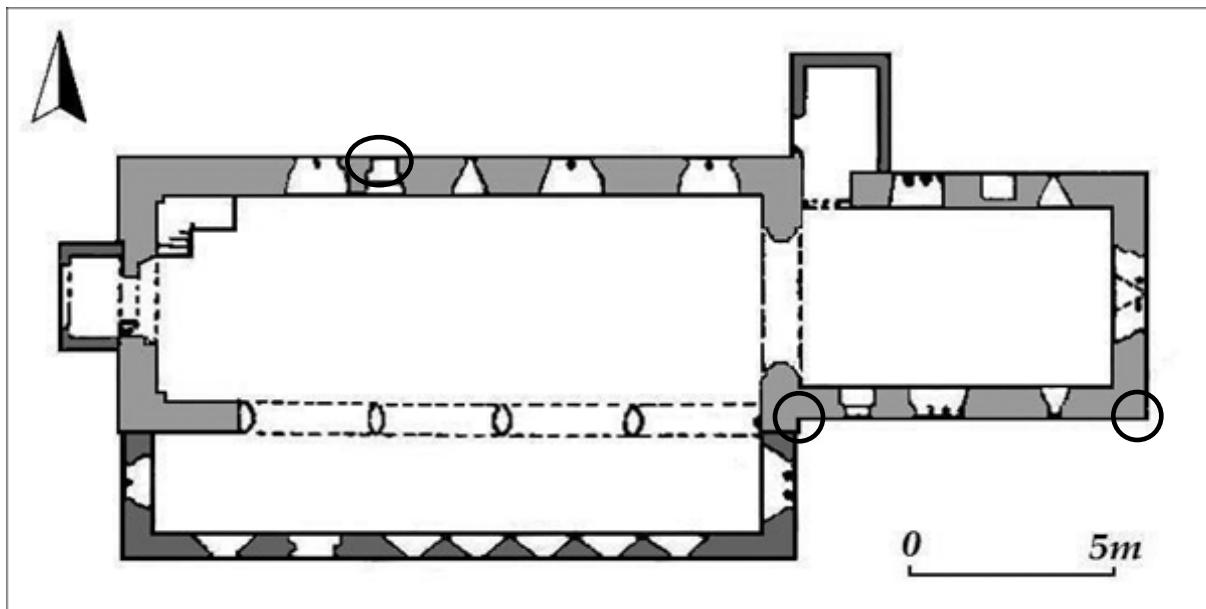


Figure 156 : plan actuel de l'église Saint-Martin, Chipping Ongar (d'après RCHME, 1921, 52) ; les cercles indiquent les zones de prélèvements.

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

I-3-1) Sources écrites

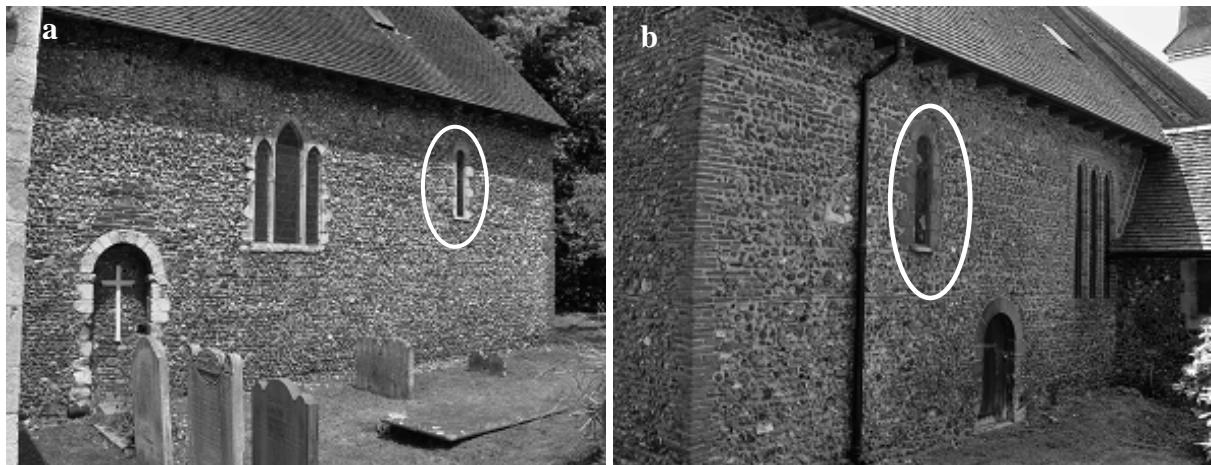
Aucune source documentaire sur la construction de l'édifice n'est parvenue. La référence la plus ancienne d'Ongar remonte à 1045, dans le testament d'un dénommé Thurston, fils de Wine, où il est précisé que le Manoir d'Ongar est transmis à sa femme Æthelgyth. Au moment du grand inventaire de 1086 (*Domesday Book*), il est désormais en possession du comte de Boulogne Eustache (1058-1125), qui l'offre en dote de sa fille Mathilde (1104-1152), lors de son mariage avec le comte de Blois Étienne (1096-1154), futur roi d'Angleterre (Morant, 1768 ; Powell, 1956, 159). Mathilde est également celle qui offre en 1140 à l'ordre de Savignac le terrain sur lequel est ensuite fondée l'abbaye de Coggeshall.

La notion de manoir décrite dans ces documents historiques suggère implicitement la présence d'une église associée au domaine. On peut donc supposer qu'il existait une église à Ongar au moment de la Conquête, si ce n'est même plus tôt. Cependant, aucune source anglo-saxonne ou normande ne fait explicitement mention de l'église.

I-3-2) Etudes architecturales et archéologiques

L'origine de la construction de l'édifice est incertaine. Elle est généralement attribuée au début de la période normande, vers la fin du XI^e siècle (RCHM, 1921, 51 ; Powell, 1956, 162 ; Pevsner & Radcliffe, 1965, 125 ; SMR 4110) et les Taylor n'en font eux-mêmes aucune référence dans leur liste des édifices anglo-saxons. Cette hypothèse chronologique se base en particulier sur les fenêtres en plein cintre érigées en pierres taillées qui ont subsistées dans les parties orientales des murs nord et sud du chevet (fig.157a) et dans le mur nord de la nef

(fig.157b) (Powell, 1956, 163), ce type d'ouvertures étant généralement attribuable à l'architecture normande.



Figures 157 a & b : Parties orientales des murs sud et nord du chevet : les cercles indiquent les fenêtres en plein cintre normandes (généralement attribuées à la période v.1100-1130).

La qualité de la mise en œuvre des matériaux de construction, et en particulier des TCA, dans la maçonnerie suggère également une origine post-Conquête. Cependant, de nombreux éléments architecturaux, tels que le portail de briques du mur nord de la nef et les chaînages d'angle en TCA, évoquent également des rémanences anglo-saxonnes.

I-4) Problématique

Le cas de Chipping Ongar a donc été sélectionné pour sa qualité de site charnière puisqu'il présente de nombreux indices d'une origine normande, mais également quelques reliquats d'une influence anglo-saxonne. L'église a par conséquent été choisie pour évaluer l'étendue chronologique de l'utilisation des TCA au haut Moyen Age, ainsi que leur origine et mode d'emploi.

Le RCHME (1921, 51), Powell dans le *Victoria History County of Essex* (1956, 163) et Pevsner & Radcliffe (1965, 124) suggèrent une origine romaine pour les briques employées à Chipping Ongar, la théorie de remploi de TCA étant envisageable au vu de la présence de matériaux de construction romains disponibles à proximité du chantier de construction (Muilman, 1770 ; Gough, 1789 ; Wright, 1836). Cependant, contrairement aux autres sites anglais dont l'étude des TCA a confirmé la pratique de remploi de TCA antiques, à Chipping Ongar, aucune trace d'*opus signinum* n'a été décelée à la surface des briques utilisées dans la construction, et aucune *tegula* ou *imbrix* n'a été identifiée dans la maçonnerie. D'autre part, ces TCA sont mises en œuvre de manière très régulière et homogène dans la maçonnerie, ce mode d'emploi tendant à se distinguer des maçonneries anglo-saxonnes préalablement étudiées. Il s'agit peut-être de l'influence des bâtisseurs normands qui se fait déjà ressentir ici. Ces briques plus régulières sont peut-être issues d'une fabrication homogène et simultanée et donc probablement contemporaine. En effet, P.Ryan (*comm.pers.*), W.J.Rodwell (1977) et

P.J.Drury (1981, 27) suggèrent quant à eux que ces TCA ne sont pas romaines sur la base de leurs dimensions non-conformes aux standards des dimensions de TCA romaines. Cependant ils distinguent également ces spécimens du type des *great bricks*, dont la production et l'utilisation sont généralement liées à des institutions monastiques telles que Waltham Abbey et Coggeshall Abbey par exemple. Bien que Chipping Ongar ne possède pas un tel statut, elle est en revanche indirectement affiliée à Coggeshall via leur propriétaire commune, Mathilde.

Afin de déterminer l'origine du matériel présent dans la maçonnerie, nous avons procédé à l'échantillonnage de quatre briques qui ont fait l'objet d'une datation par luminescence. Il s'agit ici d'évaluer si la pratique de réutilisation de *spolia* romaines s'est poursuivie après ou autour de la Conquête Normande ou, s'il apparaît au contraire qu'on ait affaire à des briques médiévales, de proposer une datation à la construction de l'église, en supposant la production du matériau contemporaine à l'édification.

I-5) Le matériel d'étude

Trois zones ont été prélevées à l'aide d'une carotteuse lubrifiée à l'eau de 38 mm de diamètre sur les murs extérieurs de l'église de Chipping Ongar, l'intérieur étant recouvert d'enduit. Les deux premières structures prélevées ont été choisies pour leur attribution typologique à la période saxo-normande. L'utilisation des TCA dans ces éléments structurels signifient que celle-ci s'est faite de manière réfléchie et que le choix du type de matériau employé a été prémedité.

Deux briques ont été carrottées dans les vestiges de l'arc du portail, désormais bouché, du mur nord de la nef (fig.158a). Le premier prélèvement (363-1A) a été effectué sur la deuxième brique (9 x 3,8 cm) du septième rang restant de claveaux (en partant du centre de l'arc) à 14 cm de l'ouverture, le second (363-1B) dans la brique (18 x 3,5 cm) du sixième rang (au dessus de la précédente) à 6 cm de l'ouverture (fig.158b).

L'échantillon suivant (363-3) a été prélevé dans une brique (19,5 x 11 x 5,3 cm) située dans le chaînage de l'angle sud-est du chevet, à 68,5 cm du sol (fig.159a & b).

Enfin, la dernière zone de prélèvement correspond à l'angle que forment au sud la nef et son chevet (fig.160). Une seule brique (12 x 3,5 cm), située à 1,40 m du sol, a été carrottée (363-2A). Celle-ci est indépendante, en situation de blocage, c'est-à-dire qu'elle n'est pas associée à d'autres TCA pour former une structure architectonique spécifique. Sa sélection a pour but d'évaluer si elle appartient au même lot que celles utilisées dans les éléments structurels, c'est-à-dire s'il y a une sélection de TCA particulières pour différentes parties de la construction ou si elles sont employées de manière indifférenciée.

Une analyse préliminaire de la texture des échantillons de terre cuite de l'église de Saint-Martin à la loupe binoculaire a révélé une pâte de couleur rose-saumonée, d'aspect granuleux, de composition relativement homogène, avec de nombreuses inclusions visibles à l'œil nu et à la loupe binoculaire (fig.161 a & b). Cette description est valable pour les quatre échantillons qui semblent à première vue appartenir à un même lot.



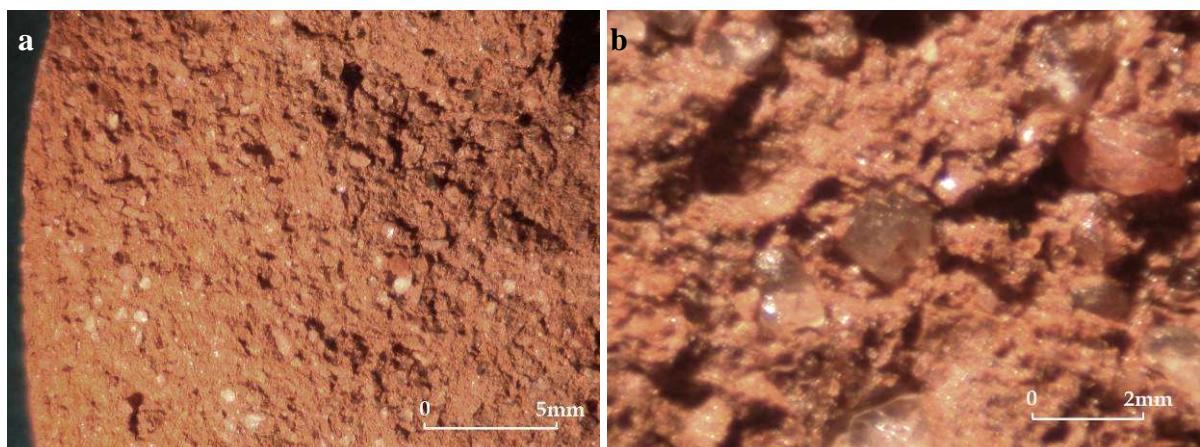
Figures 158 a & b : Localisation des prélèvements 363-1A et 363-1B : arc de l'ancien portail du mur nord de la nef.



Figures 159 a & b : Localisation du prélèvement 363-2A : angle sud entre la nef et le chevet



Figure 160 : Localisation du prélèvement 363-3 : chaînage d'angle sud-est du chevet.



Figures 161 a & b : Observation à la loupe binoculaire de l'échantillon 363-1A , grossissement x10 (a) et x45 (b).

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

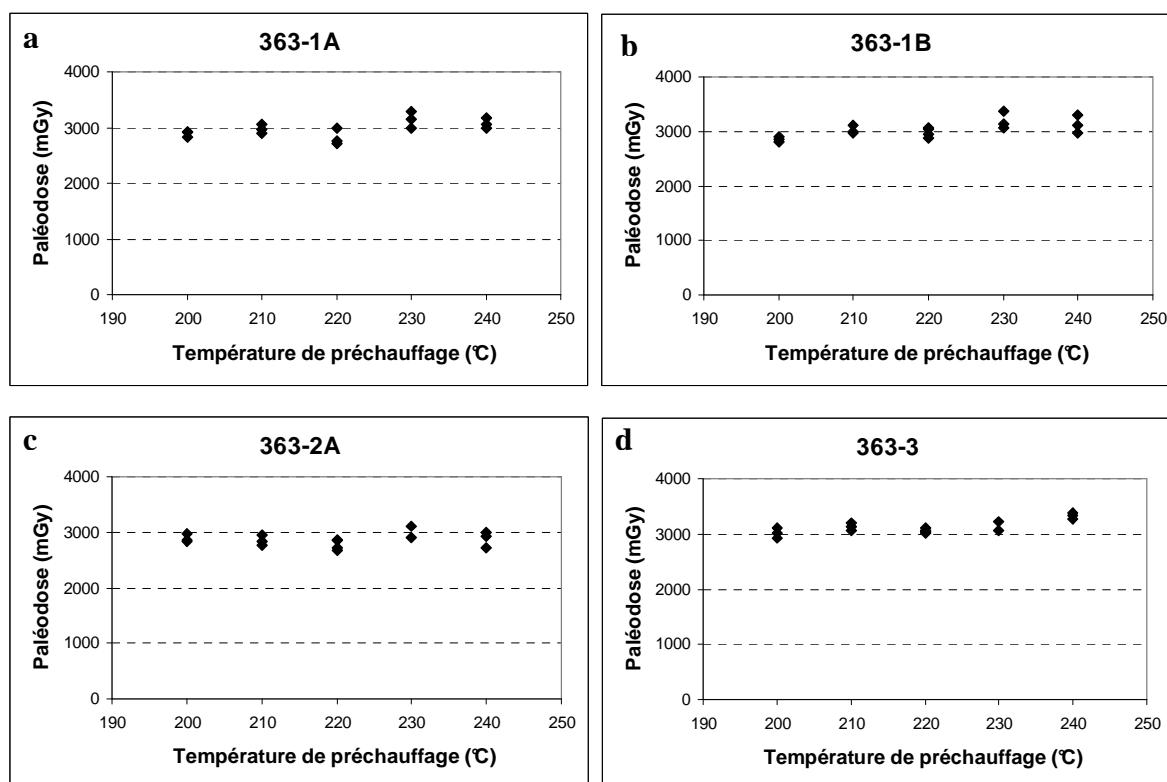
II-1) Détermination de la dose équivalente

- Caractéristiques du signal d'OSL

Le rapport du signal de luminescence par rapport au bruit de fond est reporté dans le tableau 71. Les intensités d'OSL enregistrées pour les 4 échantillons de Chipping Ongar sont particulièrement élevées, notamment par comparaison avec les autres échantillons d'Angleterre analysés au cours de cette étude.

D'autre part, les 4 échantillons présentent tous une sensibilité non négligeable (tableau 71) et compte tenu de la variabilité entre aliquotes (supérieure à 10%) pour chacun, la détermination de la valeur de la paléodose a fait l'objet d'une procédure corrective.

- Test du plateau de préchauffage



Figures 162 a, b, c & d : plateaux de préchauffage des quatre échantillons, réalisés en précédant la lecture de l'OSL par un préchauffage de température comprise entre 200 et 240°C, maintenue pendant 10s.

L'application du test du χ^2 sur les valeurs de paléodose mesurées en fonction des différentes températures de préchauffage (fig.162) ne révèle aucune différence systématique entre ces valeurs à 80% de probabilité (intervalle de [1,06 ; 7,78]) pour les échantillons 363-1A et 363-2A dont le χ^2 est respectivement égal à 4,90 et 1,40. Le plateau s'étend de 200 à 240°C pour ces deux échantillons. En revanche, pour 363-1B et 363-3, le χ^2 ne devient cohérent que si l'on retire les données relatives au préchauffage à 200°C pour le premier échantillon ($\chi^2=11,45$ avec les données de 200°C et $\chi^2=1,50$ sans, pour un intervalle de [0,58 ; 6,25]) et à 240°C pour le second échantillon ($\chi^2=13,64$ avec les données de 240°C et $\chi^2=1,12$ sans ces données, pour un intervalle de [0,58 ; 6,25]). Le plateau se limite donc à l'intervalle 210-240°C pour 363-1B et de 200 à 230°C pour 363-3.

- Résultats

échantillon	$R_{SB} \pm s.d.$	Sens. $\pm s.d.$	$D_e \pm s.d.$ (Gy)	e.s. (Gy)	e.s. %	n	Plateau préch. °C	Intervalle (Gy)
363-1A	225 \pm 121	1,10 \pm 0,08	2,98 \pm 0,15	0,04	1,3	15	200-240	2,72 – 3,28
363-1B	322 \pm 82	1,18 \pm 0,14	3,08 \pm 0,14	0,04	1,3	13	210-240	2,87 – 3,37
363-2A	269 \pm 98	1,13 \pm 0,15	2,86 \pm 0,12	0,03	1,0	15	200-240	2,67 – 3,11
363-3	288 \pm 116	1,19 \pm 0,14	3,08 \pm 0,08	0,02	0,7	12	200-230	3,01 – 3,20

Tableau 71 : valeurs moyennes du rapport signal/bruit de fond (R_{SB}) et du changement de sensibilité (Sens.) avec leur déviation standard (d.s.) associée, pour les 4 échantillons ; D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray ; e.s. est l'erreur standard et n correspond au nombre de mesures effectuées pour déterminer la paléodose.

II-2) Détermination de la dose annuelle

- Contribution β de l'échantillon à la dose annuelle

éch.	α_1/α_0	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$I_{\beta\text{céram}} \pm s.e. (\text{mGy/an})$	
					spectro γ	β -TLD
363-1A	1,05 \pm 0,10	2,45 \pm 0,04	2,86 \pm 0,53	10,34 \pm 1,26	2,41 \pm 0,05	2,35 \pm 0,04
363-1B	1,03 \pm 0,10	2,31 \pm 0,03	1,93 \pm 0,33	10,12 \pm 0,76	2,18 \pm 0,05	2,34 \pm 0,01
363-2A	0,97 \pm 0,10	1,92 \pm 0,03	1,91 \pm 0,33	9,09 \pm 0,76	1,87 \pm 0,05	2,21 \pm 0,01
363-3	1,08 \pm 0,10	1,99 \pm 0,03	1,77 \pm 0,28	8,30 \pm 0,64	1,88 \pm 0,05	2,07 \pm 0,01

Tableau 72 : rapport de l'activité en α de l'échantillon déterminé par comptage alpha ; teneurs en K, U et Th déterminées par spectrométrie γ à bas bruit de fond ; contributions β à la dose annuelle obtenues indirectement à partir de ces teneurs et directement par β -TLD. Les données sont présentées corrigées de l'atténuation du facteur humidité.

- Contribution interne des grains à la dose annuelle

Les grains utilisés pour la détermination de la paléodose sont analysés par ICP-MS, afin d'évaluer les teneurs en radioéléments qu'ils contiennent. L'objectif est d'évaluer l'importance de l'auto-irradiation des grains et de la quantifier afin de la prendre en considération dans le calcul de la dose annuelle totale (tableau 73). Pour les échantillons 363-1A et 363-1B qui n'ont pas fourni de matière suffisante pour l'analyse en ICP-MS, la valeur de I_{int} (en italique) résulte de la moyenne des deux valeurs expérimentales des autres échantillons du même site.

- Contribution $\gamma +$ cosmique de l'environnement à la dose annuelle

Les valeurs de la dose environnementale ($\gamma +$ cosmique), mesurées par dosimétrie *in situ*, sont reportées dans le tableau 73.

Le portail d'où proviennent les échantillons 363-1A et 363-1B ayant été bloqué en 1840, la contribution γ à la dose annuelle reçue par ces deux échantillons a donc été modifiée au cours du temps. Dans un souci de justesse, il s'avèrerait donc nécessaire de prendre en compte cette

modification, puisqu'ils sont situés à une quinzaine de centimètres de l'embrasure, en considérant un modèle à double phase de la dose annuelle. Dans la mesure où le blocage a été rempli principalement avec des silex, la contribution γ à la dose annuelle actuelle mesurée par dosimétrie *in situ* est sans doute surestimée par rapport à sa valeur avant 1840. L'insertion de ce matériel de remplissage à l'intérieur du portail a également entraîné une modification de la dispersion de l'irradiation à proximité de l'échantillon. Cependant, sans données sur la radioactivité du remplissage, aucune correction ne peut être spéculée. Dans de telle situation, il serait essentiel de placer à l'avenir un dosimètre au cœur de la zone de remplissage pour obtenir une estimation de la dose annuelle fournie par le matériel utilisé pour bloquer la porte.

- Résultats

Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle pour les quatre échantillons de Chipping Ongar.

Echantillon	K _{int.} (%)	U _{int.} (ppm)	Th _{int.} (ppm)	I _{int} (mGy/an)	I _{βcéram} (mGy/an)	I _{env} (mGy/an)	I _{totale} \pm σ_{tot} (mGy/an)
363-1A	-	-	-	0,09 \pm 0,00	2,35 \pm 0,04	0,75 \pm 0,03	3,20 \pm 0,08
363-1B	-	-	-	0,09 \pm 0,00	2,34 \pm 0,01	0,75 \pm 0,03	3,19 \pm 0,08
363-2A	0,59	0,35	<900	0,09 \pm 0,00	2,21 \pm 0,01	0,61 \pm 0,03	2,91 \pm 0,07
363-3	0,33	0,43	<600	0,09 \pm 0,00	2,07 \pm 0,01	0,90 \pm 0,02	3,06 \pm 0,07

Tableau 73 : Concentrations en thorium, uranium et potassium exprimées en ppm, mesurées par ICP-MS ; I_{int} correspond à l'auto-irradiation des grains (mGy/an) ; I_{βceram} correspond à la contribution β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an) ; I_{env}, la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) et I_{totale}, la dose annuelle totale (mGy/an).

II-3) Datation

Les résultats des datations OSL individuelles accompagnées des incertitudes totales et statistiques (à 1 σ) sont reportés dans le tableau 74.

Ech.	D _e \pm d.s. (Gy)	I _{tot} \pm σ_{tot} (mGy/an)	Age \pm σ_{tot} (σ_{stat}) (années)	Date \pm σ_{tot} (ap.J.C.)	Intervalle de datation
363-1A	2,98 \pm 0,15	3,20 \pm 0,08	931 \pm 57 (25)	1077 \pm 57	1020-1134
363-1B	3,08 \pm 0,14	3,19 \pm 0,08	965 \pm 59 (25)	1043 \pm 59	984-1102
363-2A	2,86 \pm 0,12	2,91 \pm 0,07	983 \pm 61 (25)	1025 \pm 61	964-1086
363-3	3,08 \pm 0,08	3,06 \pm 0,07	1003 \pm 58 (23)	1005 \pm 58	947-1063

Tableau 74: Résultats de la datation par OSL des briques de Saint-Martin de Chipping Ongar. Les âges OSL sont donnés en années avant 2008. Les incertitudes sont données à un sigma.

L'application du test du χ^2 sur les quatre dates calculées ne révèle aucune incohérence (χ^2 = 1,77 pour un intervalle compris entre 0,58 et 6,25 à 80% de probabilité.) et on peut donc

considérer que les quatre échantillons de brique sont contemporains, bien que la correction de la dose annuelle environnementale de 363-1A et 363-1B aurait tendance à vieillir ces échantillons.

La moyenne de ces quatre valeurs est de 1038 ± 32 (fig.163), voire légèrement antérieure si on prend en considération la modification apportée par le blocage du portail au XIX^e siècle. Si on retire de la datation moyenne les deux échantillons du portail, alors la datation finale situe la manufacture des briques utilisée à Chipping Ongar entre 983 et 1047.

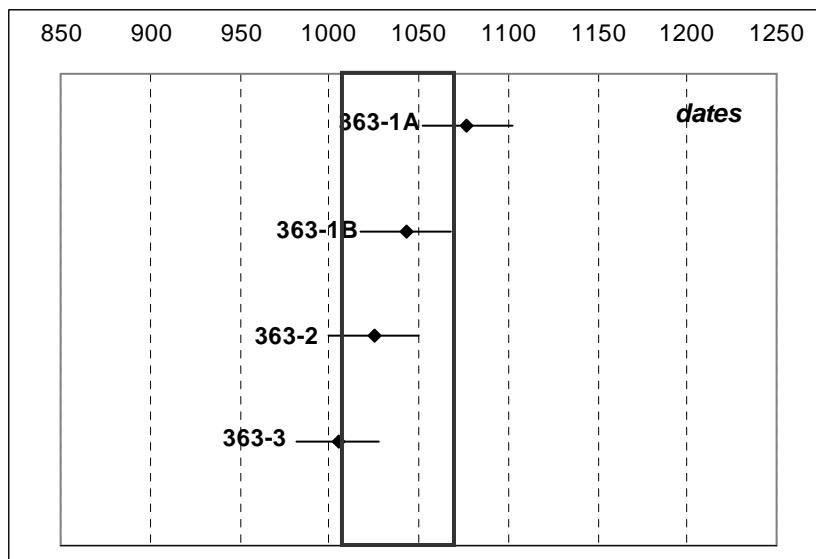


Figure 163: Résultats des datations individuelles pour l'église Saint-Martin de Tours, Chipping Ongar.

III) Discussion

Au vu de l'homogénéité des résultats obtenus et de leur concordance, il apparaît que les briques utilisées dans l'édification de l'église de Chipping Ongar sont de production médiévale. Ces données vont donc à l'encontre des déclarations de remplois romains dans les descriptions architecturales de nos prédecesseurs (RCHM, 1921 ; VCH, 1994 ; Pevsner & Radcliffe, 1965). Si l'on considère que la datation de la fabrication des briques est assimilable à celle de la construction de l'église, alors celle-ci aurait été édifiée avant le milieu du XI^e siècle. Or cette datation est sensiblement antérieure aux expectatives architecturales, archéologiques et historiques qui tendent vers une hypothèse de l'édification peu de temps après la Conquête. Malgré les résultats obtenus au cours de cette étude, on ne peut admettre avec certitude qu'on ait affaire ici à un cas (qui serait unique à l'heure actuelle) de briques produites dans l'Angleterre pré-Conquête.

Jusqu'à présent, la production ponctuelle et locale des *great bricks* issues de Coggeshall à la fin du XII^e siècle, était considérée comme la première production post-romaine de briques en Angleterre, Gardner (1955) situant l'achèvement de la construction l'église monastique en 1167, datation corroborée par les résultats des datations par OSL des briques de Coggeshall (1129 ± 57) effectuées par T.Gurling, dans le cadre de son doctorat. L'affiliation entre

Chipping Ongar et Coggeshall, tous deux liés à Mathilde, a incité l'idée d'une provenance de Coggeshall pour les TCA de Chipping Ongar. Or les résultats de la datation des TCA de Chipping Ongar révèlent que la production de celles-ci est antérieure à celle des Cisterciens de Coggeshall, ce qui corrobore de surcroît les conclusions tirées de l'étude des TCA par P.Ryan (*comm.pers.*).

Compte tenu de la datation haute des TCA de Chipping Ongar, du type de brique qui n'est attribuable à aucun autre type connu de la région et enfin de l'origine des propriétaires de Chipping Ongar, une autre hypothèse peut être proposée pour expliquer la présence de telles briques en Essex à cette époque. Il pourrait s'agir de matériaux produits sur le continent et transportés en Angleterre peu de temps après la colonisation normande. Cela expliquerait non seulement l'état fragmentaire de plusieurs de ces TCA (abîmées en cours du transport), leur utilisation caractéristique d'un surplus de matériaux (indifféremment dans les structures architectoniques ou comme éléments de remplissage), mais aussi l'homogénéité du lot (même couleur, même texture et datation homogène). Cependant il ne s'agit ici que d'une alternative hypothétique et une étude pétrologique complémentaire pourrait peut-être permettre de fournir des indices sur la provenance de ces matériaux.

Cette étude soulève donc de nouvelles questions et ouvre le débat sur l'origine des premières TCA post-romaines en Angleterre, celles-ci ne pouvant désormais plus être attribuées à Coggeshall. Le rôle-clé joué par les Cisterciens dans l'introduction et le développement de la technologie de la fabrication de la brique est également remis en question.

English summary

The town of Chipping Ongar is located 20 km east of Chelmsford in Essex. Early human settlements since at least the Roman period have been reported (Muilman, 1770, 316-7; Gough, 1789, 51; Wright, 1836, 330). The importance of the town increased in the Anglo-Saxon period when Chipping Ongar developed as a market town and became the administrative centre of the Saxon Hundred (Powell, 1956, 155). A fortress was built at this time to protect the town. A “motte and bailey” castle was built in the 11th or 12th century (Powell, 1956, 155) of which there is only one small fragment of surviving flint masonry. The earliest reference to Ongar was in 1043-5, in the will of Thurston, son of Wine, in which it is indicated that the manor of Ongar is held by his wife Æthelgyth. She is later also mentioned in the Domesday Book (Powell, 1956, 159). The manor was then passed to the priest Ingelric, and from 1086, to his successor, Eustace, count of Boulogne, an important Essex landowner, who strengthened the Saxon defence. The castle was also enlarged and became the Caput of the count’s Essex fief (Powell, 1956, 159). It then passed to the hands of his daughter Matilda as a dowry for her wedding to Stephen, count of Blois, future King of England (Morant, 1768; RCHM, 1921). It was Matilda who also granted Coggeshall abbey land to the Savignac order in 1140. In 1154, the son of Matilda and Stephen, William, Earl of Surrey, granted the manor of Chipping Ongar to a powerful man, right hand of the heart of government, Richard de Lucy, the future Justiciar of Henry II (who himself visited the castle in 1154).

The fact that a manor is mentioned implicitly suggests the existence of an associated church, as most parish churches in Essex originated as manorial churches and the church is usually close to the site of an ancient manor house whose lord possessed the advowson. It can be supposed then that a church existed in Chipping Ongar at least since the Saxo-Norman period. However, there are currently no known surviving historic sources related to the origins of the church building itself.

The church is made of a long and narrow nave (18 x 7 m) with a south aisle added in 1884 during restoration works, a western modern porch and a bell-tower on the top of the western part of the nave, a square, long and narrow chancel (9 x 5.5 m) with a modern vestry on the western part of its north wall (RCHM, 1921, 51-2). The walls are made of well-laid flint rubbles and a single row of CBM. CBM is also present in quoins and the original south doorway, which has subsequently been blocked.

Some traces of the original windows are still visible in the eastern parts of the north and south walls of the chancel, as well as in the north wall of the nave, allowing us to assign the earlier building to the Norman architecture (Powell, 1956, 163).

Four bricks were sampled in three different locations of the church: the blocked south nave doorway (two samples, referenced 363-1A and 363-1B), a brick in the junction between the north wall of the chancel and the east recess wall of the south nave (363-2A) and in the south east quoin of the chancel (363-3). The objective of the study is to verify the origin of the brickmaking as the CBM has often been described as reused Roman brick. This view is based on the Roman archaeological remains discovered in the 18th century in the graveyard of the parish (Muilman, 1770, 316-7; Gough, 1789, 51; Wright, 1836, 330), and the assumption that Roman building materials would therefore have been available for the building of the church. However, based on

typological criteria, Rodwell, Drury (2000) and Ryan (1996) do not identify the bricks as being Roman and have not been able to link them with any other known type from Essex. Despite the link between Chipping Ongar and Coggeshall, the bricks are not comparable to the “great bricks” either. Therefore, the question still remains whether the CBM from Chipping Ongar are Roman or later.

The luminescence results for the four bricks have provided paleodose values range between 2.86 ± 0.12 to 3.08 ± 0.14 Gy and dose rate values from 2.91 ± 0.07 to 3.20 ± 0.08 mGy/yr, providing final ages comprise between 931 ± 25 and 1003 ± 23 years and a mean date of AD 1038 ± 32 for the manufacture of these materials. This result is particularly interesting as no wall brick of this date has been identified previously. The fact that the bricks cannot be associated to any known type in Essex and the strong link of the parish with its Norman owners raises the question of the provenance of these bricks. Moreover, most of the CBM used were in a fragmentary state and they are of various sizes (however, their colour and texture are very homogeneous). These characteristics could constitute evidence of displaced bricks from the same batch, imported from a long distance, explaining their broken state. It is possible that the bricks were not made, in the first instance, with the aim of building the church but instead might have been brought (perhaps from the Continent?) for the construction of another building and the remainder used for the church. This would explain why they are purposefully and efficiently used jointly in the architectural features (i.e. doors, rows, quoins) with the excess of the material used as haphazard, independent rubble in the masonry. However, this interpretation remains hypothetical and further work should be done on other buildings showing similar bricks.

CARREAU DE REVETEMENT DE L' EGLISE D' ALL SAINTS, YORK

I) Présentation

I-1) Contexte historique et géographique du site



Figure 164 : Situation géographique de York, nord-est de l'Angleterre.

La ville d'York, capitale du comté du Yorkshire, est située au nord-est de l'Angleterre, à la confluence des rivières Ouse et Foss (fig.164). Une forteresse militaire s'y établie en 71 ap.J.C. (Page & Allison, 1969, 2). La ville, alors connue sous le nom d'Eboracum, est proclamée capitale de la province de la Bretagne Inférieure par l'Empereur Septime Sévère. L'importance de la colonie romaine décline avec l'arrivée des envahisseurs Angles, en provenance de Germanie, et Jutes, du sud du Danemark, dans le nord est de l'Angleterre à la fin du V^e – début du VI^e siècle (Page & Allison, 1969, 2). Il existe peu d'indices archéologiques d'occupation de la ville à cette période. Au VI^e siècle, le pape Grégoire demande à Augustin d'envoyer un évêque à la cité de York (Bède, I, 29). La ville émerge alors comme centre chrétien et capitale du royaume de Northumbria. Elle devient le siège de l'archevêché en 735 (Cramp, 1967, 6). Des contacts s'établissent entre la cité et le continent, comme l'illustre le cas d'Alcuin, issu du centre d'apprentissage de York, qui devient conseiller à la cour de Charlemagne.

La ville est prise par les Vikings en 867 et colonisée pendant près d'un siècle, jusqu'en 954, date à laquelle elle est réintégrée au domaine anglo-saxon (Page & Allison, 1969, 13). Sous le règne d'Edouard le Confesseur, la ville prospère et la population croît jusqu'à devenir la plus importante d'Angleterre après celle de Londres (Cramp, 1967, 21).

C'est dans ce contexte que fut probablement édifiée dans le quartier du Pavement en centre-ville, la première église d'All Saints, citée dans le *Domesday Book*, désormais remplacée par un édifice attribuable architecturalement au XIV^e siècle (RCHME, 1981, 1-4).

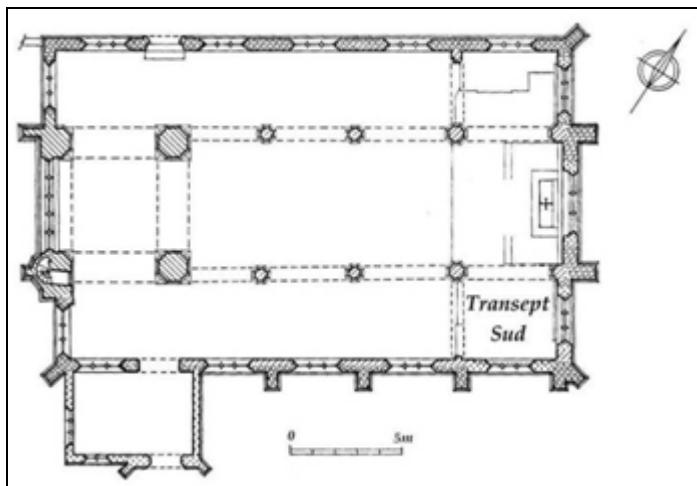


Figure 165 : plan de l'église actuelle ; le chevet du XIV^e siècle a été retiré lors d'un réaménagement urbanistique du quartier en 1782. Les fouilles de 1963 ont été effectuées sous l'ancien transept sud (d'après RCHME, 1981).

I-2) Description du pavement

En mai 1963, G.F.Willmot mène une fouille archéologique restreinte dans l'angle sud-est de l'église actuelle, correspondant à l'ancien bras sud du transept avant que ne soit retiré le chevet du XIV^e siècle lors d'un réaménagement urbanistique du quartier en 1782 (fig.165 ; Keen, 1993). Cette fouille permet la mise au jour d'un mur de fondation attribué au bras sud d'un transept primitif. A cette structure est associé un pavement de carreaux de terre cuite (Gee, 1964).

53 carreaux sont mis au jour, désormais conservés au Yorkshire Museum.

L'épaisseur des carreaux est comprise entre 16 et 20 mm. Plusieurs formes et tailles existent : elles varient d'un carré de 65 mm de côté, à un rectangle de 185 x 190 mm, en passant par une forme triangulaire de 120 x 120 x 100 mm (Keen, 1993). La texture est relativement fine. La couleur de la pâte varie du rose au rouge brique (Keen, 1993). La présence de sable à la surface de nombreux carreaux suggère que ceux-ci ont dû être moulés (Betts, 1986). Une collerette présente sur plusieurs échantillons a dû être formée en repliant la pâte après décoration ou a pu être ajoutée séparément (Keen, 1993). De nombreux carreaux présentent des coups de couteau au revers (Betts, 1986). Sur les 53 exemplaires mis au jour, 41 présentent un motif. Ces décors ont été obtenus en effectuant des nervures aux profils légèrement arrondis, en relief, sur une hauteur de 4 mm par rapport à la surface du carreau. La majorité des motifs est simple et géométrique ; on trouve également des représentations végétales, animales (oiseaux) ou architecturales (arcatures) (Keen, 1993 ; fig.167a, b & fig.168).

Des carreaux de cette collection ont été analysés et comparés avec d'autres carreaux romains et médiévaux de la région, ainsi qu'avec des échantillons de terre à brique provenant du quartier voisin de Coppergate à York, par le pétrologue Betts, qui a effectué une analyse pétrologique sur section fine et une analyse par activation neutronique de la pâte. L'analyse montre que les carreaux présentent la même gamme d'inclusions minérales que les carreaux romains et médiévaux trouvés à York et qu'ils ont probablement été fabriqués localement (Betts, 1986).

Tous les carreaux sont glaçurés au plomb (Keen, 1993). Il semblerait que le tuilier ait cherché à produire un effet polychrome, les deux couleurs les plus fréquemment obtenues étant le vert olive-clair et le marron foncé. Les couleurs semblent liées au fer, le cuivre étant rarement, si ce n'est pas du tout, détecté (Keen, 1993).

I-3) Hypothèses chronologiques préalables aux datations absolues

I-3-1) Données archéologiques et littéraires

A partir des schémas de Willmot et de Gee qui sont parvenus des plans et sections de la fouille de 1963, trois phases ont été identifiées. La plus récente correspond aux murs de fondation de l'édifice actuel datant du XIV^e siècle (mur III, sur les relevés de Willmot, fig.166), associés à un sol sableux (n°3 sur le relevé). La seconde phase qui est séparée de la précédente par un niveau de remblais (n°4), est composée d'une structure maçonnée (mur II) associée à un sol de mortier rose, qui recouvre un niveau de terre noire. La dernière phase stratigraphiquement, et donc la plus ancienne, identifiée comme le transept primitif, est constituée d'un sol de pavement associé à une marche également pavée.

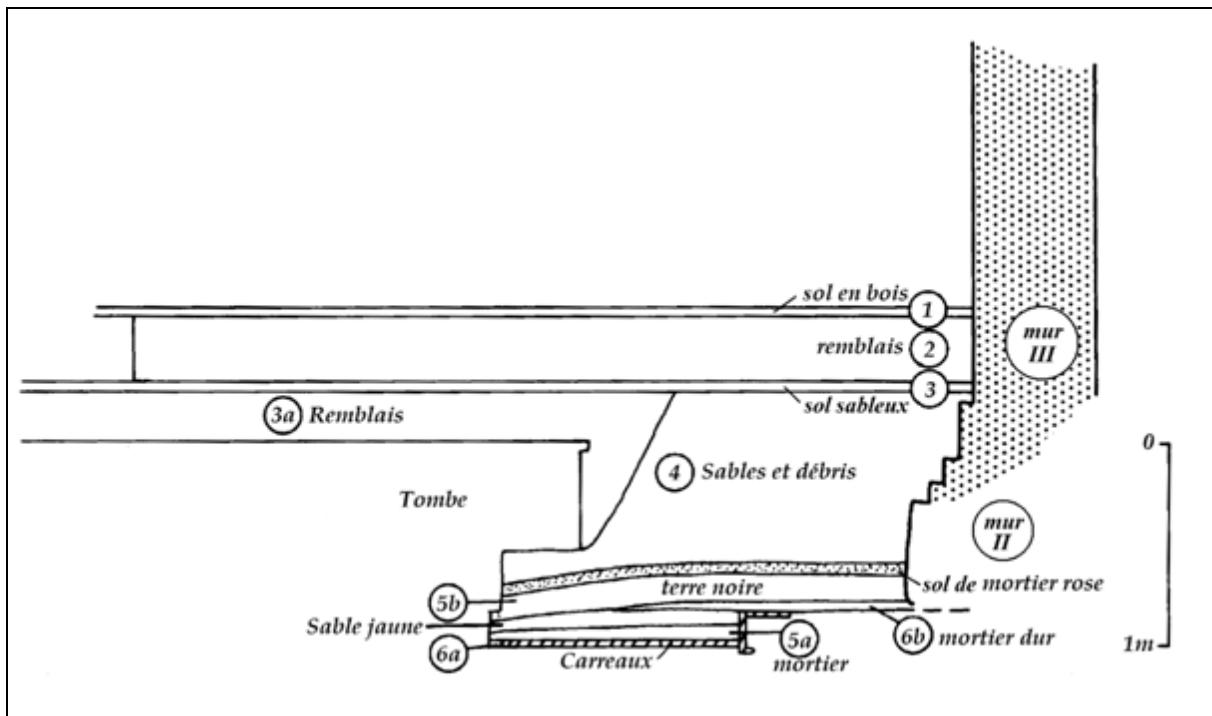


Figure 166 : Section de la tranchée de la fouille de 1963 (d'après l'original non-publié de Willmot reproduit par Keen, 1993)

Celle-ci est recouverte par un mortier dur (6b) qui vient buter contre le mur II et qui recouvre également un niveau de sable jaune. Ce dernier bute contre la partie verticale de la marche et à son tour recouvre 5a, une couche de mortier qui repose sur le niveau inférieur des carreaux. Sous ces carreaux, un sondage a révélé l'existence d'un niveau de remblais reposant sur une couche d'argile noire. Au-dessous de celle-ci, il y a deux autres niveaux de mortier identifiés par Willmot comme des sols (fig.166).

La phase du transept primitif associé au pavement est datée par Gee (1964) à partir des matériaux qui la constituent et de son mode de construction vers 1150. Cette date peut avoir été influencée par quatre voussoirs du Yorkshire Museum, trouvés au sud du quartier de Pavement et attribués typologiquement au XII^e siècle. Cependant la connexion entre l'origine des voussoirs et l'église d'All Saints n'est pas évidente et Tweddle suggère que ces voussoirs proviennent en fait de deux autres églises du voisinage et ont pu être apportés comme éléments de blocage (Tweddle, 1991 ; Wilson, 1984). Il n'est donc pas certain que la phase maçonnée la plus ancienne remonte effectivement au XII^e siècle. D'après Keen, la phase XII^e siècle serait plutôt représentée par le mur II et le sol de mortier rose, stratigraphiquement postérieur au transept pavé. Ce dernier serait alors antérieur au XII^e siècle.

Cette datation n'est pas improbable. En effet, la première mention écrite d'une église dédiée à All Saints à York remonte à 1087, date à laquelle le *Domesday Book* rapporte la donation par Guillaume I^{er} du patronage du presbytère au Prieur de Durham (Page & Allison, 1969, 370 ; Keen, 1993). Un autre indice de l'origine ancienne de l'église d'All Saints est la charte de 1170-85 faisant référence à une habitation de Coppergate 'ante monasterium *Omnium Sanctorum*' (Farrer, 1914). Cette dernière mention suggère de surcroît que l'église en question ait été de type monastique. La présence de carreaux de pavement suscite également l'idée que l'édifice n'était pas une église locale ordinaire mais un établissement de plus grande importance tel qu'une maison mère de type monastique (« *minster* »). D'autre part, la découverte, lors de travaux de démolition de la sacristie de l'église, d'un couvercle de tombe, dont le décor de formes animales complexes et variées est à rapprocher de l'art Anglo-Danois (Cramp, 1967, 8; Lang, 1991), suggère l'existence d'un édifice religieux au X^e ou début XI^e siècle à proximité. De plus, un casque attribué à la période 750-75, découvert dans le quartier voisin de Coppergate (Tweddle, 2004, 446), porte une inscription dans laquelle sont invoqués « tous les saints »¹¹ (Binns *et al.*, 1990). Tous ces indices archéologiques suggèrent l'existence sur le site d'une église de type monastique dédiée à tous les saints avant le premier registre documenté de 1087, peut-être même dès le VIII^e siècle (RCHM, 1981, 3 ; Keen, 1993).

Enfin, concernant l'origine des carreaux eux-mêmes, la présence de collerette et le relief à la surface de ceux-ci dépassant parfois les 4 mm de haut, peu enclins à faciliter le déplacement sur de telles surfaces, tendent à suggérer que ces carreaux devaient être destinés initialement à être disposés verticalement et suscitent plutôt l'idée d'une utilisation en décor d'un mur ou d'un autel. Ces particularités, associées à un agencement peu régulier, voire hasardeux, de ces carreaux, fomentent l'hypothèse que ces matériaux ont été récupérés et re-disposés. Ces carreaux, découverts réemployés dans un contexte archéologique attribué probablement au XI^e ou XII^e siècle, seraient donc eux-mêmes antérieurs.

¹¹ IN NOMINE DNI NOSTRI IHV SCS SPS DI ET OMNIBUS DECEMUS AMEN OSHERE XPI : « Au nom de notre Seigneur Jésus Christ et de l'Esprit de Dieu, nous offrons Oshore à Tous les Saints. Amen » (Binns *et al.*, 1990).

I-3-2) Attribution typologique

Les carreaux de York appartiennent à une série exceptionnelle, géographiquement largement répartie, connue sous la dénomination de « *polychrome relief tiles* ». On en trouve des exemples à Canterbury, Coventry, Peterborough, St Alban's Abbey, St Edmund's Abbey, Westminster et Winchester (Keen, 1993). Aucun de ces carreaux n'a été trouvé *in situ* (Norton, 1983, 41), hormis le cas présenté ici de York, pour lequel les carreaux ont néanmoins dû être déplacés de leur position primaire. Compte tenu de la quantité limitée de carreaux produits et des similitudes dans les dessins et dans les méthodes de fabrication, une courte période de production est envisagée pour cette série (Keen, 1993). La série entière est donc typologiquement et archéologiquement attribuée à la fin du X^e et au XI^e siècle. Ces carreaux constituent des produits de luxe nécessitant des compétences technologiques spécialisées pour leur fabrication et il n'est pas surprenant que ces carreaux aient été seulement trouvés sur quelques sites importants de la fin de l'époque anglo-saxonne. L'utilisation de tels carreaux peu communs place All Saints parmi ces sites ecclésiastiques majeurs. Le haut statut de l'ancienne église ajoute du poids à la possibilité que l'édifice dans lequel les carreaux ont été découverts ne date pas du XII^e siècle, mais serait plus ancienne. Le coût de production de ces carreaux polychromes à relief n'est pas connu, mais le temps consacré et le soin apporté à leur réalisation suggèrent un coût relativement élevé. Cela peut expliquer la restriction apparente de tels carreaux à des édifices religieux largement dispersé à travers tout le territoire. Il est possible que ces carreaux aient été effectués par des ateliers itinérants compte tenu du caractère exceptionnel de la commande localisée d'un tel produit (Norton, 1983, 41 ; Keen, 1993).

L'origine de cette nouvelle production est incertaine. Comment les artisans anglo-saxons, après une cessation de production de terres cuites architecturales pendant plus de cinq siècles, ont-ils pu de nouveau réaliser ces objets, de surcroit d'une grande qualité (texture fine, décors, glaçure...) ? Bien qu'une influence continentale ait pu être suggérée pour cette production anglo-saxonne (Keen, 1993), il n'existe aucun antécédent comparable en France carolingienne (Norton, 1983, 42). Les exemples les plus anciens de pavements de carreaux en France datent des X^e et XI^e siècles et consistent en de simples carreaux non-glaçurés et non-décorés ; c'est le cas à l'abbaye Saint-Gwennolé à Landevennec (Finistère) dans sa phase du X^e siècle, à l'église de Fleury II à Saint-Benoît-sur-Loire (XI^e siècle), dans la crypte de l'abbaye de Marmoutier près de Tours (fin XI^e siècle) (Norton, 1983, 40). La première série de carreaux décorés découverts en France est celle de l'église Saint-Désir de Lisieux (Normandie), datée de la fin du XI^e siècle (Norton, 1983, 42). Ces exemples étant contemporains ou postérieurs aux premières attributions chronologiques de la série anglo-saxonne, il est donc peut probable que les tuiliers anglo-saxons aient trouvé leur inspiration à l'étranger.

Ces carreaux de revêtement anglo-saxons peuvent aussi avoir dérivé de la technique de production des poteries domestiques glaçurées de type « Early Glazed Type 1 » découvertes à York attribuées au X^e siècle (Keen, 1993). Les céramiques glaçurées ont connu une cessation de leur production entre l'époque romaine et le Moyen Age. Il semblerait qu'il n'existe aucun indice de poterie glaçurée localement produites en France mérovingienne ou dans l'Angleterre anglo-saxonne. Elle réapparaît en France au IX^e siècle, la technique ayant été probablement

réintroduite à partir de la Méditerranée, et la poterie anglo-saxonne glaçurée apparaît pour la première fois à la fin du IX^e siècle et au X^e siècle (Norton, 1983, 38). Si la nouvelle technique de production des carreaux glaçurés constitue effectivement une réminiscence de ces poteries contemporaines, alors cette variation des savoir-faire nous fournit un nouveau TPQ pour la production des carreaux vers le X^e siècle.

A une époque où les poteries glaçurées de toute sorte étaient rares et où les céramiques architecturales décorées étaient presque inconnues, ces carreaux constituent une exception.

I-4) Problématique

L'ensemble des données historiques, archéologiques et typologiques tendent vers une datation comprise entre le X^e et le XII^e siècle pour la production de ces TCA de revêtement.

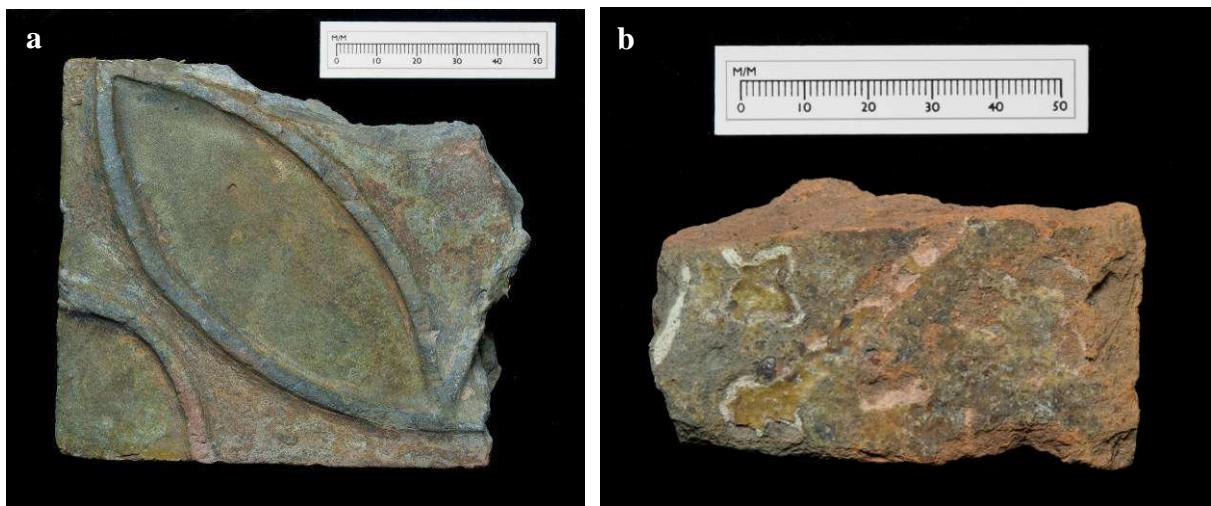
Le cas des carreaux de York diffère des études de cas précédemment présentées pour les briques de maçonneries anglo-saxonnes. En effet, ici le matériel a été conservé dans un musée, après avoir été mis au jour au cours d'une fouille dans un contexte secondaire (puisque'il constitue un remploi dans ce contexte). L'objectif de cette étude consiste donc à tester le potentiel de ce matériel pour la datation.

I-5) Le matériel d'étude

Deux échantillons ont été prélevés parmi la collection du Yorkshire Museum, grâce à l'aimable contribution du Curateur Andrew Morrisson et de l'archéologue Sarah Garside-Neville.

Le premier échantillon, référencé 1963-5-20ii par le Museum et 362-1 par le laboratoire, présente un décor géométrique correspondant au motif de type 11 (Keen, 1993 ; fig.187a & fig.168), l'ensemble du carreau étant recouvert d'une glaçure. La pâte est fine, de couleur rose-grisâtre.

Le motif, le type et les dimensions d'origine du deuxième échantillon (1963-5-107 pour le Museum et 362-2 pour Durham) sont moins discernables (fig.187b). La pâte est fine, de couleur rose-orangée, avec quelques inclusions visibles à l'œil nu et à la loupe binoculaire (fig.169). Il ne semble pas y avoir eu de décor en relief, mais l'échantillon est lui-aussi recouvert d'une glaçure. Son décor et sa technique de réalisation ne sont pas représentatifs du type de décors identifié sur les autres carreaux du pavement, ces derniers présentant plus généralement un décor à relief avec une glaçure homogène sur l'ensemble de la surface du carreau. Ici, la technique utilisée pour 362-2 s'assimile plutôt à la technique des carreaux estampés bicolores (Ciccutini, *comm. pers.*), pour lesquels une empreinte est réalisée en creux dans la terre cuite support et dans laquelle on coule une barbotine (souvent blanche), et l'ensemble du carreau est ensuite recouvert d'une glaçure. Pour 362-2, cette glaçure, au vu de sa couleur, est sans doute plombifère transparente, et la couleur miel sur le motif suggère la présence de fer sous forme d'impureté dans le mélange glaçurant (Ciccutini, *comm. pers.*).



Figures 167 a & b : Photographies des deux échantillons 362-1 (a) et 362-2 (b) prêtés par le Yorkshire Museum, provenant des fouilles de 1963 du transept sud (Clichés : Jeff Veitch, University of Durham).

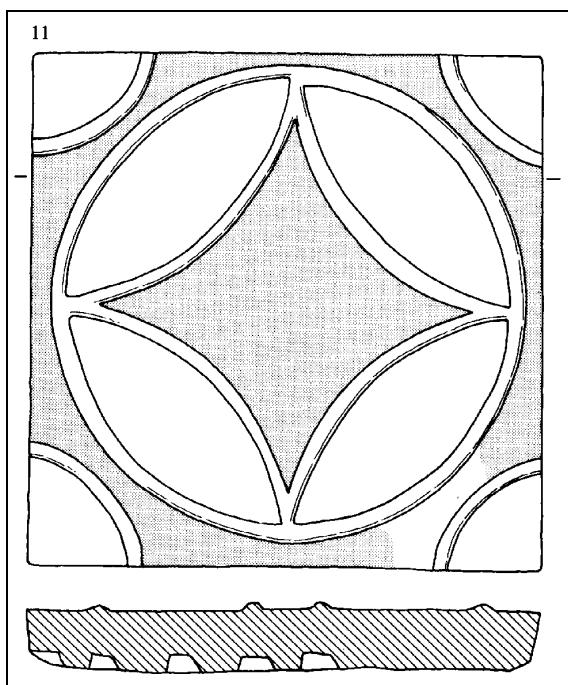
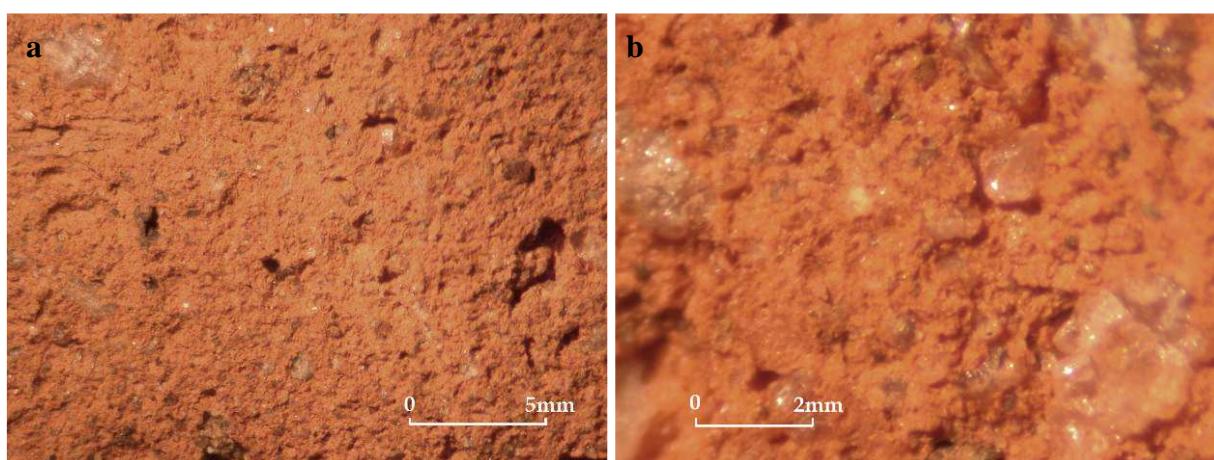


Figure 168 : Motif 11 des carreaux glaçurés d'All Saints (d'après Keen, 1993). Echelle 1/3.



Figures 169 a & b : Observations à la loupe binoculaire sur une section de l'échantillon 362-2.

II) Datation par OSL de la cuisson des briques

II-1) Détermination de la paléodose

Les expériences d'OSL pour la détermination de la paléodose ont été réalisées avec la technique SAR sur des grains de quartz de fraction granulométrique comprise entre 90 et 150 μm .

La luminescence de l'échantillon 362-1 n'a malheureusement pas permis d'en tirer des données susceptibles de fournir une valeur de la paléodose. En effet, les courbes de l'OSL naturelle ou régénérée se distinguaient à peine du bruit de fond. L'étude de cet échantillon a donc été abandonnée.

L'analyse de l'échantillon 362-2 en revanche s'est révélée plus propice à la détermination d'une valeur de sa paléodose.

- Caractéristiques du signal d'OSL

Le tableau 75 montre le rapport du signal de luminescence sur le bruit de fond, indiquant que pour l'échantillon 362-2, les intensités d'OSL enregistrées sont globalement élevées. Bien que le niveau moyen de sensibilité soit relativement faible (tableau 75), une procédure corrective a néanmoins été appliquée dans le calcul de détermination de la valeur de la paléodose.

- Test du plateau de préchauffage

Le graphique suivant (fig.170) montre l'évolution de la valeur de la paléodose en fonction de la température de préchauffage utilisée au cours des expériences d'OSL.

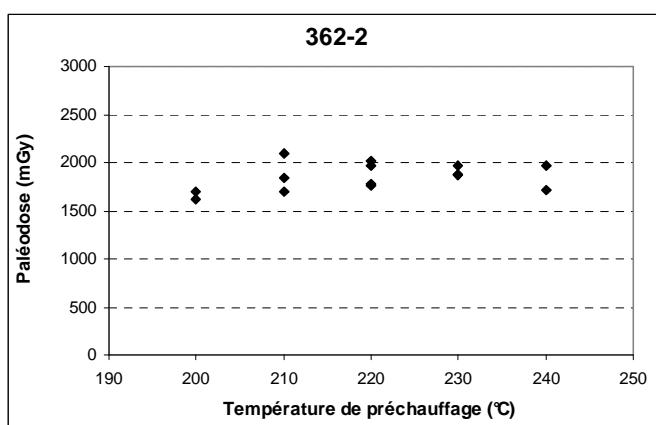


Figure 170 : Plateau de préchauffage de l'échantillon 362-2.

Le test du χ^2 effectué sur les valeurs de paléodose obtenues pour chaque température de préchauffage permet de détecter une distribution normale. Le χ^2 est alors de 8,50 pour un intervalle à 90% de probabilité compris entre 0,71 et 9,49. La valeur de la paléodose

correspond donc à la moyenne de l'ensemble des valeurs individuelles de paléodose déterminées lors de chacune des expériences.

- Résultats

Le tableau 75 présente l'ensemble des données acquises au cours de la détermination de la paléodose, ainsi que la valeur finale moyenne de la paléodose.

échantillon	$R_{SB} \pm d.s.$	Sens. $\pm d.s.$	$D_e \pm d.s. (Gy)$	n	e. s. (Gy)	e.s. (%)	Domaine préch. ($^{\circ}C$)	Intervalle (Gy)
362-2	34 ± 14	$1,04 \pm 0,07$	$1,85 \pm 0,14$	15	0,04	1,9	200-240	$1,70 \text{--} 2,09$

Tableau 75 : valeurs moyennes du rapport signal/bruit de fond (R_{SB}) et du changement de sensibilité (sens.) présentées avec leur déviation standard (d.s.); D_e est la dose équivalente moyennée et exprimée en Gray, n correspond au nombre total de mesures effectuées dans le domaine du plateau, e.s. fait référence à l'erreur standard présentée ici en Grey et en pourcentage de la valeur moyenne de la paléodose.

II-2) Détermination de la dose annuelle

- Contribution β de l'échantillon à la dose annuelle

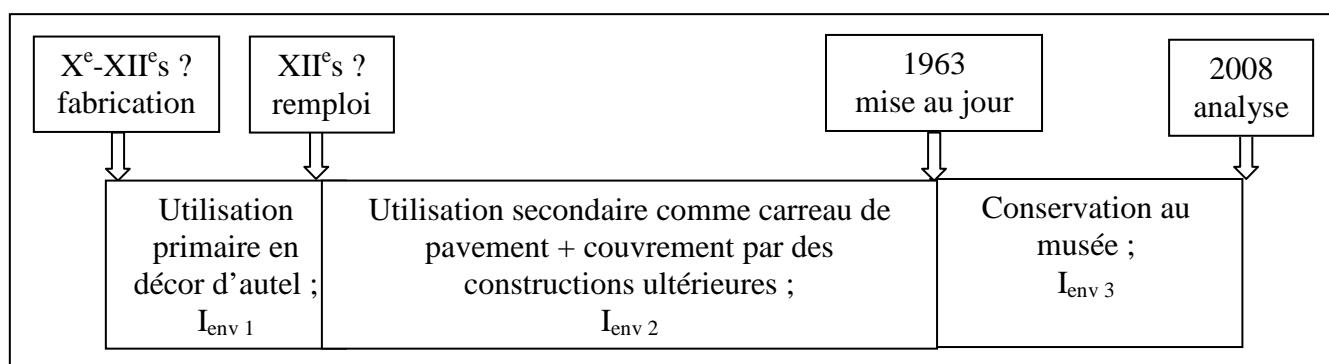
Les teneurs en radioéléments mesurées par spectrométrie γ à bas bruit de fond sont reportées dans le tableau ci-dessous (tableau 76), ainsi que la contribution β à la dose annuelle qui en dérive, également déterminée par β -TLD. Les valeurs sont présentées corrigées de l'atténuation par le facteur humidité ; celui-ci a été proposé à $5\% \pm 1\%$.

éch.	α_1/α_0	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	$I_{\beta\text{céram}}$ (mGy/an)	
					spectro γ	β -TLD
362-2	1,06	$1,55 \pm 0,03$	$3,52 \pm 0,46$	$10,81 \pm 1,26$	$1,80 \pm 0,04$	$1,90 \pm 0,06$

Tableau 76 : rapport de l'activité en α de l'échantillon ; teneurs en K (%), U (ppm) et Th (ppm) déterminés par spectrométrie γ à bas bruit de fond ; contributions β à la dose annuelle obtenues indirectement à partir de ces teneurs et directement par β -TLD.

- Contribution $\gamma +$ cosmique de l'environnement à la dose annuelle fournie

L'histoire complexe de l'échantillon en termes de dose annuelle est illustrée par le schéma suivant :



Aucune des valeurs de I_{env} relatives aux diverses phases de la dose annuelle liées aux déplacements de l'échantillon ne peut être mesurée. En effet, l'autel sur lequel devait être posé le carreau à l'origine n'a pas été retrouvé, sa composition radiochimique nous est donc inconnue. Ensuite, le site ayant été recouvert en 1963 après les fouilles, il nous est désormais impossible d'y accéder. Nous avons été contraints d'intégrer une valeur standard pour l'ensemble de la dose annuelle environnementale pour un échantillon enfoui, équivalente à $0,75 \pm 0,25 \text{ mGy/an}$.

- Contribution interne aux grains

Les teneurs des radioéléments contenus dans les grains de quartz utilisés dans la datation sont mesurées en ICP-MS. Ces valeurs, ainsi que la contribution correspondante à la dose, sont reportées dans le tableau 77. Celle-ci est quasi-négligeable.

- Résultats

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs des différentes contributions à la dose annuelle pour l'échantillon 362-2.

Echantillon	Th (ppm)	U (ppm)	K (ppm)	I_{int} (mGy/an)	I_{β} (mGy/an)	I_{env} (mGy/an)	I_{totale} (mGy/an)
362-2	0,59	0,35	<400	$0,09 \pm 0,00$	$1,90 \pm 0,06$	$0,75 \pm 0,25$	$2,64 \pm 0,07$

Tableau 77 : Teneurs (ppm) en radioéléments des grains de quartz et contribution correspondante à la dose annuelle interne I_{int} (mGy/an) ; $I_{\beta\text{ceram}}$ correspond à la contribution β de la céramique à la dose annuelle (mGy/an); I_{env} , la contribution environnementale à la dose annuelle (mGy/an) et I_{totale} , la dose annuelle totale (mGy/an).

II-3) Datation

Les résultats de la méthode de datation par luminescence appliquée à l'analyse de l'échantillon 362-2 issu d'un carreau de pavement du sous-sol de l'église d'All Saints sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Ech.	$D_{\text{e}} \pm \text{d.s.}$ (Gy)	I_{totale} (mGy/an)	$\text{Age} \pm \sigma_{\text{tot}} (\sigma_{\text{stat}})$ (années)	Date $1 \pm \sigma_{\text{tot}}$ (ap.J.C.)
362-2	$1,85 \pm 0,14$	$2,64 \pm 0,07$	700 ± 43 (22)	1308 ± 43

Tableau 78 : Résultats de la datation par OSL du carreau de pavement de l'église d'All saints, Pavement, York. L'âge OSL est donné en années avant 2008. Les incertitudes sont données à un sigma.

Au vu des indices archéologiques qui suggèrent que l'échantillon a été déplacé et réemployé au XII^e siècle ou peu de temps avant, un modèle multi-phase pour la dose annuelle aurait été nécessaire. Cependant, compte tenu de l'impossibilité d'en évaluer les différentes contributions, cette étape n'a pas pu être effectuée au cours du processus de datation.

III) Discussion

L’application de la datation par luminescence à l’étude de l’échantillon de carreau 362-2 permet de confirmer l’origine médiévale de l’objet. L’intervalle de datation proposé pour une valeur moyenne théorique de la dose annuelle s’étend de 1250 à 1350 environ, sans correction du phasage de la dose annuelle. Les dates OSL donnent une production plus tardive que les hypothèses archéologiques et historiques qui la situaient plutôt avant le XII^e siècle.

Si l’échantillon est effectivement antérieur au XII^e siècle mais que sa datation physique ne le situe qu’au XIII-XIV^e siècle, la différence peut être liée à l’absence de données « réelles » pour la dose annuelle environnementale due à l’impossibilité d’accéder au site afin d’y placer un dosimètre ou d’y effectuer une mesure gammamétrique sur le terrain. Cette étude montre aussi ici l’importance de travailler en proche collaboration entre archéologues et spécialistes de la datation, le travail de ces derniers intervenant dès la découverte sur le terrain, afin d’apprécier au mieux la manière d’appréhender le matériel à dater.

Cependant, il est également nécessaire de rappeler le manque de représentativité de l’échantillon daté avec le reste du pavement et une autre hypothèse peut être soulevée pour justifier ce résultat. En effet, la technique probablement utilisée pour réaliser le motif à la surface du carreau est comparable à celle des carreaux bicolores estampés, technique dont l’origine n’est pas antérieure au milieu du XIII^e siècle (Norton, 1983, 141), ce qui est alors ici en accord avec la datation OSL obtenue sur le carreau de pavement.

Ainsi donc, que retenir de cette étude ? Elle a non seulement montré l’importance et la nécessité de l’ensemble des paramètres physiques, et notamment des données de terrain, pour la datation par luminescence, mais aussi les précautions à prendre quant à l’interprétation de la fouille archéologique et de son rapport effectués dans les années 1960 qui ont été quelque peu critiqués depuis lors (Keen, 1993).

English summary

In May 1963, a limited excavation was led by G.F.Willmot under the floor of the south corner of the current church of All Saints, York, whose standing walls are mainly of the 14th century (Keen, 1993). In this context, a foundation wall made of ashlar blocks was discovered and interpreted as the south aisle of the transept of a primitive church. A pavement was associated to this structure (Gee, 1964), made of 53 glazed polychrome relief tiles (Keen, 1993).

The dating of the tiles is the subject of debate. Under the wall of the 14th century church three foundation walls were found; the oldest stratigraphically dated to c. 1150 on the basis of 4 pieces of voussoirs found in the wall (Gee, 1964). This dating is not unlikely as there is evidence of an earlier church dedicated to All Saints in York. The first written mention of a church dedicated to All Saints in York dates to 1087, when the *Domesday Book* reports the donation by William 1st of the patronage of the rectory to the Prior of Durham (Page & Allison, 1969, 370). A sarcophagus found in the excavations of the church and stylistically dated to the 10th-11th century (Cramp, 1967, 8; Lang, 1991), and the invocation to “all saints” in the inscription on a helmet dated of 750-75 (Binns *et al*, 1880) discovered in the neighbouring area of Coppergate, suggest a church may have existed on the site before the first written record of 1087, perhaps as early as the 8th century (RCHM, 1981, 3; Keen, 1993).

Finally, with the tiles displaying a flange as well as a 4 mm relief on the surface, they would have been less than ideal for walking on, which tends to suggest the tiles might initially have been intended to be placed vertically and gave rise to the idea of them being used to decorate a wall or an altar. The non-regular, even haphazard, arrangement of these tiles foments the hypothesis of salvaged and re-laid materials. These tiles, if discovered reused in an archaeological context dated to the 11th-12th century, would therefore be prior (Keen, 1993).

Moreover, these tiles can be compared with other polychrome relief tiles found in Canterbury, Coventry, Peterborough, St Alban’s Abbey, St Edmund’s Abbey, Westminster et Winchester (Keen, 1993). As the pattern and method of production are similar (Betts, 1986) and the amounts of tiles limited, a short period of time is considered for the production of the series, which is archaeologically and typologically assigned to late 10th -11th century.

The aim of this study is mainly methodological as it concerns the evaluation of whether the CBM can be dated, the manufacture of which is likely to have been made between the 10th and 12th centuries and which has been displaced and reused.

The paleodose value determined by OSL in the laboratory of Durham is 1.85 ± 0.14 Gy, the annual dose of 2.64 ± 0.07 mGy/yr, partially based on theoretical assumptions, as the gamma and cosmic dose was not measured. The estimated date for the tile manufacture of AD 1308 ± 43 does not correspond with archaeological and historical assumptions. Indeed, since the tile was found reused in an archaeological context assigned to at least the 12th century or earlier, its manufacture should date before the 12th century. However, data from physical dating places the manufacture somewhere between the 13th and the first half of the 14th century. The main problem which may have contributed to this chronological disparity is the absence of quantitative field data related to the environmental dose rate. This study shows the importance of working in collaboration between archaeologist and dating specialists who, in the most suitable situations, should step in

after the discovery on the site, in order to evaluate the best way to consider the material to be dated.

However, this tile is not representative of the rest of the floor tiles found in Pavement and the technique used to make its pattern (slip decorated or inlaid technique) likely originated in mid-13th century (Norton, 1983, 141), which would be in agreement with the tile dating by OSL.

Therefore, did this study show the importance and the requirement of the physical parameters to determine the age by OSL dating or the caution in considering the archaeological data of the 1963 excavations as they've been earlier criticised (Keen, 1993)?

PARTIE 5

LE MODE D'UTILISATION DES TERRES CUITES ARCHITECTURALES

CHAPITRE 20

**ETENDUE CHRONOLOGIQUE DU REMPLOI DE TCA ROMAINES DANS LE SUD-EST DE
L'ANGLETERRE**

CHAPITRE 21

DISTRIBUTION SPATIALE DES TCA DE REMPLOI DANS LE SUD-EST DE L'ANGLETERRE

CHAPITRE 22

POSITIONNEMENT DES TCA DANS LA MAÇONNERIE

CHAPITRE 23

PROPOSITIONS D'INTERPRETATION DES RAISONS DU REMPLOI

ENGLISH SUMMARY

Dans cette partie est étudié le mode d'utilisation des TCA en général, et des *spolia* en particulier, dans l'architecture du haut Moyen Age. L'étendue du phénomène de remploi d'un point de vue chronologique et géographique sera analysée et le positionnement des TCA dans la maçonnerie sera examiné. Enfin, on tentera de proposer des interprétations au phénomène de remploi.

Pour les deux premiers chapitres de cette étude, l'intérêt s'est porté sur les églises anglo-saxonnes et saxo-normandes du sud-est de l'Angleterre, pour lesquelles l'origine antique des céramiques architecturales est quasi-assurée, contrairement à l'incertitude qui affecte l'origine des TCA des sites du haut Moyen Age en France. En effet, en Angleterre, de nombreux indices archéologiques indiquent une origine romaine pour les TCA employées dans les constructions anglo-saxonnes. Il s'agit en particulier de la présence de traces de mortier de tuileau rose soit adhérant aux briques, soit utilisé en blocs comme moellons ; l'utilisation de tuiles de toiture entières ou fragmentaires détournées de leur fonction première (Ryan, 1996, 21 ; Potter, 2001, 123) ; un agencement le plus souvent aléatoire, irrégulier indiquant une utilisation opportune du matériel disponible. D'autre part, les résultats des datations physiques présentés dans cette thèse ont montré que tous les sites anglo-saxons étudiés ont eu recours à la pratique de remploi de vestiges romains, tandis qu'en France, les deux pratiques semblent avoir eu cours : la récupération de céramiques architecturales romaines et la fabrication contemporaine. Ainsi, en extrapolant et généralisant ce phénomène, il peut être assez globalement considéré que toutes les TCA visibles dans les édifices anglo-saxons constituent des remplois antiques. Il a donc été choisi, pour cette partie, de restreindre l'étude à l'évolution chronologique et la répartition spatiale des édifices à TCA du sud-est de l'Angleterre uniquement, dans la mesure où le cas français nécessiterait une étude plus approfondie et un examen individualisé pour chaque site de l'origine du matériel.

Ont été retirés de l'étude des édifices dont l'origine des TCA est sujette à controverse tel que Chipping Ongar ou autres sites à TCA non classées ou non identifiées par P.Ryan (1996), W.Rodwell & K.Rodwell (1977) ou P.Drury (1981) ou au cours de ce travail de recherche.

La totalité du recensement de l'ensemble des sites religieux anglo-saxons ayant eu recours à l'emploi de terres cuites architecturales aujourd'hui visibles dans la maçonnerie a été réalisée à partir d'observations acquises sur le terrain, complétées par :

- des informations fournies par les descriptions des *Royal Commission of the Historical Monuments of England* (RCHME) pour chaque comté ;
- celles proposées par les compte-rendu des *Victoria History of the Counties of England* (VHC) ;
- les listes proposées par les Records Office de ces comtés ;
- les données de l'inventaire établi par Taylor et Taylor dans les années 1960 et 1970 ;
- celles recueillies à partir des ouvrages par région de : *The Buildings of England*, publiés sous la direction de Pevsner, dans les années 1950 et 1960 ;
- des études locales telles que des monographies de sites, des rapports archéologiques, etc. ...

Les sites qui n'ont pas fait l'objet de visite au cours de ce doctorat correspondent à des édifices dont l'utilisation des TCA est qualifiée de sporadique par ces sources antérieures.

ETENDUE CHRONOLOGIQUE DU REMPLIO DE TCA ROMAINES DANS LE SUD-EST DE L'ANGLETERRE

L'objectif de ce chapitre vise à examiner l'évolution de remploi des TCA romaines au haut Moyen Age et au-delà de cette période.

On se propose de considérer ici que les églises anglo-saxonnes toujours en élévation sont globalement assez représentatives de celles qui existaient à la période pré-Conquête. Le problème de représentativité affecte moins les édifices normands qui ont majoritairement survécu au cours des siècles. En effet, la Conquête Normande a été la dernière invasion qu'a connue l'Angleterre et, contrairement aux constructions de leurs prédecesseurs saxons, les bâtiments des Normands n'ont pas fait l'objet de destructions ultérieures délibérées et systématiques. Compte tenu de ce critère de représentativité, la comparaison quantitative entre les édifices des deux périodes considérées devient un exercice délicat. Un autre aspect à prendre en considération est la différence de densité des édifices de chacune des périodes dans le paysage monumental. L'effectif normand est en effet bien supérieur à celui anglo-saxon. Cela procède non seulement du fait qui vient d'être évoqué, mais aussi du mouvement de renouveau architectural lié à la volonté normande de réaffirmer l'observance religieuse dans le nouveau territoire conquis. Ce mouvement a eu pour effet de favoriser l'implantation d'un grand nombre de nouvelles églises et la reconstruction d'édifices religieux préexistants.

Ensuite, l'état dans lequel sont parvenus ces édifices et qui sont abordés aujourd'hui est rarement celui d'origine, leurs conditions actuelles reflétant leur histoire et leur évolution architecturale passée, en partie postérieures à la période d'intérêt. Plusieurs autres paramètres peuvent biaiser ce travail de recherche. Tout d'abord, l'enduit qui recouvre le plus souvent l'intérieur des édifices, et parfois leurs murs extérieurs (Kerr & Kerr, 1983, 31), empêche d'avoir accès à l'objet d'étude. D'autre part, les multiples reprises de construction modifient la perception de l'édifice d'origine; en particulier, des fenêtres ou portes ont pu disparaître de manière irréversible sous des ouvertures ultérieures; des chaînages d'angle ont également pu être détruits ou englobés lors de l'adjonction d'un nouveau module architectural du bâtiment, telle une tour, ou par l'extension d'une partie de l'édifice. Enfin l'étude de l'évolution de la quantité de briques employées dans les maçonneries du haut Moyen Age est également altérée par la diminution progressive du matériel romain disponible, proportionnelle à son utilisation dans les édifices antérieurs à la Conquête normande. Bien qu'il soit périlleux, en raisonnant sur un corpus aléatoire, de transposer des conclusions, elles peuvent cependant être utilisées pour mieux interpréter des monuments susceptibles de rejoindre ce corpus. Ainsi, pour cette étude, si on accepte les attributions chronologiques proposées par nos prédecesseurs et la représentativité quantitative et qualitative des édifices subsistants pour leur époque, certaines hypothèses peuvent être soulevées à la lumière des observations menées sur l'évolution de l'utilisation de la brique dans les églises du sud-est de l'Angleterre.

Les données quantitatives traitées ci-après procèdent de la synthèse des études et des inventaires mentionnées ci-dessus. La liste des sites concernés est présentée en annexe.

Il ressort qu'en East Anglia (définissant ici le Norfolk et le Suffolk, le Cambridgeshire et l'Essex étant traités à part) sur les 177 sites recensés, 15% des églises anglo-saxonnes et seulement 2% des édifices normands semblent faire usage de briques de remploi dans leurs maçonneries (fig.171a). L'ensemble de ces édifices constitue uniquement 6% de la totalité des églises anglo-saxonnes (33%) et normandes (67%) (Page, 1901 ; Page, 1902 ; Pevsner, 1962; Taylor & Taylor, 1965; Davison, 1990; Batcock, 1991; Rogerson *et al.*, 1987).

Dans le Cambridgeshire, sur les 36 églises du haut Moyen Age (dont 6 anglo-saxonnes) recensées par le VHC (Salzman, 1938-2002), le RCHME (1959), Taylor & Taylor (1965) et Pevsner (1970), aucune ne semble avoir remployé de briques romaines.

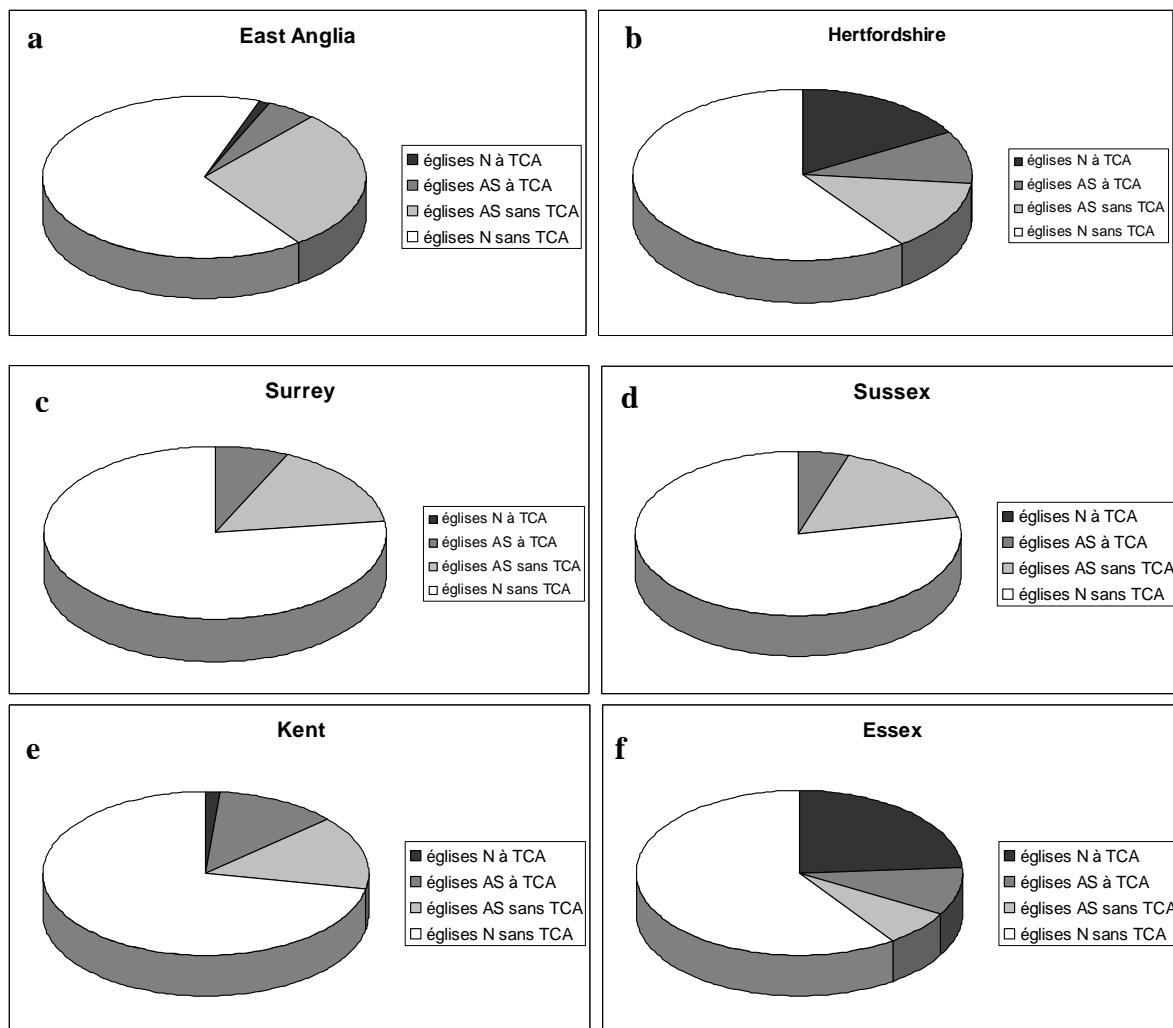
L'Hertfordshire possède 8 sites à briques sur les 30 recensés, parmi lesquels 3 sont saxons (sur 7 au total) et 5 sont normands (sur 23) (fig.171b) (RCHME, 1911 ; Page, 1902-37 ; Pevsner, 1953; Taylor & Taylor, 1965).

Plus au sud, le Surrey ne compte que 3 sites à briques - tous anglo-saxons - sur les 44 sites recensés (fig.171c) (Malden, 1902-14 ; Taylor & Taylor, 1965; Nairn *et al.*, 1971).

Dans le Sussex, seulement 6 sites, tous anglo-saxons (26 appartiennent à cette période), sur les 127 églises recensées pour la période du haut Moyen Age ont eu recours à l'utilisation de briques (fig.171d) (Page, 1905 ; Nairn & Pevsner, 1965; Taylor & Taylor, 1965).

Il semblerait que 45% des églises saxonnnes (qui constituent 27% des églises du haut Moyen Age) du Kent présentent des briques dans leur maçonnerie, contre 2% seulement des édifices normands (73% de l'ensemble des édifices). Au total (150 édifices recensés), quelle que soit la période considérée, ces édifices à briques représentent seulement 13% de l'ensemble des églises (fig.171e) (Page, 1908-74 ; Taylor & Taylor, 1965 ; Newman, 1969a ; Newman, 1969b).

Enfin, les édifices à briques constituent 1/3 de l'ensemble des églises normandes et anglo-saxonnes en Essex (au total, 129 sites recensés) (fig.171f ; RCHME, 1916-23; VCH, 1903; Pevsner & Radcliffe, 1965; Taylor & Taylor, 1965). Pour ce comté, une étude plus détaillée a été engagée dans les années 1990 par Pat Ryan. Dans son recensement minutieux des églises d'Essex présentant des remplois de TCA romaines dans leurs maçonneries, P.Ryan (1996, 97-107) comptabilise 10 églises anglo-saxonnes, 25 églises saxo-normandes, 9 normandes, 97 attribuées au XII^e siècle, parmi lesquelles cependant 20 sont peut-être à réattribuer à la fin de la période saxonne, 36 églises du XIII^e siècle présentent des remplois romains, 39 pour le XIV^e siècle, 11 au XV^e siècle, deux seulement au XVI^e siècle, aucune aux XVII^e et XVIII^e siècles, et enfin, deux sont attribuées au XIX^e siècle. On remarque une utilisation croissante du remploi de TCA jusqu'au XII^e siècle, qui voit l'apogée du phénomène. Au cours des siècles suivants, la pratique, bien que non négligeable, diminue progressivement jusqu'à sa disparition totale semble-t-il à partir du XVI^e siècle (fig. 172). Plusieurs événements contribuent à justifier cette évolution. D'une part, à partir du milieu du XII^e siècle, on assiste à un changement stylistique dans lequel l'utilisation de la brique disparaît au profit de l'emploi de la pierre dans les éléments structurels de la maçonnerie (Ryan, 1996). Ce critère est confirmé dans l'étude du mode d'utilisation des TCA (cf chap 3).



Figures 171 a, b, c, d, e et f : Distribution par comté des églises du haut Moyen Age, avec ou sans remploi de TCA romaines (AS fait référence à la période anglo-saxonne ; N à la période normande).

D'autre part, la diminution progressive à partir du XIII^e siècle, jusqu'à l'absence totale de matériaux identifiés comme romains par P.Ryan à partir du XVI^e siècle, s'explique aussi par l'émergence simultanée de nouvelles productions de TCA au Moyen Age et aux développements successifs de divers types de briques : les « great bricks » tout d'abord, production locale et ponctuelle du XIII^e siècle ; les briques flamandes, ensuite, aux XIII^e et XIV^e siècles ; un style intermédiaire au XV^e siècle ; le style Tudor aux XVI^e et XVII^e siècles, et enfin, l'apparition de la brique moderne. Cette diminution de remplois romains a également été observée par Stocker et Everson (1990), pour les pierres utilisées dans la construction d'édifices religieux dans le Lincolnshire. Ils remarquent en effet que l'emploi de pierres romaines est fréquent dans les églises de la fin du X^e, XI^e et XII^e siècle, notamment sur les sites à proximité de voies de communication. Ce remploi semble tomber en désuétude à partir du XIII^e siècle, époque à laquelle, les pierres du XI^e siècle servent à leur tour de remplois (Stocker & Everson, 1990). Enfin, concernant les TCA romaines, leur présence observée dans des édifices du XIX^e siècle peut s'expliquer par la restauration d'édifices du haut Moyen Age dans lesquels il était déjà fait emploi de *spolia* antiques, ceux-ci ayant dû être de nouveau réemployés au cours de la reprise de construction moderne, comme ce fut sans doute le cas

pour l'église de Ramsden Crays, reconstruite en 1871, pour celle de Rivenhall (dont l'édifice d'origine est attribué au X-XI^e siècle, établi sur une villa romaine), restaurée en 1838 en Essex, ou encore pour St Mary-sub-Castro à Dover (église anglo-saxonne adjacente à un phare romain), dans le Kent, restaurée en 1860-62 (fig.173a).

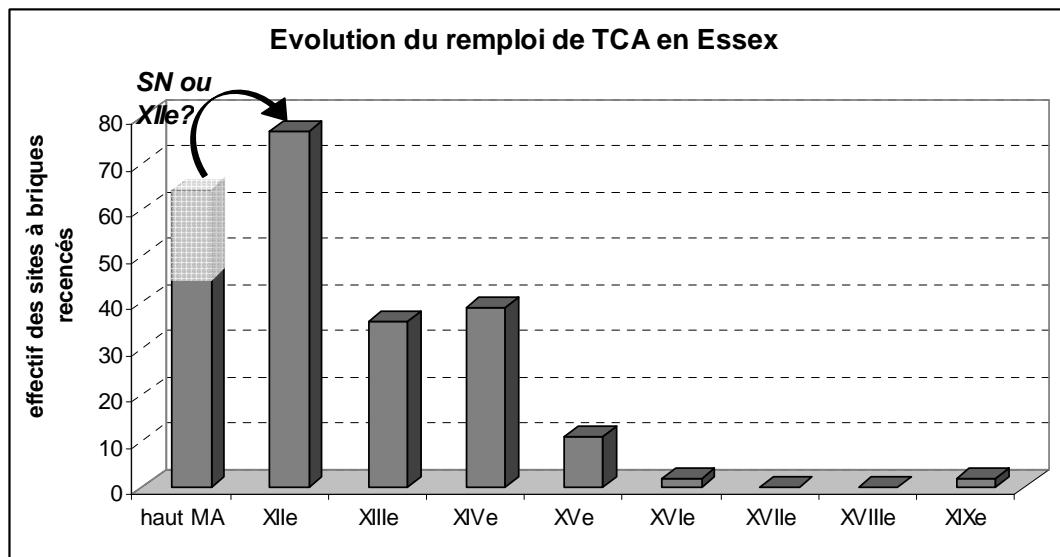


Figure 172 : Distribution au cours du temps des églises à TCA romaines en Essex de l'époque anglo-saxonne à nos jours (l'attribution de 20 des sites recensés oscille entre l'époque saxo-normande (SN) et le XII^e siècle selon les auteurs).

Ainsi, pour résumer, l'Essex et l'Hertfordshire ont considérablement recours au remploi de TCA dans leurs édifices anglo-saxons, mais comptabilisent surtout une majorité de « sites à briques » à l'époque normande. En Hertfordshire, l'exemple qui illustre le mieux le phénomène est la construction de la cathédrale normande de Saint-Albans (fig.173b), qui a fait un usage considérable des matériaux de construction des vestiges de la cité romaine de *Verulamium* (Greenhalgh, 1989, 149).

Le Kent, ainsi que, dans une moindre mesure, l'East Anglia, le Sussex et le Surrey voient une utilisation privilégiée des TCA romaines à l'époque anglo-saxonne, pratique qui semble tomber en désuétude après la Conquête.

Le remploi a donc surtout été favorisé ou pratiqué de manière plus systématique avant la Conquête. Les éléments architecturaux habituellement sujets à l'emploi de briques dans la période saxonne, tels que les chaînages d'angle, sont désormais le plus souvent érigés en pierre dans les édifices normands, et surtout à partir du XII^e siècle, comme on peut le voir en Essex. D'autre part, la majorité des églises normandes appartiennent à l'élan de renouveau architectural (Potter, 2001, 131), et dans cette optique, il est possible que, pour des constructions *ad nihilo*, on ait eu recours à des matériaux « frais », neufs. Enfin, l'utilisation des TCA romaines dans les édifices post-Conquête peut aussi s'expliquer par le fait que certains succèdent à des églises saxonnnes, dont ils peuvent réemployer les matériaux. Par conséquent, des céramiques architecturales romaines peuvent faire l'objet de multiples remplois dans différents édifices. De plus, les premiers édifices normands à briques ont pu

être érigés par des maçons anglo-saxons, expliquant la perpétuation de cette pratique de remploi.



Figures 173 : vue nord-ouest de l'église Saint-Mary-sub-Castro et du phare romain à Dover (Kent) (a) ; bras nord du transept de la cathédrale de Saint-Albans (Hertfordshire) (b).

DISTRIBUTION SPATIALE DES TCA DE REMPLOI DANS LE SUD-EST DE L'ANGLETERRE

La démarche de cette étude vise à comprendre la logique de répartition des édifices ayant eu recours au remploi de TCA antiques dans leurs maçonneries dans le sud-est de l'Angleterre au haut Moyen Age, afin de proposer une interprétation des raisons ayant commandées ce choix architectural.

I- Matériel et méthode

I-1) Matériel d'étude : sites religieux anglo-saxons à TCA

Les sites qui ont été intégrés à cette étude sont les églises anglo-saxonnes ou saxo-normandes du sud-est de l'Angleterre. Les données relatives à 214 sites ont ainsi pu être collectées, pour une surface de 26880 km² environ, recouvrant l'ensemble des comtés du Kent, de l'Essex, du Norfolk et du Suffolk, du Cambridgeshire, de l'Hertfordshire, du Surrey et enfin, du Sussex (fig.174). Ces informations proviennent de la synthèse des recensements cités au début de cette partie.



Figure 174: Carte de localisation des églises prises en compte dans cette étude.

La liste des édifices dont est issue l'étude archéologique est présentée en annexe.

I-2) Paramètres d'étude : Quantification relative de l'usage des TCA

L'objectif de ce travail est d'analyser la répartition spatiale des édifices à brique. Il s'avère donc nécessaire de quantifier le paramètre du mode d'utilisation des TCA.

Parmi les divers usages de ce matériau, on distingue trois cas : l'absence de matériau ; l'utilisation sporadique, erratique ou ponctuelle et l'utilisation réfléchie et préméditée du matériau, lorsque celui-ci est utilisé en grande quantité et de façon organisée et homogène, et dans la réalisation d'éléments architectoniques. L'utilisation « sporadique » des TCA peut être définie comme erratique, hasardeuse, aléatoire ; les TCA sont alors employées individuellement et en nombre très limité. On les retrouve ponctuellement dans la maçonnerie, sans intention de former une structure architecturale particulière ; la fonction première de la brique n'est alors pas prise en compte et peut être même détournée (c'est le cas notamment des *tegulae* ou *imbrices* utilisées comme simple moellon). Par utilisation « choisie », « anticipée », on entend un emploi des TCA réfléchi, organisé ; les briques sont alors utilisées en conjonction avec d'autres TCA ou matériaux de construction ; elles sont alors utilisées en grande quantité dans le but de former un élément architectural. L'utilisation des TCA est alors préméditée. En fonction du nombre et de la diversité des structures architecturales y ayant recours, une valeur quantitative arbitraire a été proposée pour caractériser l'emploi de TCA pour chaque site. La définition de ces indices est en partie subjective puisqu'elle ne repose sur aucun traitement statistique mais ce choix est admissible si l'on prend en considération que seule la valeur relative des indices intéresse. Ainsi, à l'absence du matériau dans la maçonnerie, a été attribuée une valeur équivalente à 0 ; à l'utilisation sporadique de ces matériaux correspond la valeur 1 (correspondant à une utilisation mineure de la brique) et à l'utilisation choisie, anticipée, la valeur 2.

De la même façon que dans le chapitre précédent, on se propose de considérer ici que les vestiges qui sont parvenus renvoient globalement une image représentative du paysage architectural saxon passé.

I-3) Traitement des données archéologiques : le Système d'Information Géographique

Ce travail vise à cartographier le mode d'utilisation des terres cuites architecturales. Cela consiste donc à réaliser une carte de la distribution des indices de quantité de TCA réemployées. L'outil qui a semblé le plus propice et le plus pertinent à la réalisation de ce travail est le Système d'Information Géographique (SIG) et notamment son logiciel : *ArcGIS*. Les coordonnées géographiques de chaque site ont été calculées avec le logiciel ESRI. Une fois géoréférencées, les données archéologiques ont ensuite été traitées par le SIG.

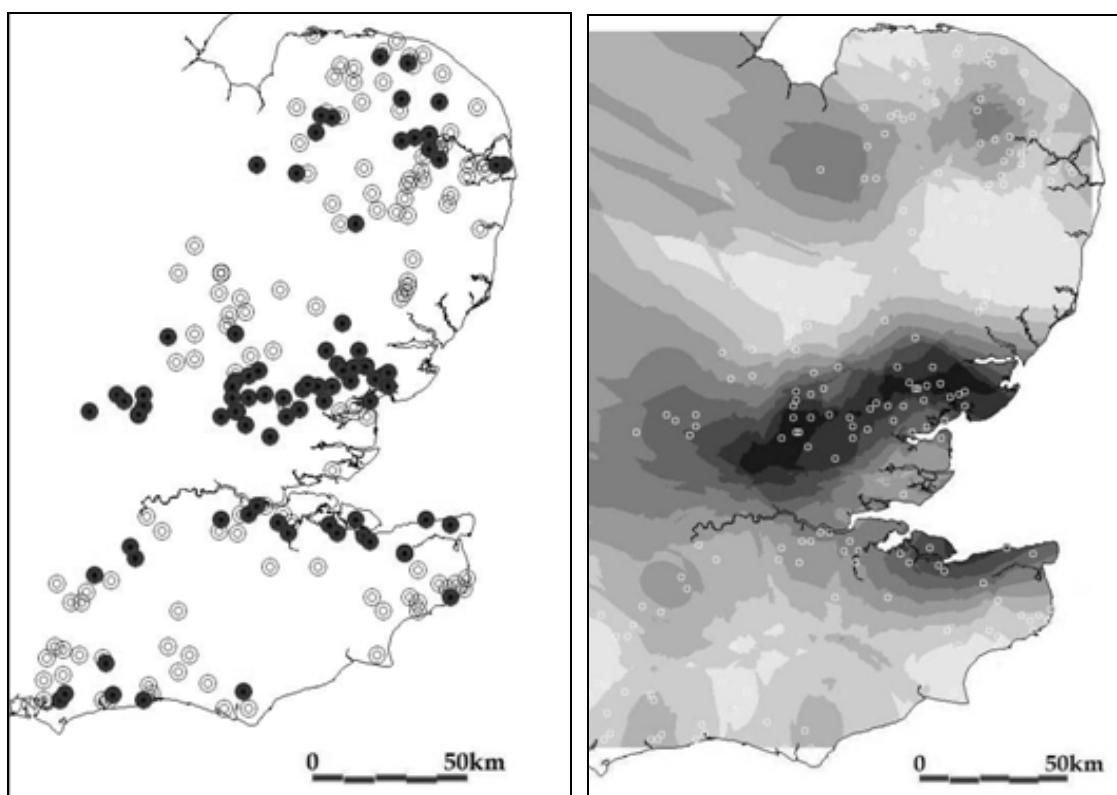
L'objectif est de typer la carte à l'aide du SIG afin de mettre en valeur l'homogénéité ou non de la répartition spatiale des données. Les variables archéologiques sont des données ponctuelles et, afin de pouvoir comparer la distribution spatiale de celles-ci avec celle de d'autres paramètres spatiaux, une méthode d'interpolation a été choisie, l'effectif élevé et la distribution homogène de ces paramètres autorisant à pondérer les grandes tendances spatiales et l'importance du phénomène analysé (Gaudin, 2004).

Pour ce faire, on a eu recours à la méthode d'interpolation par krigage, proposée par le logiciel ArcGIS. Le krigage ponctuel est basé sur la réalisation d'un variogramme empirique mettant en relation la variance et la distance entre les couples de points et est suivi d'une interpolation à partir de fonctions modélisées obtenue à partir du variogramme.

Cette dernière méthode est relativement efficace pour extrapoler les données puisqu'elle permet une bonne estimation de la fonction à l'extérieur du réseau des points de mesure.

I-4) Résultats : distribution spatiale des édifices à TCA romaines

Pour cette étude, on a donc choisi de représenter, d'une part la distribution ponctuelle des sites saxons en différenciant ceux présentant l'utilisation de briques de ceux n'y ayant pas recours (fig.175a) et d'autre part, l'interpolation du mode d'utilisation des TCA (fig.175b) sur l'ensemble de l'aire géographique étudiée. L'analyse de ces cartes révèle que la zone la plus touchée par le phénomène de remploi se situe en Essex. En effet, non seulement la densité d'églises anglo-saxonnes à briques y est plus élevée, mais en plus, l'utilisation qui y est faite est quantitativement plus importante, donc l'indice du mode d'utilisation y est généralement plus élevé que dans les régions avoisinantes.



Figures 175 a & b : Cartographie des données archéologiques : Cette étape consiste en la représentation spatiale par le SIG du mode d'utilisation des TCA. Localisation des sites à briques (en noir) et des sites sans briques (blancs) (a) ; interpolation de la distribution spatiale du phénomène de remploi de TCA romaines dans les édifices du haut Moyen Age (b).

II) Analyse des variables qui ont spatialement influencé le remploi

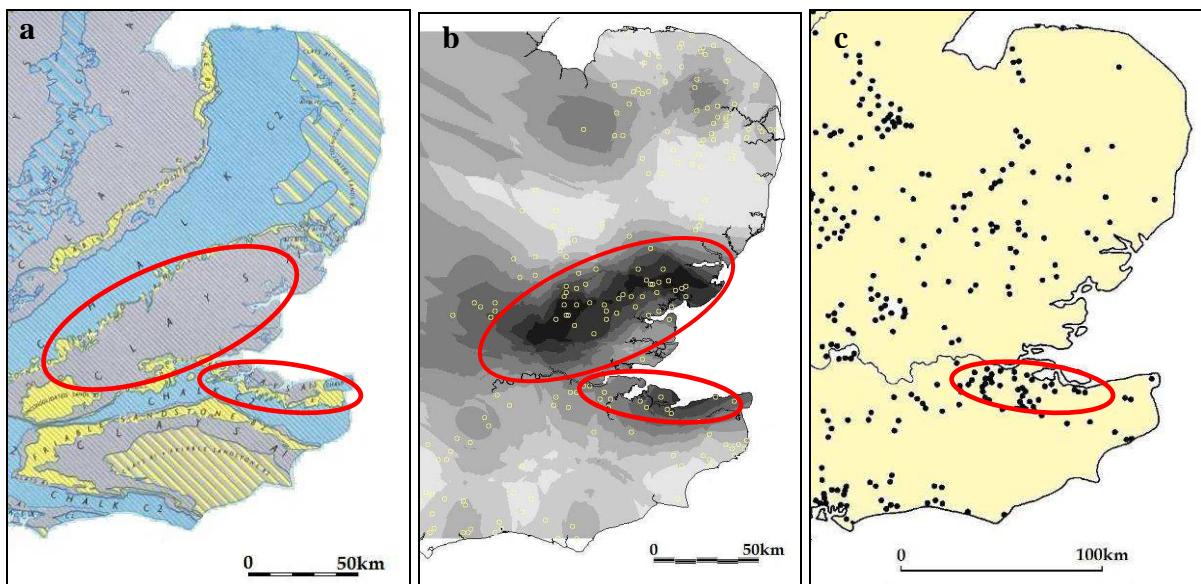
On cherche ici à définir une correspondance, un lien de cause à effet entre la répartition spatiale particulière des données archéologiques, la géologie locale et l'événement archéologique antérieur responsable de celle-ci (la présence d'argile et l'implantation humaine romaine respectivement). L'objectif ici est de tenter une interprétation logique du mode d'utilisation des TCA en juxtaposant les différents types de répartition.

Les zones qui ont le plus recours au remploi sont l'Essex et le nord du Kent (fig.176b), régions où l'on trouve peu de pierres d'assez bonne qualité pour la construction, tandis que l'argile y est largement répandue (fig.176a). D'autre part, le nord du Kent est également la région où l'implantation romaine fut la plus dense (fig.176c). Ainsi, on peut logiquement imaginer que, dès l'époque romaine, les maçons favorisèrent la production (de routine pour eux) et l'utilisation de la brique, ce qui explique qu'aux périodes suivantes, les *spolia* disponibles ont dû être présents en plus grande quantité que dans des régions où la pierre de construction était largement disponible et où les bancs d'argile se faisaient plus rares (Potter, 2001, 126). Le fait qu'en Essex il n'y ait pas de pierre locale de bonne qualité pour la construction peut également expliquer la perpétuation de l'emploi de briques dans les chaînes d'angle notamment, notamment par les maçons normands, bien qu'ils aient été réputés pour leurs qualités de bâtisseurs et surtout pour leur enclin envers la pierre de taille telle que le tuffeau (d'ailleurs on peut généralement distinguer les chaînages normands de ceux saxons par la mise en œuvre plus régulière et homogène des matériaux).

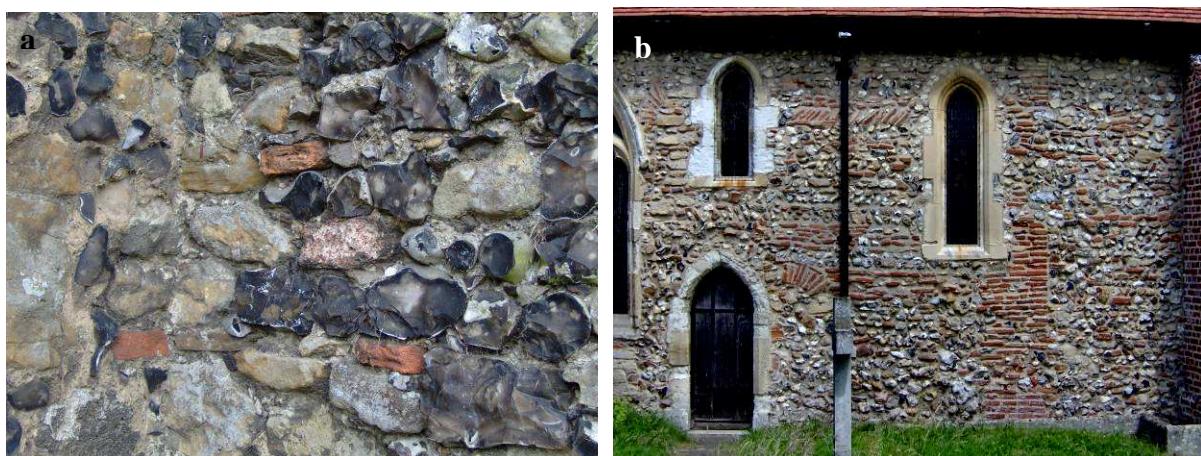
En revanche dans le Kent, la pierre de bonne qualité pour la construction est également facilement disponible, ce qui peut expliquer qu'à l'époque normande, l'emploi des *spolia* romains devient quasi-inexistant (cf chap. précédent). Le cas échéant, la brique n'était plus utilisée dans les parties structurelles critiques telles que les ouvertures et les chaînages d'angle mais désormais plutôt ponctuellement et de manière erratique parmi les moellons.

Le corollaire est probablement vrai pour le Norfolk, où l'absence générale d'argile et la présence prépondérante de silex favorisent l'emploi préférentiel de ce dernier.

Dans le cas des deux régions du Surrey et du Sussex, bien que l'argile soit relativement disponible pour la production de briques, il y a également en contrepartie une quantité non négligeable et une certaine variété de pierre de plus ou moins bonne qualité pour la construction. C'est pourquoi, bien que l'on puisse trouver quelques édifices avec des briques de remploi, ceux-ci restent minoritaires dans ces régions (cf chap. précédent).



Figures 176 : comparaison de la distribution des édifices à *spolia* (b) (au centre), avec la carte géologique (a) : à gauche, les zones qui apparaissent en violet correspondent aux roches argileuses ; en bleu, aux roches calcaires et en jaune, aux grès et sables (d'après Bickmore and Shaw, 1963) et la distribution spatiale des villas brito-romaines (c) dans le sud-est de l'Angleterre (d'après Millet, 1990).



Figures 177 : mur nord de la nef de l'église Holy Trinity, de Milton Regis (Kent) : utilisation aléatoire et sporadique de la brique (a) (on voit également au centre de l'image un fragment d'*opus signanum* utilisé comme élément de remplissage) ; mur sud du chevet, White Notley (Essex) : utilisation prémeditée de TCA dans les éléments architectoniques (b).

POSITIONNEMENT DES TCA DANS LA MAÇONNERIE

Cette étude vise à examiner quelles structures de la maçonnerie ont le plus eu recours à l'utilisation des TCA, ce quelle que soit leur origine, dans les édifices du haut Moyen Age du sud-est de l'Angleterre et du nord-ouest de la France.

Le mode d'utilisation des terres cuites peut être regroupé en quatre catégories, lesquelles peuvent être combinées. Ces matériaux peuvent être employés sous forme de **moellons noyés** dans le mortier, de façon sporadique, erratique (fig.177a) ou au contraire de manière plus fréquente et en grande quantité (fig.177b). Pour les édifices anglo-saxons, il est fréquemment fait emploi de briques empilées pour structurer et renforcer les **chaînages d'angle** (Smith, 1996), associés parfois à des grosses pierres d'angle ou des silex (fig.178a). Dans les deux pays, les briques sont aussi souvent utilisées comme **claveaux des arcs** (fig.178b) ou dans les **piédroits des ouvertures** (Smith, 1996). Enfin, les briques peuvent être employées pour former des niveaux horizontaux dans le mur, qu'il s'agisse d'**arases droites** placées à intervalles plus ou moins réguliers sur un ou plusieurs rangs, continus ou interrompus (fig.179a, b & c), ou en **arêtes de poisson**, agencement sur un angle de 45° environ, celui-ci présentant différentes variantes : à double rang symétrique ou à un seul, plus ou moins consistant (fig.180a & b). Il n'a été répertorié aucun édifice entièrement réalisé à l'aide de terres cuites réemployées pour cette période.



Figures 178 a & b : briques employées dans les chaînages d'angle : Saint-Mary-the-Virgin, Houghton-on-the-Hill (Suffolk) ; briques utilisées comme claveaux : portail sud de l'église Saint-Mary-sub-Castro, Dover (Kent).

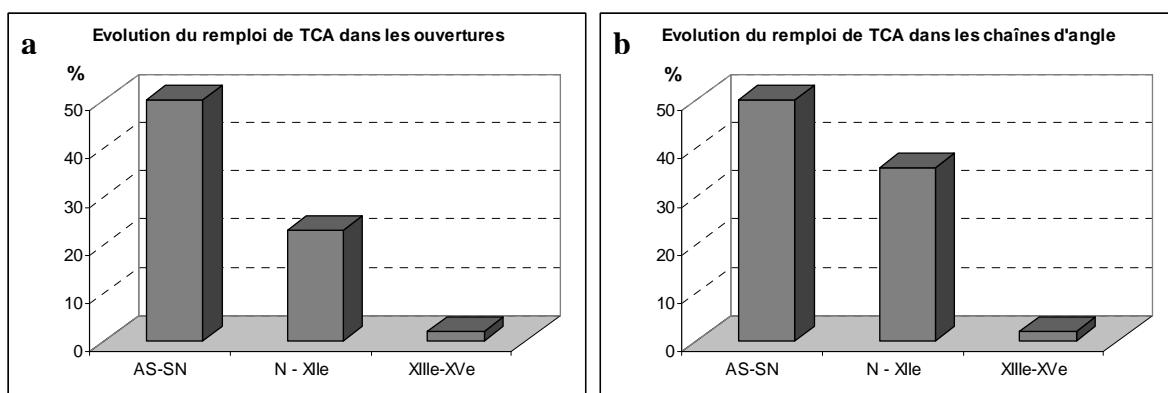


Figures 179 : briques utilisées en arases : mur sud de la nef, Vieux-Pont-en-Auge (Normandie) (a); mur sud de la tour d’Holy Trinity, Colchester (Essex) (b); mur nord de la nef d’Ingatstone (Essex) (c).



Figures 180: utilisation de TCA en *opus spicatum* dans la maçonnerie du mur nord de la nef, Colne Engaine (Essex) (a) et dans le mur sud du chevet de l’église de Lower Halstow (Kent) (c).

Si l'on reprend l'étude de P.Ryan sur les édifices religieux à brique d'Essex, région non pas forcément la plus représentative, mais la mieux illustrée pour ce propos, il apparaît que les TCA romaines sont le plus souvent réemployées comme moellons dans la maçonnerie, quelle que soit la période considérée (Ryan, 1996, 97-107). Pour les édifices saxons (comprenant les édifices pré-Conquête et saxo-normands), 100% ont recours au remploi de TCA comme moellons, contre 50% dans les chaînages d'angle (fig.181a) et 50% dans les ouvertures (fig.181b). Pour la période post-Conquête (normande et XII^e siècle), là encore, 100% des édifices remploient les TCA dans la maçonnerie, 36% dans les chaînages d'angle et 23% seulement dans les ouvertures. Il est à rappeler, comme il l'a été souligné précédemment, que le XII^e siècle voit l'apparition de l'utilisation privilégiée de la pierre dans les éléments architectoniques (arcs, chaînes d'angle...) plutôt que des céramiques architecturales. Entre les XIII^e et XV^e siècles (inclus), 99% des sites à briques possèdent des remplois en moellons, 2% seulement dans les chaînages d'angle et 2% dans les ouvertures. Au-delà, le remploi de céramiques architecturales antiques devient quasi-inexistant (deux sites seulement au XVI^e siècle et deux sites du XIX^e siècle ont été recensés par Ryan réemployant des *spolia* romaines), mais lorsqu'il est présent, il l'est uniquement sous forme de moellons. De plus, avec le temps, les chances de s'approvisionner en TCA romaines intactes s'amoindrissent, celles-ci étant désormais plutôt dans un état fragmentaire, expliquant l'évolution progressive et prépondérante dès le XII^e siècle de leur emploi sous forme de moellons sporadiques et erratiques, souvent noyés dans un mortier (Ryan, 1996, 97-107). L'utilisation restreinte des TCA sous cette forme est surtout fréquente dans les régions où l'argile est peu abondante et la présence du produit fini par conséquent plus rare. C'est le cas notamment dans le Norfolk.



Figures 181 a & b : Evolution au Moyen Age du mode d'utilisation des TCA romaines dans la maçonnerie. AS, SN et N font respectivement référence aux périodes anglo-saxonne, saxo-normande et normande. (données issues du recensement fait par Ryan, 1996)

On remarque ainsi que les briques sont principalement utilisées dans la construction des parties de la maçonnerie qui requièrent le plus de support structurel. C'est le cas des chaînes d'angles, structure essentielle au bon maintien de la construction par leur fonction d'armature, qui contrecarre les forces de poussée de deux murs (pour éviter qu'ils ne s'affaissent). Les qualités fonctionnelles des briques sont aussi particulièrement appréciées dans la formation des arcs, non seulement parce qu'elles permettent d'assurer le maintien des ouvertures qui constituent une faiblesse dans la maçonnerie, mais aussi parce qu'elles permettent l'obtention

d'une courbure précise et lisse, difficilement réalisable avec des moellons de pierre. D'autre part, tous les points de rupture dans les structures sont soignés et des renforts horizontaux sont ajoutés dans le mur (en arases ou en arête de poisson) afin de faire face aux risques de fissuration qu'implique l'utilisation d'un matériau de faibles dimensions. Les lits de briques peuvent être utilisés pour contrôler le niveau, pour lier les deux faces du mur ou indiquer les intervalles entre des niveaux successifs d'échafaudage (comme le montrent les traces de trous de boulins). Il a également été dit qu'ils pouvaient servir à marquer une journée de travail (Adam, 1989), cette dernière spéulation n'étant cependant pas unanime (Araguas, *comm.pers.*). La brique est donc employée dans le bâtiment pour ses possibilités architecturales (Potter, 2001, 126). L'emploi de briques en arase est moins fréquent dans les constructions anglo-saxonnes que dans celles du nord-ouest de la France. Peut-être la qualité du mortier anglo-saxon suffisait-elle à assurer les maçons du bon maintien de leurs murs, et peut-être préférait-on économiser les briques recyclées en les destinant aux parties plus délicates de la maçonnerie.

Si l'utilisation se fait essentiellement de manière fonctionnelle (dans les chaînages d'angle, dans les ouvertures ou les arcs) au haut Moyen Age (Ryan, 1996, 17), on observe également parfois, mais relativement rarement, l'emploi de TCA pour répondre à une fonction décorative. Elles sont alors utilisées pour former des impostes (de section rectangulaire ou à degrés pour l'époque anglo-saxonne) comme on peut le voir à Holy Trinity à Colchester, pour composer des arcatures aveugles, comme c'est le cas pour les étages supérieurs de la tour d'Holy Trinity à Colchester, en sourcil d'arc, à White Notley (fig.177b), par exemple, ou encore, en alternance avec des pierres pour jouer sur l'aspect polychrome comme on peut le voir à Condé-sur-Risle (Normandie) (fig.182d) ou à Boreham (Essex) (fig.182a).

PROPOSITIONS D'INTERPRETATION DES RAISONS DU REMPLACEMENT

Si l'origine du terme *spolia* est antique (« *spolium* » désigne une peau animale en latin), le concept lui-même est moderne (Brenk, 1987, 103). En effet, à l'époque antique, les objets réemployés sont généralement qualifiés de *redivida saxa* (« pierres renouvelées ») (Alchermes, 1994, 167). Le phénomène apparaît relativement tôt dans l'Empire romain. Il semblerait que ce soit l'Empereur Constantin qui, le premier, ait introduit les remplois dans l'architecture. Avant le IV^e siècle, la pratique, relativement ponctuelle, concerne surtout les provinces romaines dans le cadre de réparations (Wohl, 2001, 86). Le phénomène se généralise dès le IV^e siècle et se pratique désormais à Rome même (Brenk, 1987, 103), dans des monuments à la gloire de l'Empire. Les sources documentaires concernant la législation de la pratique sont nombreuses à l'époque antique dans le domaine impérial romain (Alchermes, 1994, 168-9). Elles sont plus rares pour les périodes qui suivent. On sait seulement que Charles III a fait reconstruire les murs de Langres en 887, que Philippe le Bon a dérobé des pierres de construction de l'enceinte de Dijon et le Duc Jean de Berry, celles de l'enceinte de Bourges (Adhémar, 1939, 116 ; Greenhalgh, 1989, 52). Un autre exemple est la demande de permission écrite de l'archevêque de Reims à l'Empereur Louis le Pieux, d'utiliser les pierres du vieux mur romain pour la reconstruction de la cathédrale (Du Colombier, 1973, 18). Cependant, aucun de ces textes ne clarifie les intentions de ces récupérations (Brenk, 1987, 103). Le seul recours est donc d'en proposer des interprétations hypothétiques à partir des symboles visuels que constituent les artefacts, afin de mieux appréhender la signification de cette pratique.

I) Choix esthétiques

Avant de réfléchir sur la notion d'esthétique dans le choix d'utilisation de la brique, il convient de s'interroger dans un premier temps sur la visibilité de ce matériau dans la construction. En effet, l'état dans lequel sont parvenus les édifices du haut Moyen Âge ne correspond pas toujours à celui dans lequel ils se présentaient à l'origine. En particulier, les murs de ces édifices, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, étaient le plus souvent recouverts d'enduit (Kerr & Kerr, 1983 ; Sapin, 2006), celui-ci ayant par la suite plus ou moins disparu. Les briques que l'on peut voir aujourd'hui n'étaient donc pas forcément exposées comme le révèle l'exemple du château de Mayenne (Sapin *et al.*, 2008, 23) où l'examen des briques-claveaux a montré que ceux-ci étaient vraisemblablement cachés sous un enduit. Dans de tels cas, le rôle ornemental n'influe donc pas le choix de ce matériau (Baylé, 2004, 35). Cependant, le soin apporté à l'agencement de briques en claveaux dans les arcs et l'effet polychrome créé par l'alternance avec des claveaux de pierre tendent à supposer que dans d'autres cas, les briques devaient être destinées à être vues et devaient prendre part à un motif décoratif (Baylé, 2000, 12 ; Gaudreau, 2000, 22). Cet effet décoratif sans doute prémedité est visible notamment à Boreham (Essex) (fig.182a & b), Saint-Philibert-de-Grandlieu (Pays-de-Loire), Saint-Martin d'Angers, Vieux-Pont-en-Auge (fig.182c) ou encore Condé-sur-Risle (fig.182d) pour ne citer que ces exemples. Hormis l'esthétique polychrome, cette pratique

visait aussi probablement à contrefaire d'anciennes traditions décoratives architecturales comme celles de l'architecture romaine ou byzantine (Clapham, 1930, 16-54).

Cette idée est réaffirmée lorsque le matériau antique lui-même était réemployé, et surtout lorsque ces remplois étaient intégrés de façon visible dans la construction. La signification ostentatoire et symbolique de cette volonté iconique est développée dans le paragraphe suivant.



Figures 182 : Mur de jonction entre la nef et la croisée de l'église de Boreham (a) ; détail de l'arc à claveaux alternés (attribué à la phase anglo-saxonne de l'édifice par Taylor & Taylor, 1965) (b); tympan du portail sud du chevet de l'église de Vieux-Pont-en-Auge, désormais caché par la tour-clocher (c); tympan du portail sud de la nef de l'église de Condé-sur-Risle (d).

II) Volonté éthique

La notion de réappropriation iconique des objets romains par les hommes du haut Moyen Age peut trouver différentes justifications selon la période du remploi, le statut des hommes qui y ont eu recours et la manière dont les *spolia* ont été introduites.

II-1) Dé-paganisation du romain

Au cours de la période de conversion, la réappropriation d'objets romains par les hommes du haut Moyen Age et en particulier, par les religieux, peut prendre un caractère éthique si les objets ont été détournés de leur nature et fonction premières, comme cela a peut-être été le cas des TCA romaines réintroduites dans des constructions *a novo* au haut Moyen Age. L'objectif est alors de marquer le triomphe et la supériorité de la nouvelle ère chrétienne sur l'Antiquité païenne (Deichmann, 1976, 145). Les remplois antiques sont considérés comme des trophées de cette victoire. Cet argument concerne particulièrement la réutilisation d'édifices. Bien que cette théorie ne fasse plus l'unanimité, on a longtemps considéré que les églises du haut Moyen Age avaient été édifiées sur d'anciens lieux de culte païens (Sharpe, 1909), selon Eusebius, Constantin ayant lui-même autorisé la dilapidation de temples parce qu'ils étaient païens (Greenhalgh, 1989, 94). Il aurait s'agit de favoriser l'introduction de la nouvelle religion par une transition progressive et de marquer physiquement la victoire de la religion chrétienne sur les croyances païennes (Araguas, 2007, 351). Le remploi est donc ici interprété comme une dé-paganisation du matériel, une réappropriation afin d'affirmer la nouvelle autorité sur le paysage monumental. Dans son *Historia Ecclesiae*, Bède (I 30) fait mention d'un conseil du pape Grégoire à saint Mellitus concernant la réutilisation de temples pour les besoins chrétiens. Cette théorie est cependant à nuancer. En effet, des études récentes (Bell, 2005, 127) ont montré que la récupération de structures religieuses antiques (temples, églises, mausolées) était en fait minoritaire à l'époque anglo-saxonne. Les preuves suggérant la volonté de continuité de pratique religieuse entre site brito-romain et site anglo-saxon sont rares (Morris & Roxan, 1980 ; Greenhalgh, 1989, 94). En Angleterre, deux sites uniquement constituent des exemples de remplois de temples : il s'agit de l'église de Saint-Mary à Silchester (Hampshire) et de celle de Saint-Martin à Ancaster (Lincolnshire) (Bell, 2005, 77-78). Les cas de mausolées romains réemployés sont moins rares, on peut en particulier citer Saint-Martin de Canterbury, Stone-by-Faversham, Lullingstone, Folkestone dans le Kent et Wells (Somerset) (Bell, 2005, 80). L'adaptation de temple en église est une hypothèse à démythifier car elle est liée à un commentaire, pris en dehors de son contexte, de Sulpicius Severus (*Vita Martini*) qui rapporte que saint Martin, détruisant un autel païen, reconstruisait sur le champ une église ou un monastère (Knight, 1999, 199). En réalité, dans les rares cas de transformation de temple en église, celle-ci n'est pas immédiate, le passage de l'un vers l'autre étant généralement précédé d'une période d'abandon du premier (Greenhalgh, 1989, 94). En Angleterre, ce sont essentiellement des structures romaines séculières, et donc « neutres » (Greenhalgh, 1989, 95), qu'il s'agisse de forts, de villes ou de villas, qui sont utilisées pour les premières fondations du VII^e siècle (tel qu'à Reculver), ainsi que pour des églises tardives aux IX^e, X^e et XI^e siècles (Bell, 2005). L'implantation des premières églises à

l'intérieur de structures romaines maçonnées peut aussi s'expliquer par le fait que ces murs constituaient un cadre préconçu (Morris & Roxan, 1980, 191 ; Rodwell, 1984, 4-5) ou un mode de démarcation (Hunter, 1974, 36). Cette théorie de dé-paganisation est donc à considérer avec précaution.

II-2) Superstition

La théorie d'intentionnalité idéologique (Malinowski, 1922) se base sur le concept que des objets ou des structures peuvent acquérir une certaine valeur et évoquer des souvenirs à travers leur association avec les individus ou société qui les ont possédés. Cela est surtout vrai pour des périodes qui se sont succédé rapidement. En revanche, lorsqu'une pause culturelle et temporelle oblitère les liens entre les objets et les ré-utilisateurs, le changement de contexte culturel produit de nouvelles identités et des significations sociales différentes (Appadurai, 1986, 56). La distance spatiale et temporelle entraîne une perte de la connaissance de la production et de la consommation (Eckardt & Williams, 2003, 142). La méconnaissance de l'histoire d'un site ou d'un objet peut contribuer à la signification qu'il a acquise pour les sociétés du haut Moyen Age (Eckardt & Williams, 2003, 142) et de nouvelles significations symboliques peuvent être attribuées. La réappropriation d'objets ou structures romaines peut donc se justifier par la vénération éprouvée pour leur ancienneté. Au début de l'époque anglo-saxonne, le remploi des Anglo-Saxons païens ne le limite pas aux vestiges d'une période particulière : ils évitent certains sites romains et en détournent d'autres de leur fonction primaire tels que des villas et routes romaines en les utilisant comme cimetières (Hunter, 1974, 50). De la même façon peuvent-ils récupérer pour leurs lieux de culte des tertres à vocation funéraire néolithiques (Semple, 1998) ou de l'Âge du Bronze, ou encore des camps fortifiés de hauteur de l'Âge du Fer (Hunter, 1974, 50). La conscience de l'ancienneté, quelle qu'elle soit, de l'objet, du site ou du monument réemployé lui confère une valeur symbolique forte, voire des propriétés magiques (Eckardt & Williams, 2003, 165). La réappropriation est donc incitée par cette notion de superstition. L'exemple de l'église d'Escomb (co.Durham), où une plaque commémorative inscrite en latin a été réemployée dans le mur extérieur nord de l'église et protégée des intempéries par un ressaut dans la maçonnerie est représentatif de cette fascination « inconsciente ». En effet l'inscription est placée à l'envers, ce qui suggère la vénération accordée à l'objet antique, sans pour autant en comprendre la signification première. C'est donc bien ici l'ancienneté de l'objet, quelle qu'elle soit, qui lui confère son importance. Lassalle (1970, 15) maintient que la plupart du remploi est à fonction décorative et qu'il porte une certaine notion de protection et d'étalage. Il ne s'agit pas ici d'antiquarisme mais de s'approprier les vertus des anciens (Araguas, 2007, 347).

II-3) Vénération de la *Romanitas*

Dans le cas d'objets ou de sites romains réemployés, la fascination peut à l'inverse être liée à la connaissance précise de la culture dont ils relèvent et c'est alors la *Romanitas* qui est vénérée. La *Romanitas* est associée à l'idée du beau, du délicat car les arts et techniques romains sont différents aux yeux des hommes du haut Moyen Age et il y a une certaine prise

de conscience que ces ouvrages ne peuvent être égalés (Hunter, 1974, 35), ce qui leur procure un caractère exceptionnel, impressionnant. Les témoins de cette culture qui ont subsisté au haut Moyen Âge font référence à une société raffinée, noble, cultivée et civilisée. Il y a donc une notion d'admiration, de respect, de vénération pour tout ce qui touche au Romain (Mâle, 1950, 65-6 ; Fernie, 1983, 177). Le matraquage des mémoires collectives barbares par des empreintes matérielles de l'Empire romain sur le paysage (Hunter, 1974, 46) est probablement en partie responsable de cette assimilation entre le prestige, la civilité et le monde romain. Ces images sont restées imprimées, inscrites dans les mémoires. Il s'agit par exemple des enceintes des villes, des temples, de la statuaire, des fresques, des mosaïques (Higgit, 1973). Le style romain est donc traduit dans une forme attirante, évoquant ainsi la gloire qui fut celle de Rome (Geake, 1997, 121). Les témoignages de stupéfaction des Anglo-Saxons devant la grandeur et la magnificence des créations antiques sont nombreux (Müntz, 1887, 638f. ; Greenhalgh, 1989, 15). Les « murs de la cité [de Carlisle] et le puits autrefois construits d'une façon admirable par les Romains » sont présentés à l'évêque de Lindisfarne, Cuthbert en 685 (Colgrave, 1969, 122). Alcuin, moine anglo-saxon et conseiller de Charlemagne, mentionne les vestiges romains de York dans son *Pontificibus et Sanctis Ecclesiae Eboracensis Carmen* (Hunter, 1974, 35). Un document de 839 décrit « la grande cité » de Londres comme « une place célébrée, construite grâce aux compétences des anciens romains » (Hunter, 1974, 35). Evêque de Winchester en 963, Aethelweald rapporte que les Romains ont construit « des cités, des forts, des ponts et des rues avec un savoir-faire merveilleux » (Hunter, 1974, 35). Vers 975, le poète de « The Ruins » de l'*Exeter Book* (Bradley, 1982) décrit avec émerveillement les ruines d'une cité romaine qu'il qualifie d'« ouvrage des Géants ». Bède rapporte également que des moines d'Ely recherchent les ruines de la Cambridge romaine afin d'y trouver un sarcophage pour la sainte Æthelthryth (abbesse d'Ely au VII^e siècle). Ces références aux ruines romaines montrent une connaissance et un intérêt continu pour la *Romanitas* au cours du haut Moyen Âge (Hunter, 1974, 35). Cette fascination pour le monde romain peut expliquer le remploi de matériaux et structures antiques. La réutilisation de sites romains comme lieu de culte chrétien tel qu'à Reculver relève peut-être d'un choix symbolique afin de re-posséder le passé romain (Fernie, 1983, 35). La volonté et l'effort mis dans l'approvisionnement de matériaux de construction récupérés de sites romains montre également l'importance de la signification accordée à ces objets (Greenhalgh, 1989).

Cette théorie iconique est également appuyée par Stocker qui cite les exemples du bas-relief romain du dieu Arimanus inséré dans la tour de l'église anglo-saxonne de Saint-Peter-at-Gowts, Wigford, Lincoln (Lincolnshire) (Stocker & Everson, 2006, 206) ou de l'inscription romaine supposée adaptée au XI^e siècle dans la plaque commémorative de la tour de l'église St Mary-le-Wigford (fig.183a), Lincoln (Lincolnshire) (Everson & Stocker, 1999, 214-6 ; Stocker & Everson, 2006, 199). Pour lui, le fait que la figure sculptée du dieu romain n'ait pas été endommagée ou que l'inscription n'ait pas été retirée, ni la pierre retournée pour y appliquer la nouvelle dédicace anglo-saxonne, s'apparente à une déclaration publique de la succession de la Rome païenne par l'Eglise chrétienne au XI^e siècle (Stocker, 1998, 362). Ces exemples démontrent bien la réappropriation d'objets du passé dans des édifices religieux saxons, en particulier à St Mary-le-Wigford, où le choix délibéré de préserver l'inscription

romaine sur la plaque dédicatoire dénote une volonté de faire passer un message de connexion entre le passé romain et le présent chrétien (fig.183b).



Figures 183 : tour de Saint-Mary-le-Wigford, Lincoln (a), et détail de la plaque dédicatoire (b): la partie supérieure (tympan triangulaire) est rédigée en saxon, et celle inférieure en latin.

L'église d'All Saints à Brixworth dans le Northamptonshire, aux VII^e-IX^e siècles, illustre également cette signification du remploi de matériau antique en Angleterre pour la période anglo-saxonne. L'examen des matériaux de construction de l'église (Sutherland, à paraître) et la datation par OSL des TCA par le laboratoire de Durham (Bailiff, à paraître) révèlent que les matériaux employés sont d'origine romaine et ont été importés des villes romaines de *Ratae* (Leicester) et de *Lactodurum* (Towcester), ainsi que probablement du four romain de Tripontium, situés respectivement à 50, 30 et 40 km environ de Brixworth (Everson & Parsons, 1979). Etant donné que Brixworth et Leicester ne sont pas liées par une voie de communication navigable, et que les maçons d'All Saints devaient entreprendre des séjours à travers le territoire d'une centaine de kilomètres (aller-retour) pour obtenir leurs matériaux de construction, il est peu concevable que cette pratique ait représenté une situation économique. Les maçons de Brixworth semblent également avoir répliqué le style romain des maçonneries de Leicester (grands arcs en briques surélevés par de gros blocs de grès). Peut-être le commanditaire de All Saints souhaitait-il utiliser tous les moyens à sa disposition pour évoquer la grandeur de ces prédecesseurs impériaux (Eaton, 2001 ; Morris, 1989). Cette volonté de s'approvisionner avec un matériau non-disponible localement est donc révélatrice du pouvoir du commanditaire d'accéder à ce qu'il souhaite. Pour Brenk (1987, 106), il s'agit d'un import symbolique à partir d'un lieu de signification particulière afin de perpétuer ailleurs ce symbole, dans une volonté de le conserver, de le préserver.

L'architecture n'est pas la seule à être prisée. La récupération ou l'imitation de l'antique concerne aussi les objets ou motifs. C'est le cas par exemple de la récupération de monnaies romaines dans les pendants de bijoux saxons ou l'imitation des motifs monétaires de l'Empire romain des III^e-IV^e siècles pour la réalisation des monnaies saxonnes (Hunter, 1974, 38, 44). L'utilisation de poterie ou de verre antique est aussi attestée à la fin de l'époque saxonne par une référence dans le *Ritual of the Church of Durham*. Les croix d'Otley des VIII^e-IX^e siècles fournissent un « aperçu de la perpétuation des standards classiques de la sculpture dans l'Occident barbare lointain » (Cramp, 1971, 63). Dans son étude des objets accompagnant les défunts anglo-saxons dans leur tombe au cours de la période de conversion, H. Geake (1997, 120) discerne de nombreux artefacts d'imitation du mode classique, entre autres des pendants-pièces, des perles métalliques double-cloche, des broches annulaires, des spires, des bagues des seaux à ceinture métallique... La réappropriation du passé révèle une certaine fierté du passé antique et une probable volonté de *renovatio* de l'antique (Cowdrey, 1983, 73ff). Cette recréation prestigieuse de la grandeur antique est cependant à nuancer et ne signifie pas pour autant la disparition des traditions anglo-saxonnes ou carolingiennes. Au contraire, cet attrait pour l'antique romain explique en partie la volonté d'assimilation, d'acceptation, et d'adoption de la culture latine par les barbares. Le classicisme méditerranéen fusionne avec l'héritage culturel natif des hommes du haut Moyen Âge (Hunter, 1974, 29). Les évangiles anglo-saxons de Caedmon et de Lindisfarne, par exemple, avec leur mélange d'éléments romains et barbares, illustrent le succès des Saxons à tourner la poésie vernaculaire et l'art insulaire en thèmes chrétiens (Hunter, 1974, 29) et cette fusion réussie des deux traditions.

II-4) Légitimation du pouvoir

L'art de la *Romanitas* peut être aussi utilisé à des fins politiques et idéologiques pour justifier le bien fondé du pouvoir des grands. Les fondateurs et patrons, en particulier les empereurs carolingiens et les rois anglo-saxons, aspirent à la gloire de l'Empire romain, afin de légitimer leur pouvoir. Pour faire passer ce message ils ont donc recours à l'évergétisme. Cette légitimation est matérialisée, exprimée visuellement à travers l'architecture monumentale. L'art est donc utilisé dans un but de propagande (Brenk, 1987, 104), en matraquant les mémoires collectives d'images de la *Romanitas*. La culture matérielle employée par les élites politiques dénote ainsi une certaine volonté de transmettre une ethnicité politique, pour former une nouvelle identité sociale (Hedeager, 1993, 130 ; Geake, 1997, 136). Il s'agit d'afficher son pedigree, sa lignée afin de justifier sa position sociopolitique. Charlemagne notamment a pratiqué cette récupération en important de Rome ou de Ravenne des matériaux de construction et sculptures pour orner son palais à Aix (Brenk, 1987, 108) afin de se placer dans la succession des Empereurs romains. Toujours dans cette optique d'afficher son pedigree, d'autres empereurs carolingiens ou rois anglo-saxons tel qu'Offa, roi de Mercie ont fait rédiger leur généalogie (Hunter, 1974, 48). Dans le cas de l'utilisation propagandiste de la Romanité par le pouvoir civil, la légitimation ne passe pas forcément par une référence à l'Antiquité mais peut aussi se calquer sur des modèles contemporains qui se sont eux-mêmes inspirés initialement de la Rome Antique. Le renouveau de la culture classique en Francia mérovingienne et carolingienne est influencé par

l'attriance qu'exercent les valeurs byzantines contemporaines sur les classes de la haute société. Ce n'est donc pas qu'une renaissance d'une gloire ancienne, mais une émulation d'un pouvoir contemporain (Schulze, 1976). Il s'agirait donc pour les Carolingiens de reproduire les modèles byzantins. Dans le Kent compte tenu de ses liens avec l'Empire franc, vecteur de l'idéologie impériale dès le VI^e siècle (Schulze, 1976), il se peut qu'il y ait eu une tentative d'utiliser la notion d'Empire franc, en conjonction avec l'Empire romain, pour légitimer le pouvoir dans le Kent (Geake, 1997, 108).

II-5) Assimilation de l'Eglise avec Rome

Au haut Moyen Age, l'intérêt pour le passé romain est souvent lié à une idéologie chrétienne élitiste explicite. Et cette idée de légitimation par assimilation avec la Rome Antique est également largement empruntée par l'Eglise Romaine. Le cas de la Synode de Whitby (664) au cours de laquelle la liturgie chrétienne est unifiée en Angleterre illustre cette idée. Pour marquer cette unification, l'unique modèle choisi est celui d'« origine », en fait celui de la liturgie décrétée ; c'est-à-dire le modèle romain. De la même façon, Heitz (1976, 27f) considère que l'expression « *more romano* », mentionnée notamment par Bède pour décrire l'architecture des églises de Jarrow et Monkwearmouth, ne fait pas uniquement référence au mode de construction en pierre des anciens romains, mais également à la liturgie de l'église romaine. L'arrivée de religieux méditerranéens tels qu'Augustin et ses missionnaires de Rome en 597, Théodore de Tarsus (près d'Antioche) futur archevêque de Canterbury (669), accompagné d'Hadrien, ancien évêque de Niridano près de Naples et future abbé de Saints Pierre et Paul à Canterbury, a également entraîné et facilité l'introduction d'influences méditerranéennes contemporaines (Hyslop, 1963, 193 ; Stenton, 1971, 130-2). Il s'agit donc ici de marquer sa loyauté envers l'Eglise de Rome, ce qui passe par l'imitation de son mode d'expression visuelle et (re-)connu de la religion et par le remploi de matériaux ou de structures qui lui sont associées. On a affaire ici à une assimilation digressive entre l'Eglise de Rome et la Rome Antique. Il s'agit aussi de se prémunir contre l'ennemi montant : l'hérésie continentale, en s'associant/s'unifiant et assimilant cette nouvelle puissance/force à celle de la Rome toute puissante : on se réfugie derrière la force romaine, modèle de puissance et de stabilité afin de garantir sa protection.

Ainsi, dans ce cas d'utilisation propagandiste du romain par l'Eglise, il ne s'agit pas nécessairement de la Rome Antique qui est directement pris en modèle, mais ce sont les préceptes et la liturgie de l'Eglise Romaine contemporaine qui sont empruntés par l'Eglise Anglaise.

Enfin, il convient de préciser que ces théories iconiques ne peuvent être valides que dans le cas où les briques étaient effectivement destinées à être vues. Dans le cas où ces matériaux étaient cachés sous des enduits, l'intérêt esthétique ou éthique ne constitue plus un argument pour justifier ce choix architectural, il convient alors de rechercher ailleurs une autre justification de cet emploi.

III) Logiques économiques

Il ne faut pas négliger l'aspect pratique et économique de l'existence d'une source d'approvisionnement de matériaux de construction à proximité d'un chantier.

Le remploi de matériaux anciens peut également s'apparenter à une logique opportune et rentable (Deichmann, 1976, 141). Dans son étude du recyclage des éléments lithiques au Moyen Age, Stocker définit ce type de remploi de « fortuit », la fonction originelle du matériau n'étant pas nécessairement prise en considération dans la nouvelle utilisation, sa sélection se faisant sans grand soin, et son remploi de façon aléatoire (Stocker & Everson, 1990). De nombreuses églises anglo-saxonnes semblent avoir eu recours à ce type de remploi, notamment lorsque des pierres romaines sont réutilisées comme moellons dans la nouvelle construction. Parmi les édifices qui utilisent des moellons romains, on peut citer Saint-Mary Bishophill Junior à York (Briden & Stocker, 1987), Brixworth (Everson & Parsons, 1979), Alkborough et Broughton, les tours des églises de Barton-on-Humber et de Winteringham dans le Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990). Leur identification n'est pas évidente, cependant, la présence de traces d'outils romains, le type de taille ou de sculpture, et parfois, l'origine pétrographique (en conjonction avec les voies commerciales connues de l'Antiquité), sont autant d'indices permettant d'évaluer l'origine antique du matériel. Citons par exemple le cas de la pierre de Marquise ou du calcaire Grossier, provenant du Bassin parisien et importés par les Romains en Bretagne, découverts dans les murs de Saint-Martin de Canterbury (Worssam & Tatton-Brown, 1990). La forme déjà « prête à l'emploi » des moellons n'est pas le seul exemple de remploi pratique d'éléments de pierre romains. En effet, les éléments de pierre sculptés constituent également un certain intérêt. C'est le cas de l'église de Saint-James à Selham, Sussex, où un remploi de bas-relief provenant probablement d'une architrave romaine semble avoir été réinséré comme imposte parmi d'autres sculptures anglo-saxonnes. L'une des faces comporte les moulures classiques d'origine romaine tandis que la face verticale occidentale présente plus probablement une gravure anglo-saxonne (Taylor & Taylor, 1965, II, 537-8 ; Hunter, 1974, 37). L'impact visuel de ce remploi est donc diminué par son amalgame avec le reste de la sculpture anglo-saxonne qui l'entoure ; il s'agit donc probablement moins d'une raison iconique qu'économique et fonctionnelle, le remploi facilitant ici le travail du sculpteur en réduisant son temps de travail.

D'autre part, la tendance à construire en pierre plutôt qu'en bois, hormis l'aspect prestigieux qu'elle apporte à l'édifice, peut être aussi liée au déboisement des forêts à partir du XI^e siècle, la rareté du bois le rendant cher (de Bouärd, 1975). Le choix de construire en pierre serait donc influencé par des facteurs économiques. Dans le cas des terres cuites, leur remploi semble être une solution préconisée par les bâtisseurs dans les régions dépourvues de pierre de construction (chap. 3), tel que dans le sud-est de l'Angleterre (Smith, 1996). Les maçons s'adaptent aux conditions locales, en ayant recours d'une part à la pierre de moins bonne qualité ou moins adaptée à la construction (telles que le silex, dont les nodules peuvent servir de moellons irréguliers, ou le ragstone, le clunch... pierres faciles à travailler mais peu résistantes aux aléas temporels) et d'autre part aux *spolia* romains tels que les terres cuites qui peuvent être en abondance dans les régions les plus argileuses. En effet, comme il l'a été vu précédemment, l'emploi extensif des TCA est surtout pratiqué en Essex et au nord du Kent.

Les régions limitrophes l'ont exercé avec parcimonie. Ces régions présentent une caractéristique commune, qui les distingue de l'Essex et du nord du Kent, la présence de pierre exploitable pour la construction. Ainsi, l'hypothèse d'un remploi pragmatique paraît également plausible dans le cas du remploi des terres cuites romaines. Il se pourrait donc que les bâtisseurs du haut Moyen Age aient généralement utilisé les briques romaines faute de mieux. La terre cuite, matériau plus élémentaire et moins prestigieux que des éléments de pierre sculptés, par exemple, semble donc avoir plutôt constitué un ersatz, un palliatif au défaut de pierre de construction locale et à l'inaptitude de fabriquer des matériaux de construction adaptés (Araguas, 2007, 351).

L'approvisionnement de ces TCA revêt une certaine importance et constitue un élément essentiel du fonctionnement d'un chantier. La récupération de matériaux anciens requiert dans un premier temps de trouver le site-carrière, puis de dissocier la terre cuite de la maçonnerie sans la casser, de se débarrasser du mortier (ce qui n'est pas toujours effectué avec le plus grand soin comme le montrent les traces adhérant parfois à certaines briques). Il faut également prendre en compte le transport qui peut se faire parfois sur de longues distances lorsqu'on estime les matériaux indispensables à la construction (cas de Brixworth par exemple). La dernière étape est la mise en œuvre du matériau dans la maçonnerie. Bien que la récupération de matériaux anciens ne soit donc pas aisée, elle est en revanche plus économique dans le cas des TCA que de procéder à leur manufacture. En effet, cette dernière s'avère longue et coûteuse, elle se doit être organisée, systématisée en étapes, ce qui requiert la connaissance de savoir-faire technique. Cela implique probablement une relative spécialisation des activités sur le chantier et une répartition organisée des tâches entre les différentes équipes de maçons. Une telle entreprise doit donc impliquer également une hiérarchisation des charges et une organisation réfléchie et préalable du chantier. Quelque soit la solution préconisée par les maçons : remploi ou production, l'utilisation de TCA est contraignante, consommatrice de temps, de main-d'œuvre et d'argent. L'intentionnalité économique est donc relative dans ce cas (Hansen, 2003) et l'effort mis dans cet approvisionnement montre bien à quel point ces matériaux étaient prisés. L'intentionnalité utilitaire doit donc également jouer un rôle dans ce choix architectural.

IV) Utilité fonctionnelle

La disponibilité et la commodité ne suffisent pas à expliquer le remploi des objets romains. Bien que l'existence de sites romains à proximité ait facilité leur découverte et leur réutilisation, l'approvisionnement en objets romains semble avoir été sélectif et délibéré. Le remploi est en effet aussi influencé par les valeurs pratiques et fonctionnelles des objets (Bernardi, 2000).

Les bâtisseurs du haut Moyen Age ont sans doute tout d'abord souhaité imiter leurs prédecesseurs romains, sorte de modèles, en adoptant leurs savoir-faire. Il s'agissait peut-être d'imiter les bâtiments romains, seuls modèles de construction en dur qui s'offrent à eux, et de conserver ces techniques qui leur apparaissaient efficaces et adéquates. Aux VII-VIII^e siècles, Bède indique en effet que des édifices brito-romains sont toujours en place. Les premières réutilisations de TCA dans les maçonneries anglo-saxonnes constituaient ainsi au départ une

série de tâtonnements (d'où la mise en œuvre non radiale des briques), dans un processus d'imitation du seul type architectural durable connu. Cette théorie explique ainsi que des *tegulae*, *imbrices* entières ou fragmentaires et des blocs de mortier romain soient détournés de leur fonction première et remployés comme moellons. Il semble ici que l'avantage technique de ces matériaux ne soit pas encore assimilé, ou bien que la fonction première n'ait délibérément pas été respectée. Avec l'expérience, les maçons ont dû prendre conscience de l'intérêt technique de l'emploi de ce matériau (Baylé, 2000, 11), expliquant la continuité de son utilisation pendant plus de cinq siècles, et même au-delà (chap.1), ainsi que l'effort mis dans le transport du matériau, démontrant un choix prémedité dans le type de matériau recherché. L'exemple de Brixworth illustre bien le fait que les bâtisseurs saxons préfèrent concentrer leurs efforts sur le transport du matériau prêt à l'emploi, plutôt que sur l'extraction et la préparation du matériau. Ce sont donc des impératifs de qualité qui imposent ces choix, le matériau étant désormais choisi en fonction de ses qualités physiques. Cet argument prend en considération la fonction architectonique du nouvel emploi, pour lequel il est fait abstraction de la fonction primaire de l'élément remployé. Ces matériaux peuvent éventuellement être retravaillés pour se réadapter à leur nouvelle fonction. Les maçons ont recours aux possibilités constructives de la brique pour raidir le bâtiment. La stabilité du bâti est assurée grâce à l'emploi simultané brique + mortier, la disposition des briques (en arête de poisson, en arases, dans les chaînages d'angle et aux arcs de décharge) (Baylé, 2004, 35). Les maçons du haut Moyen Age ont donc très certainement perçu les qualités du matériau terre cuite et les avantages techniques de son utilisation dans la construction. Ce sont donc peut-être ces impératifs de qualité qui imposent des transports sur des distances relativement longues, comme ce fut le cas pour Brixworth notamment. La perpétuation de l'emploi de la TCA constitue d'ailleurs une preuve de cette reconnaissance technologique, malgré la diminution progressive de la disponibilité et de l'accessibilité du matériau au cours du temps. Un autre exemple de remploi fonctionnel est celui de la récupération et du réassemblage de structures maçonnées romaines, et en particulier des arcs. C'est le cas dans la tour de Barton-on-Humber (Rodwell & Rodwell, 1982), à Market Overton (ancien Rutland), Leicestershire (Taylor & Taylor, 1965), à St Mary Bishophill Junior à York (Briden & Stocker, 1987), à Alkborough, Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990), à Corbridge (Northumberland) comme le suggèrent les traces d'outils romains ou pour l'arc entre le chevet et la nef de l'église d'Escomb (Co.Durham) dont les caractéristiques architecturales sont très semblables à celles d'ouvertures de fort romain (comme celui de Chester qui a survécu) et qui pourrait donc provenir du fort avoisinant de *Vinovia* (Binchester) (Baldwin-Brown, 1925 ; Taylor & Taylor, 1965). La présence de claveaux réemployés est également relevée à Broughton et Great Hale, Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990). L'aspect fonctionnel de ce remploi est particulièrement évident lorsque l'on prend en considération l'aspect « frustre » et maladroit des arcs anglo-saxons dont les claveaux ont rarement la forme trapézoïdale que requièrent ces éléments architectoniques. Un autre mode de remploi d'éléments architecturaux romains est celui des éléments de colonnes (fûts ou chapiteaux), observables notamment à Saint-Philbert-de-Grandlieu ou à Glenworth en Angleterre (Stocker & Everson, 1990).

D'autre part, il semble que l'industrie de la construction d'églises anglo-saxonnes soit bien organisée avec l'utilisation de machines d'élévation ou de machineries lourdes sur le

chantier : certains des blocs de l'église anglo-saxonne tardive de Bradford-on-Avon pesant près d'une tonne (Laing & Laing, 1996). A Bradford-on-Avon ou à Britford, près de Salisbury, les maçons anglo-saxons ont utilisés de l'oolite de Bath, située respectivement à 15 et 70 km des deux villes (Laing & Laing, 1996). La pierre de Barnack est largement commercialisée de sa région d'origine en Northamptonshire jusqu'en Essex, Hertfordshire et Bedfordshire, ainsi que celle de l'Île de Wight. Dans certains cas, la pierre peut être transportée sur un rayon de plus de 100 km (Jope, 1964). En 1970 la découverte sous deux mètres de terre du Graveney Boat, daté par C14 du X^e siècle, révèle l'existence d'un commerce fluvial de matériaux de construction entre Rochester et Londres. La cargaison comprend notamment des pierres de Kentish ragstone probablement récupérées de sites romains comme le suggère la présence de traces de mortier de tuileaux adhérant à leur surface, ainsi que des TCA romaines (Greenhalgh, 1989, 143). On peut donc induire qu'à la fin de l'époque anglo-saxonne, l'exploitation de carrières et le transport, même coûteux, ne sont pas lésinés.

Tous ces exemples montrent donc que les bâtisseurs du haut Moyen Age ont très probablement compris les qualités des céramiques architecturales et les avantages techniques de leur emploi dans la construction, expliquant la volonté et l'effort mis dans l'approvisionnement de matériaux appropriés, fonctionnels, de bonne qualité.

Au lieu de fournir une réponse unique aux raisons du remploi, cette étude en offre différentes versions. La recréation visuelle des représentations du passé et la conscience morale du rôle et de l'impact de l'objet antique sur la population justifient en partie la réappropriation de matériaux ou de modèles antiques. L'intention ici est d'exprimer la légitimité de la religion afin de s'inscrire dans la lignée vénérable des bâtisseurs romains. Cette légitimation et la volonté d'imposer physiquement la religion et d'en assurer le maintien démontrent aussi l'enjeu politique de cette utilisation. La nécessité économique, l'opportunisme, le manque d'imagination artistique ou technique ou au contraire, la technicité reconnue des maçons acquise empiriquement, justifient également cette réappropriation de l'Antique. Dans ces circonstances, les raisons de cette pratique sont alors purement pragmatiques et fonctionnelles.

ENGLISH SUMMARY

In this part, the mode of use of CBM was studied in general, and more specifically, of *spolia* in early medieval architecture. The extent of the phenomenon of reuse from chronological and spatial points of view were analysed, observing in further detail the positioning of CBM in masonry. In the first two chapters of this part, interest focuses on Anglo-Saxon and Saxon-Norman churches in south-east England as it is an area where confidence in the Roman origin of the material is high, contrary to the uncertainties that affect the CBM origin in early medieval sites in France. As observed in the field from archaeological evidence, the ancient origin of CBM in Anglo-Saxon structures, such as *opus signinum* adhering to tiles or used as rubble in the walls and the use of roof tiles (*tegulae, imbrices*) within the wall masonry is evident (Ryan, 1996, 21; Potter, 2001, 123). The results presented in parts 2 and 3 concerning the physical study of the origin of CBM used in early medieval buildings reflected a purposeful and organised use of the material. They showed that whilst in England, it appears that only reused material was employed, in France it seems that both practices, the use of *spolia* and contemporary brickmaking coexisted in this period.

By generalizing and extrapolating this practice, CBM visible in Anglo-Saxon buildings can be considered as reused Roman material. Chronological evolution and spatial distribution of buildings with CBM in south-east England only were studied, as French cases required further and individualised examination of the origin of CBM for each site.

To complete observations made in the field, and taking into account the large spatial extent of the study area and time constraints, the following available data were used in this study:

- *Royal Commission of the Historical Monuments of England* (RCHME) from each county;
- *Victoria History of the Counties of England* (VHC);
- Architectural descriptions and chronological positioning produced by Taylor & Taylor (1965);
- The descriptions given by the architectural descriptions of Pevsner's *Buildings of England* from each county;
- Other recent studies provided by monographs, archaeological reports, etc., were also consulted

Chapter 20: Chronological extent of the reuse of Roman CBM in south-east England

In this study the remaining standing Anglo-Saxon churches were assumed to be representative of those that existed in the Anglo-Saxon times, many of which have now disappeared. Whether the Norman buildings could be considered to be representative was less of a problem as most have mainly survived. Indeed, the Norman Conquest was the last invasion of England by a foreign power and contrary to the buildings of their Saxon predecessors; the Norman buildings have not been subjected to later destruction. Another aspect to take into account was the density of distribution of the buildings from each period. The number of Norman buildings is far greater than those of the Anglo-Saxon period, due to the architectural revival resulting from the desire of Norman builders to assert religious observance in the new conquered territory. This led to the

settlement of a number of new, post-Conquest churches and the reconstruction of pre-existing religious buildings. The state in which these buildings survive today is rarely original and their current state reflects past architectural history and evolution.

Several factors could bias this study. Firstly, the plaster that often covers the interior of buildings, and more rarely on the exterior of walls Kerr & Kerr, 1983, 31), prevented access to the object of study. Furthermore, multiple building phases might distort the perception of the original building, especially with windows or doors that might have been irreversibly lost under the later openings and quoins that might also have been destroyed or incorporated with the addition of a new architectural module (such as the extension of a chancel or the addition of a tower).

However, if it was accepted that these changes were random, they were not expected to systematically bias the perception of the conditions of early medieval buildings containing CBM. Further, if chronological positions assigned by earlier scholars were accepted, theories could be raised in light of the observations made on the evolution of the use of bricks in churches in southeast England.

The quantitative data processed hereafter came from the synthesis of the surveys mentioned above. The list of the sites is presented in appendices.

In East Anglia, 15% of the Anglo-Saxon churches display bricks and only 2% of the Norman buildings (Page, 1901; Page, 1902; Pevsner, 1962; Taylor & Taylor, 1965; Rogerson *et al*, 1987; Davison, 1990; Batcock, 1991). As part of the whole picture, this constitutes only 6% of all the Anglo-Saxon and Norman churches (177 surveyed sites) (fig171a).

In Cambridgeshire, of the 36 early medieval churches (amongst which 6 are Anglo-Saxon) surveyed by VHC (Salzman, 1938), RCHME (1959), Taylor & Taylor (1965) and Pevsner (1970), none of them seem to have reused Roman bricks.

Hertfordshire has 8 sites with bricks of the 30 surveyed, amongst which 3 are Saxon (out of 7 in total) and 5 are Norman (out of 23) (Fig.171b) (RCHME, 1911 ; Page, 1902-37 ; Pevsner, 1953; Taylor & Taylor, 1965).

Continuing in the south, Surrey has only 3 sites with bricks - all Anglo-Saxon – out of the 44 surveyed sites (Fig.171c) (Malden, 1902-14; Taylor & Taylor, 1965; Nairn *et al*, 1971).

In Sussex, only 6 sites, of the 127 surveyed resort to the use of Roman bricks - all Anglo-Saxon (26 belong to this period) (Fig.171d) (Page, 1905; Nairn & Pevsner, 1965; Taylor & Taylor, 1965).

In Kent, 45% of Anglo-Saxon churches display bricks in their masonry, against just 2% in the Norman buildings. On the whole, whatever the period is, buildings displaying the use of bricks represent only 13% of all churches (Fig.171e) (Page, 1908-74; Taylor & Taylor, 1965; Newman, 1969).

Finally in Essex, buildings with bricks constitute 1/3 of the total number (129 sites) of Anglo-Saxon and Norman churches surveyed (Fig.171f) (RCHME, 1916-23; VCH, 1903; Pevsner & Radcliffe, 1965; Taylor & Taylor, 1965). For this county, a further study has been carried out by Pat Ryan (1996, 97-107). She noted that the reuse of CBM increased until the 12th century, the peak period of the practice (Fig.172). During the following centuries, it reduced progressively until its disappearance in the 16th century. Several events contributed to this evolution. Firstly, from the 12th century, there was a stylistic change which saw the use of brick replaced by the use of stone in structural features (Ryan, 1996). Secondly, the progressive reduction from the 13th

century, could also be explained by the simultaneous emergence of new medieval brickmaking and of successive developments of diverse types of brick: « great bricks », occasional and local production in the 13th century; the Flemish bricks in the 13th and 14th centuries, an intermediary style in the 14th century; the Tudor style in the 16th and 17th centuries and finally the appearance of modern bricks. This reduction in the reuse of Roman material was also noted by Stocker and Everson (1990) for stone used in religious buildings in Lincolnshire. The use of Roman stone in churches was common by the end of the 10th century and into the 11th and 12th centuries. This reuse seemed to disappear from the 13th century, where 11th century stones were employed for reuse purposes (Stocker & Everson, 1990). Finally, the presence of Roman CBM in 19th century churches could be explained by restoration or replacement of early medieval buildings that might have previously used Roman *spolia*, and which had naturally been reused in modern work. Several cases of this have been observed in this study including: the church of Ramsden Crays, rebuilt in 1871, Rivenhall (where the original church is assigned to the 10th-11th century, established on a Roman villa), restored in 1838, in Essex and the church of St Mary-sub-Castro in Dover (Anglo-Saxon church adjacent to a Roman light-house), in Kent, restored in 1860-62.

To summarize, in Essex and Hertfordshire reuse in the Anglo-Saxon period was common, but it was especially prevalent in churches of the Norman period containing brick. The example that showed this phenomenon best in Hertfordshire is the Norman cathedral of St Albans (Fig.173b), which has used considerable amounts of building material from the remains of the Roman city, *Verulamium* (Greenhalgh, 1989, 149).

Kent also displayed a substantial use of Roman ceramics. However, this practice was mainly confined to the Anglo-Saxon period and declined post-Conquest. East Anglia showed a similar mode of use; but on a much smaller scale. Similarly, rare brick churches in Surrey and Sussex were all assigned to the Anglo-Saxon period.

In general, we could say that reuse was practised more systematically before the Conquest. Architectural features that were once formerly executed in CBM, such as quoins, were made in stone in Norman buildings, especially from the 12th century, as could be seen in Essex. Moreover, most of the Norman buildings were part of the architectural revival (Potter, 2001, 131), and in this regard, it could be supposed that *ad nihilo* buildings had resorted to newly made materials. However, when the practice of CBM reuse seemed to be perpetuated after the Conquest, this could be due to the fact that some Norman churches might have been built by Anglo-Saxon native builders, who perpetuated their particular building know-how and practice.

Chapter 21: Spatial distribution of CBM reuse in south-east England

The aim of this part of the study was to understand the distribution of the buildings displaying reused CBM in their masonry in early medieval southeast England. In total, information were gathered for 214 sites (fig174) within an area of 26880 km², corresponding to the counties of Kent, Essex, Suffolk, Norfolk, Cambridgeshire, Hertfordshire, Surrey and Sussex. Data came from the synthesis of the surveyed mentioned at the beginning of this part.

To analyse the spatial distribution of CBM buildings, it was necessary to identify the parameters relevant to the mode of use of CBM. According to the amount and the diversity of architectural features displaying the material, a quantitative relative value was assigned to characterize the use of CBM for each site. Three different cases could occur: the absence of material in the masonry for which the index value of 0 was assigned; the sporadic, haphazard and minimal use which corresponded to the index value of 1 and finally, a homogeneous and organised use for which we allocated the value 2. A CBM use was defined as sporadic, haphazard and minimal when the amount of CBM was limited, and the CBM were usually used individually; they were found occasionally in the masonry without any purpose to build a structural feature. The primary function of the material in such context was then not taken into consideration and could even be diverted, for example in the case of *tegulae* or *imbrices* reused as rubble in walls. By “homogeneous” and “organised” use of the CBM, use of the material formed part of the design where bricks were used in conjunction with other bricks, in a large amount in order to form a structural feature. The use was then considered ‘purposeful’.

To map this mode of use, a Geographic Information System (GIS) was used implemented in the software ArcGIS. The archaeological variables were point data and to compare their spatial distribution with other spatial parameters (Gaudin, 2004), an interpolation method was employed based on the kriging method provided by the ArcGIS software. Point kriging is based on the construction of an empirical variogram, which correlates the variance and the distance between pairs of points and is followed by an interpolation of modelled functions obtained by the variogram.

The map derived from this approach indicated that Essex was the area where the density of churches displaying CBM in their masonry was the highest (fig 175a) and that the mode of use was significant, producing a generally higher index in this area compared to neighbouring regions (fig175b). To provide a “cause and effect” interpretation of this particular distribution, it was compared with the local geology and the distribution of relevant archaeological sites.

The comparison (fig176b) suggested that the areas with highest Roman reuse were Essex and the north of Kent, where there was an abundance of clay and a comparative lack of good building stone (Fig.176c). Moreover, the north of Kent was also the area where the density of Roman settlement was the highest (Fig.176a). It is likely, therefore, that during the Roman period, builders exploited natural resources and engaged in the routine practice of brickmaking. In the post-Roman era there would have been larger quantities of available *spolia* than in regions where clay was less readily available and it was possible that the reuse of Roman *spolia* was a reaction to the lack of local building stone (Potter, 2001, 126), being a purely practical and economic aspect of sourcing supplies.

Chapter 22: The positioning of CBM in masonry structures

This chapter aimed to examine which architectural features most often employed the use of CBM, whatever its origin, in early medieval buildings both in southeast England and north-west France.

The way CBM was used, in term of positioning, could be grouped into four categories. The main use was **rubble**, either uncoursed, in which case, the haphazard use was usually hidden behind plaster, or coursed to build horizontal levels. The coursed levels could either be laid as straight rows, positioned in more or less regular intervals, on a single or several superimposed lines, continuous or discontinuous (fig177a). Alternatively, they could be placed in a herringbone pattern, known as ***opus spicatum***, where bricks were positioned at an angle (usually 45°), on a symmetrical double-row or a single, more or less consistent row (fig177b). In Anglo-Saxon buildings, bricks were often used to raise and reinforce quoins, sometimes in association with large stones (Fig.178a). In both France and England, CBM could also be employed as voussoirs in arches (Fig.178b) or in the jambs of openings. So far no example of any early medieval church built entirely out of architectural ceramics appeared to have been identified.

It could be noted that CBM were mainly used in parts of the building requiring the most structural support. They were used in **quoins**, an essential feature in the holding of the construction by its frame-function, which retrains the pushing forces of two walls. Functional qualities of bricks were particularly valued in **arches**, where precise and smooth curvatures can be accomplished, not easily achieved with stone rubble. Furthermore, the use of brick in **break points** or in **horizontal levels** could be seen carefully built to reduce the risk of fissures resulting from the use of small sized materials. It seemed clear then, that brick was also used for its constructional qualities (Potter, 2001, 126).

Finally, if the use of CBM appeared to be mainly functional in the early medieval period (Ryan, 1996, 17), it should be noted that occasionally their use appeared to be purely decorative. Examples included when they were found in **imposts** (e.g. the tower of Holy Trinity, Colchester), in **blind arcades** (Holy Trinity), in **hood-moulds** (as can be seen at White Notley) and in **alternation with stone in voussoirs** such as at Boreham (Essex), Condé-sur-Risle (Normandy), Vieux-Pont-en-Auge (Normandy), St Martin of Angers and St Philbert-de-Grandlieu. These cases of decorative use were, however, less common than the purely functional ones.

Chapter 23: Attempts to interpret the reuse practice

Whilst the origin of the term *spolia* is ancient (“*spolium*” means an animal skin in Latin), the concept itself is modern. In Antiquity, reused objects were generally qualified as *redivida saxa* (Alchermes, 1994, 167). The practice appeared relatively early in the Roman Empire, and it seems that the Emperor Constantine was the first to introduce it. Before the 4th century AD, reuse was sporadic and mainly involved Roman provinces in the case of repair (Wohl, 2001, 86). The phenomenon spread from the 4th century and was practised in Rome itself (Brenk, 1987, 103), in buildings signifying the glory of the Empire. Whilst documentary sources related to the legislation of the practice were numerous in Roman times (Alchermes, 1994, 168-9), this was not the case

for the following periods and early medieval text did not indicate the salvage reason (Brenk, 1987, 103). In this section a hypothesis regarding salvage based on surviving visual symbols provided by the artefacts is proposed.

I) Aesthetic choices

Buildings of this period that survived today are rarely in their original form and, building walls, both internally and externally, were usually rendered. Bricks, therefore, were not always intended to be seen (particularly in the case of rubble), except where bricks were used to make up structural features such as arches or quoins. If building walls were usually covered by a plaster (Kerr & Kerr, 1983; Sapin, 2006), the openings, in contrast, were likely left exposed. It seems obvious here that the ornamental effect sought (Baylé, 2000, 12; Gandreau, 2000, 22) was to provide a chromatic contrast between the red ceramic and the white wall. The bicolour aspect was further achieved in arches where stone voussoirs alternated with bricks, as can be seen at Boreham (Essex) (Fig.182a & b), Condé-sur-Risle (Normandy) (Fig.182d), Vieux-Pont-en-Auge (Normandy) (Fig.182c), St Martin of Angers and St Philibert-de-Grandlieu. This technique is reminiscent of the ancient decorative tradition of Roman and Byzantine architecture (Clapham, 1930, 16-54).

This process could be appreciated as an affirmation of *Romanitas*. This idea was further reaffirmed when the Roman material itself was reused. The iconic re-appropriation of the *spolia* constituted a visual and ostentatious way of incorporating the past and this theme is developed in the following chapter.

II) Iconic reappropriation

The notion of iconic reappropriation of Roman objects by early medieval people could be explained in different ways depending on the period of the reuse, the status of the people who employed the practise and the way the *spolia* were actually used.

II-1) De-paganisation of the Roman

During the Conversion period, the reappropriation of Roman objects by early medieval people, and especially by religious institutions, could be interpreted as having an ethical inference if the objects were used in a way that differed from their primary nature and function. The aim was to mark the triumph and the superiority of the new Christian era on the pagan Antiquity (Deichmann, 1976, 145). The Roman *spolia* might be considered as “trophies” of this victory, particularly in the reuse of buildings. Although no longer universally accepted, it was long considered that early medieval churches were built on earlier, pagan places of worship (Sharpe, 1909). The purpose was to facilitate the introduction of the new religion via a progressive transition and to physically mark the victory of the Christian religion over pagan beliefs (Araguas, 2007, 351). The reuse was interpreted as a de-paganisation of the material, a reappropriation in order to claim the new authority on the monumental landscape. In its *Historia Ecclesiae*, Bede (I,

30) mentioned advice from Pope Gregory to Saint Mellitus concerning the reuse of temples for Christian needs. This theory needs to be moderated. Recent studies (Bell, 2005, 127) showed that the recuperation of ancient religious structures (temples, *mausolea*) was actually rare in the Anglo-Saxon period, and evidence suggesting the wish of continuity of the religious practise between Romano-British and Anglo-Saxon sites was also rare (Morris & Roxan, 1980; Greenhalgh, 1989, 94). In England, only two sites constituted examples of temple reuse: Silchester (Hampshire) and Ancaster (Lincolnshire) (Bell, 2005, 77-8). Cases of reused Roman *mausolea* were more common, for example, St Martin's in Canterbury, Stone-by-Faversham, Lullingstone and Folkestone in Kent and Wells in Somerset (Bell, 2005, 80). Adaptation from temple to church was a phenomenon in need of clarification not least because of a misinterpreted comment of Sulpicius Severus (*Vita Martini*) who reported that Saint Martin, after destroying a pagan altar, immediately rebuilt a church or a minster on the site (Knight, 1999, 199). In the rare cases of transformation from a temple into a church, it was not immediate, a period of abandonment occurring between them (Greenhalgh, 1989, 94). In England, it was mainly secular Roman structures such as forts, *villae*, town walls which were used for the early church foundations in the 7th century, as can be observed in Reculver. A similar pattern emerged with later churches in the 9th, 10th and 11th centuries (Bell, 2005). Moreover, the settlement of early churches within Roman walled sites could be explained by the fact that these walls constituted ready setting (Morris & Roxan, 1980, 191; Rodwell, 1984, 4-5) or a demarcation (Hunter, 1974, 36). The theory of de-paganisation therefore needs to be moderated.

II-2) Superstition

The theory of ideological intentionality (Malinowski, 1922) is based on the concept that objects or structures could obtain a value and recall remembrance through their association with the individuals or societies who originally owned them. This is particularly the case for periods that followed in quick succession. However, when a cultural and temporal gap obliterates links between the objects and the reusers, the change of cultural context provides new identities and different social meanings (Appadurai, 1986, 56). The spatial and temporal distance leads to a loss of knowledge of the manufacture and the consumption of these objects. The misreading of a site or object history by early medieval societies (Eckardt & Williams, 2003, 142) might lead to new symbolic meanings being subsequently assigned. Roman object or structure reappropriation could be justified by veneration for Antiquity. In the early Anglo-Saxon period, the reuse by pagan Anglo-Saxons was not limited to remains from a particular period; they avoided some Roman sites and use others in ways not related to their primary function such as using *villae* and Roman roads as cemeteries (Hunter, 1974, 50). In the same way, they salvaged Neolithic or Bronze Age barrows or Iron Age hillforts for their worship places (Hunter, 1974, 50; Semple, 1998). Conscience of antiquity conferred a strong symbolic value to a reused object, site or monument, even magic properties (Eckardt & Williams, 2003, 165). Reappropriation was therefore influenced by this superstitious notion. The example of the church of Escomb (Co. Durham), where a commemorative slab with Latin inscription was reused in the north external wall of the church and protected by a projection in the masonry, was representative of this unconscious fascination. The slab was laid with the inscription upside down, which suggested a

reverence for the ancient object without understanding its primary meaning. It was therefore the antiquity, from whatever period, which conferred to an object its significance. Lassalle (1970, 15) considered that most reuse had a decorative function and that it brought a notion of protection and display. It was not antiquarianism but an appropriation of the virtues of the Ancients (Araguas, 2007, 347).

II-3) Veneration of *Romanitas*

In the case of reused Roman objects or sites, fascination could, on the contrary, be linked to the precise knowledge of their original culture and thus it was the *Romanitas* itself which might have been venerated. *Romanitas* relayed the idea of beauty and delicateness and Roman arts and techniques must have appeared very different to the eyes of early medieval people. There was a realization that these works could not be reached (Hunter, 1974, 35), which in turn gave them an exceptional, impressive quality. Surviving witnesses of this culture in the early Middle Age referred to a sophisticated, noble, cultured and civilised society. There was therefore a notion of admiration, respect and veneration for anything Roman-related (Mâle, 1950, 65-6; Fernie, 1983, 177). The advertising of Barbarian collective memories by material imprints of Roman Empire on the landscape (Hunter, 1974, 46) was likely to be partially responsible of this assimilation between prestige, civility and Roman word. The Roman style was then translated as an attractive form, recalling the glory of *Roma* (Geake, 1997, 121). There were various accounts of the stupefaction of the Anglo-Saxons for the grandeur and the magnificence of ancient creations (Müntz, 1887, 638f.; Greenhalgh, 1989, 15). The “walls of the city [of Carlisle] and the well formerly built in an admirable way by the Romans” were shown in 685 to Cuthbert, Bishop of Lindisfarne (Colgrave, 1969, 122). Alcuin, Anglo-Saxon monk and counsellor of Charlemagne, mentioned the Roman remains of York in its *Pontificibus et Sanctis Ecclesiae Eboracensis Carmen* (Hunter, 1974, 35). A report of 839 described “the big city” of London as a “celebrated place, built by the skills of the ancient Romans” (Hunter, 1974, 35). Aethelweald, bishop of Winchester in 963, reported that Romans built “cities, forts, bridges and streets with a marvellous know-how” (Hunter, 1974, 35). In ca. 975, the author of “The Ruins” described with amazement the remains of a Roman city that he qualifies as the “work of Giants” (Bradley (trans.), 1982). Bede also reported that monks from Ely searched the ruins of Roman Cambridge to find a sarcophagus for Saint Aethelthryth. These references to Roman remains displayed a continuity of knowledge and interest for *Romanitas* during the early Middle Age (Hunter, 1974, 35). This fascination for the Roman world was a possible explanation for the reuse of ancient materials and structures. The reuse of Roman sites as Christian places of worship might have come from a symbolic choice to repossess the Roman past (Fernie, 1983, 35). The determination and effort put into the supply of building materials salvaged from Roman sites also showed the importance and significance given to these objects (Greenhalgh, 1989).

This iconic theory was also considered by Stocker (1998) who mentioned the examples of Roman bas-relief of the god Arimanus, inserted in the tower of the Anglo-Saxon church of St-Peter-at-Gowts, Wigford, Lincoln (Lincolnshire) and the Roman inscription adapted in the 11th century in the commemorative slab in the tower of the church St Mary-le-Wigford, Lincoln (Lincolnshire) (Everson & Stocker, 1999) (Fig.183a). For him, the fact that the graved figure of the Roman god

was not damaged, and that the Latin inscription was neither turned away to hide the Latin inscription nor replaced by an Anglo-Saxon one, were public declarations of the succession of the pagan Roma by the Christian church in the 11th century. These examples showed the reappropriation of objects from the past in Anglo-Saxon religious buildings, particularly in St Mary-le-Wigford, where the purposeful choice to retain the Roman inscription displayed a desire to transmit a message of connection between the Roman past and the Christian present (Fig.183b).

The church of All Saints in Brixworth (Northamptonshire), in the 7th-9th centuries, also displayed this significance of reuse of ancient material in England for the Anglo-Saxon period. The analysis of the building materials of the church (Sutherland, *in press*) and the OSL dating of the CBM by the Durham laboratory (Bailiff, *in press*) revealed that the materials used were of Roman origin and were imported from the Roman towns of *Ratae* (Leicester) and *Lactodurum* (Towcester), 50 km and 40 km respectively from Brixworth (Everson & Parsons, 1979). Since Brixworth and Leicester are not connected by a navigable thoroughfare, and that the builders of All Saints had to travel 100 km return to retrieve the building materials, it is difficult to imagine this practice was for economic reasons. Moreover, the masons seemed to have reproduced the Roman style of Leicester masonries. Perhaps the commissioners of Brixworth wanted to do their best to evoke the grandeur of their imperial ancestors (Eaton, 2001; Morris, 1989).

Architecture was not the only aspect of a Roman past to be held in such esteem, and salvage or imitation of Roman objects and designs was also evident in the reuse of Roman coins in Saxon jewels and the replication of coin designs from the 3rd-4th century Roman Empire to make Saxon coins (Hunter, 1974, 38, 44). The use of Roman pottery and glass was also mentioned for the late Saxon period in the *Ritual of the Church of Durham*. 8th-9th century Otley crosses (Yorkshire) provided an example of the “perpetuation of classical sculpture standards” in the Barbarian western lands (Cramp, 1971, 63). This reappropriation of the past might reveal a pride for the antique past and a wish for *renovatio* of antiquity (Cowdrey, 1983, 73ff). This prestigious recreation of the antique grandeur needs, however, to be moderated and does not imply the disappearance of Anglo-Saxon or Carolingian traditions. On the contrary, this attraction for Roman antiquity served to highlight the wish to assimilate, accept and adopt the Latin culture. The Mediterranean classicism merged with the native cultural heritage of early medieval men (Hunter, 1974, 29). Anglo-Saxon gospels of Caedmon and Lindisfarne (Northumbria), for instance, with their mixture of Roman and Barbarian elements, showed the success of early Saxons to turn vernacular poetry and insular art into Christian themes (Hunter, 1974, 29).

II-4) Legitimization of an authority

The art of *Romanitas* could also have been used for a political and ideological purpose to justify the right of power. Founders and landlords, in particular Carolingian emperors and Anglo-Saxon kings, aspired to the glory of the Roman Empire, in order to legitimise their authority. To transmit this message, they resorted to euergetism. This legitimization was materialised, visually expressed through monumental architecture. It could be considered that art was being used as propaganda (Brenk, 1987, 104), by promoting collective memories with pictures of *Romanitas*. The material culture used by the political elites pointed to a wish to transmit a political ethnicity,

to form a new social identity (Hedeager, 1993, 130; Geake, 1997, 136). The purpose could have been to display their pedigree in order to justify their socio-political situation, as in the case of some Carolingian or Anglo-Saxon kings (such as Offa, King of Mercia) who publicised their genealogy to verify their status (Hunter, 1974, 48).

In the case of the authorities using Romanitas as propaganda, legitimisation is not necessarily made through a direct reference to the Antiquity itself but instead serves to emulate contemporaneous models, which were themselves initially inspired by the ancient Roma. The renewal of classical culture in Merovingian and Carolingian France was influenced by the contemporary Byzantine values on elite society. This was not simply a recognition of an ancient glory, but an emulation of a contemporary power (Schulze, 1976), i.e. the Carolingians reproducing the Byzantine models. In Kent, a conduit of the imperial ideology since the 6th century due to its links with the Frankish Empire (Schulze, 1976), it is likely there was an attempt to legitimise the power by using Frankish influences in conjunction with those of the Roman Empire (Geake, 1997, 108).

II-5) Assimilation Roman Church – antique *Roma*

In the early Middle Age, interest for the Roman past was often linked to an explicit elitist Christian ideology. The idea of legitimisation via assimilation with the antique *Roma* was also largely borrowed by the Roman Church, as the case of the Synod of Whitby (664) showed when the Christian liturgy was unified in England. To mark this unification, the single chosen model was the “original” one; the Roman model. The loyalty to the Church of Rome was marked by the imitation of its visual expressive and recognized mode of the religion and by the reuse of associated materials or structures. The aim was also to protect itself against the rising enemy, the Continental heresy, by unifying with the almighty Rome, model of power and stability, in order to guarantee its protection and its maintenance. This idea of digressive assimilation between the Church of Rome and the antique Rome was developed by Heitz (1976, 27f) who considered that Bede’s description of the construction of the churches of Jarrow and Monkwearmouth as “*more Romano*”, did not only refer to the building style in stone of the ancient Romans, but also to the liturgy of the Roman church. Finally, the arrival of Mediterranean religious men such as Augustine and missionaries from Rome (597), Theodore of Tarsus (near Antioch) Archbishop of Canterbury (669), with Hadrian, former Bishop of Niridano near Naples and Abbot of Saints Peter and Paul in Canterbury, also led and facilitated the introduction of Mediterranean contemporary influences (Hyslop, 1963, 193; Stenton, 1971, 130-2).

Therefore, if the use of the Roman by the Church is considered as propaganda in its nature, it is not just the ancient Roma being taken as a model, but the precepts and the liturgy of the contemporary Roman Church being borrowed by the English Church.

It should be stressed that these iconic theories are only valid where the bricks are actually arranged to be seen. In cases where materials were hidden under plaster, the aesthetic aspect no longer constitutes an argument to justify this architectural choice. It is necessary, therefore, to look for further possible explanations for the practice of reuse.

III) Economic constraints

The convenient and economic aspect of a neighbouring supply source close to the building site should not be underestimated. The reuse of ancient material could also be considered as an opportune and profitable logic (Deichman, 1976, 141; Stocker & Everson, 1990). Stocker and Everson defined this kind of reuse as “casual”, the original function of the material being not considered in its new use, its selection being careless and its reuse, random. Most of the Anglo-Saxon churches seemed to have resorted to this kind of reuse. Amongst churches reusing Roman stones, could be cited St. Mary Bishophill Junior in York (Briden & Stocker, 1987), Brixworth (Everson & Parsons, 1979), Alkborough and Broughton, church towers of Barton-on-Humber and Winteringham in Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990). However their identification is not obvious and Roman tooling marks, the types of cut or sculpture and sometimes petrographic analysis provide evidence that allows the ancient origin of the material to be identified. It was the case in St Martin’s of Canterbury for example where Marquise stone from the Parisian basin and imported by Romans in Britain was used in the walls (Worssam & Tatton-Brown, 1990). The “ready to use” shape of the rubble was not the only example of convenient Roman masonry. Sculpted stone could also be of interest. At St James, Selham (Sussex) where a Roman bas-relief from an architrave seemed to have been inserted as an impost amongst other Anglo-Saxon sculptures (Taylor & Taylor, 1965, II, 537-8; Hunter, 1974, 37). The visual impact of this reuse might have been diminished by its amalgamation with the rest of the surrounding Anglo-Saxon sculpted elements. Indeed it was more likely an economic and/or functional rationale rather than an iconic reason that influenced this use, facilitating the work of the sculptor on the building site. In the case of CBM, their reuse might have been a solution recommended by the Anglo-Saxon builders in south-east England as it is an area lacking good building stone. The builders adapted to the local conditions by resorting to lower quality, locally available stone (such as flint, ragstone, clunch...) and other Roman *spolia* such as stone rubble or CBM, more specifically in areas where clay is abundant such as in Essex and north Kent. It is possible that the reuse of Roman *spolia* was a reaction to the lack of local building stone, and could be considered as a purely practical and economic aspect of sourcing supplies. However, this argument needs to be moderated, as recycling materials from a previous building was not necessarily easier. The material needed to be collected, which meant detaching it from the wall, without breaking it in the case of ceramic, the adhering mortar needed to be removed (which was not always carefully done as it can be seen today in many cases), the material then had to be gathered and transported (Hansen, 2003). All these constraints were time and labour consuming, which tended to undermine the original idea of the utilitarian and economic reasons for the practice of reuse.

IV) Functionality

Availability and convenience are not sufficient to explain the reuse of Roman materials. Their supply often seems to have been selective and purposeful. The reuse was also influenced by the practical and functional value of the objects (Bernardi, 2000).

Initially the way CBM was used might have been an attempt to imitate the only known architectural mode, i.e. the Roman one, as Germanic builders were better known for their skills in timber construction. With experience and time in their adopted country, the Anglo-Saxon builders might have understood the technical interest in using this material (Baylé, 2000, 11), as bricks were mainly used in the building of sensitive, critical points in the early medieval masonry. Another example of functional reuse was the salvaging and reassembling of Roman structures, in particular, arches. This was the case in the tower of Barton-on-Humber, at Market Overton (old Rutland), Leicestershire (Taylor & Taylor, 1965), at St Mary Bishophill Junior in York (Briden & Stocker, 1987), at Alkborough, Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990), at Corbridge (Northumberland) where Roman tooling marks can be observed, and in the chancel arch of the church of Escomb (Co.Durham) whose features are very similar to the gateways of Roman forts (as can still be seen in Chester) and could have come from the neighbouring Roman fort in *Vinovia* (Binchester) (Baldwin-Brown, 1925; Taylor & Taylor, 1965). Reused voussoirs could also be seen at Broughton and Great Hale, Lincolnshire (Stocker & Everson, 1990). The functional aspect of this reuse was particularly obvious when is taken into consideration the usual rough and clumsy aspect of Anglo-Saxon arches whose voussoirs rarely had the trapezoidal shape required of these architectural elements. Another example of reusing Roman architectural elements was the utilization of column pieces (such as capitals), as could be seen in St-Philibert-de-Grandlieu in France or Glenworth, England (Stocker & Everson, 1990).

All these observations indicated that early medieval builders very likely understood the qualities of the ceramic material and the technical advantages of its use in construction. The continuity of use spanning more than five centuries and even beyond provided evidence of this technological recognition, in spite of the progressive diminution of the availability and accessibility of the material. The effort put into the transportation of this material also showed a premeditated, purposeful choice to seek it out (as can be seen at Brixworth).

Instead of providing a single, definitive answer to explain the reasons for reuse, this study offered various reasons for it. The visual recreation of past representations and the moral consciousness of the role and the impact of the ancient object on the people partially justified the reappropriation of Roman materials or models. The intention here was to express the legitimacy of the religion in order to join the venerable heritage of Roman predecessors. This legitimisation and the volition to physically impose the religion and to ensure its continuation also showed the political nature of this use.

If, however, the factors influencing the commissioners were purely economic need, opportunism, lack of artistic or technical imagination or on the contrary, technological recognition, then the reasons were consequently purely pragmatic and functional.

PARTIE 6

BILAN & PERSPECTIVES

CHAPITRE 24

LA DATATION PAR LUMINESCENCE DES TERRES CUITES ARCHITECTURALES

CHAPITRE 25

DATATION, ARCHITECTURE ET TCA

CHAPITRE 26

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

ENGLISH SUMMARY

LA DATATION PAR LUMINESCENCE DES TERRES CUITES ARCHITECTURALES

L'objectif de cette étude a consisté à évaluer le potentiel de la datation par luminescence à l'archéologie du bâti. Pour ce faire, une série de douze sites a été sélectionnée, sites pour lesquels des précisions chronologiques s'avéraient nécessaires concernant en particulier l'origine des matériaux de construction qui y étaient employés et parfois l'origine de l'édification elle-même, voire son évolution. Les similitudes architecturales visibles entre les deux pays concernés avant même la Conquête Normande ont amené à y étudier en parallèle l'origine et le mode d'utilisation de leurs terres cuites architecturales. A plus large échelle, l'objectif a été de tenter d'évaluer si les comportements humains et les choix qui les ont inspirés sont comparables entre la France et l'Angleterre.

I) Démarche méthodologique

Pour ce faire, nous avons eu recours à l'application de la TL/OSL à l'étude de TCA qui permet de mieux appréhender certaines problématiques archéologiques, en répondant notamment à la question sur l'origine de ces matériaux, sur la chronologie (origine, phasage) d'édifices majeurs de l'histoire de l'art... Il est également important de préciser la nécessité d'intégrer diverses disciplines pour étudier ce type de problématiques, l'application d'une méthode seule, quelle soit archéologique ou archéométrique, ne permettant que de répondre partiellement à la question.

Des briques ont été prélevées des maçonneries encore en place. Malgré la quantité de matière que requiert la méthode de datation par luminescence appliquée à l'archéologie du bâti, les dommages esthétiques sont généralement réduits par des dimensions minimales de prélèvements (en utilisant des forets de faible diamètre) et en soignant la restauration par le rebouchage au mortier coloré par des pigments dont les concentrations sont choisies de manière à imiter au plus près la couleur de la brique d'origine. Les échantillons prélevés ont ensuite été analysés au laboratoire.

La méthode de datation par OSL/TL doit être appliquée de manière réfléchie, en fonction du type de matériau analysé. Au sein même du groupe terre cuite, on observe en effet une grande variété dans la texture de la pâte, la minéralogie, les compositions élémentaires... Cette variété de la nature du matériau reflète la variété des protocoles, des techniques et des méthodes qui peuvent être mis en œuvre pour dater ce type d'échantillon. Cela explique également la variabilité de la précision des mesures, de la qualité des résultats finaux, non seulement entre sites, mais aussi au sein d'un même site, entre plusieurs échantillons, et parfois même à partir de différentes sections d'un même échantillon.

Afin d'évaluer la technique de datation la plus appropriée, au cas par cas, des procédures de vérification préliminaire des caractéristiques minérales des grains (par loupe binoculaire, cathodoluminescence, pétrographie, MEB) ont donc été mis en œuvre au cours de ce travail de thèse. Au vu des résultats des études de comparaison entre la caractérisation des échantillons (composition élémentaire, radiochimique) et leur datation, il a été montré que

l’attribution chronologique sur de simples critères physiques n’est pas fiable puisqu’elle ne peut être systématisée. D’autre part, la découverte de la présence de radioéléments à l’intérieur des grains utilisés en luminescence dans le cas de Saint-Philbert-de-Grandlieu nécessite désormais de vérifier l’éventualité d’une contribution interne aux grains, participant à la dose annuelle par des analyses supplémentaires effectuées en aval sur des grains utilisés dans la datation. Pour ce faire, on a eu recours à la spectrométrie gamma (lorsque la quantité de matière était suffisante) ou à l’ICP-MS sur les grandes inclusions de quartz.

II) Bilan des résultats de l’application de la luminescence à la datation des TCA des églises du haut Moyen Age

Concernant la datation de ces matériaux par TL/OSL, cette étude a permis de démontrer que ces méthodes peuvent être appliquées sur les artefacts archéologiques de terre cuite. Les résultats obtenus sur les douze sites peuvent être classés en trois catégories.

Les cas où les résultats physiques sont en **très bonne cohérence** avec les hypothèses archéologiques et/ou apportent des précisions supplémentaires aux connaissances préalables, concernent l’étude de la collégiale Saint-Martin à Angers, pour laquelle la construction de la tour-clocher a pu être placée au IX^e siècle (850 ± 60 ap.J.C.) ; l’étude de l’église de Notre-Dame-sous-Terre au Mont-Saint-Michel qui a permis de préciser, en conjonction avec les données archéologiques, les deux phases de construction à la fin du X^e siècle (950 ± 50 ap.J.C. pour les murs périphériques et 990 ± 50 ap.J.C pour l’ajout du mur médian et des sanctuaires orientaux), et enfin l’étude de l’église paroissiale de Saint-Martin de Tours à Chipping Ongar, où les briques se sont révélées être des productions médiévales légèrement antérieures à la Conquête (1040 ± 30 ap.J.C.).

Les cas où les résultats de la datation par luminescence appliquée aux terres cuites architecturales s’avèrent **satisfaisants** incluent les situations de remplois de matériaux, les résultats physiques confirmant dans ce cas les hypothèses archéologiques, sans les préciser. Au cours de cette étude, nous avons eu affaire à deux types de remplois : le cas de matériel suspecté anglo-saxon, déplacé à plusieurs reprises aux périodes ultérieures tel que pour les carreaux de pavement de l’église d’All Saints à York ; ou le cas de briques romaines utilisées dans les maçonneries des églises anglo-saxonnes de Saint-Martin à Canterbury, Sainte-Marguerite d’Antioche à Lower Haltsow, Sainte-Marguerite à Darenth et Holy Trinity à Colchester ou dans les maçonneries préromanes en France des églises paroissiales de Saint-Aubin à Vieux-Pont-en-Auge, Saint-Martin à Condé-sur-Risle ou encore Notre-Dame-Outre-l’Eau à Rugles. Dans ces derniers cas, la difficulté d’obtenir une date juste et précise réside dans l’évaluation de la dose annuelle, celle-ci ayant changé au cours du temps pour des objets déplacés. Il a néanmoins été possible d’estimer la date de fabrication de ces remplois à l’aide d’une correction apportée à la valeur de la dose annuelle. Le modèle impliqué dans cette correction se base sur l’hypothèse d’une provenance d’une structure antique composée seulement de mortier et de briques de même composition que l’objet daté. La fiabilité de ce postulat ne pouvant être vérifiée, elle a été quantifiée par l’attribution d’incertitudes de 20-25% dans les calculs. Cette proposition de correction est donc à considérer en tant qu’approximation.

Enfin, pour un cas particulier, celui de Saint-Philbert-de-Grandlieu, l'application de la TL/OSL s'est avérée **moins appropriée**, puisque les résultats physiques ont été relativement dispersés et n'ont pas permis l'obtention d'une date précise pour la production des matériaux de terre cuite. L'origine du problème dans ce cas présent est liée à l'hétérogénéité du matériau le rendant radiochimiquement complexe.

III) Intercomparaison

Afin de tester les protocoles mis en jeu pour tenter de résoudre ces différents problèmes, des études d'intercomparaison ont été réalisées entre différents laboratoires au cours de ce travail de thèse. Elles ont constitué des défis méthodologiques qui ont permis de réévaluer plusieurs *a priori*.

Concernant les aspects de la détermination de la dose annuelle, l'intercomparaison a permis de mettre en évidence la bonne compatibilité entre les laboratoires de Bordeaux et Durham de la dosimétrie *in situ* et des mesures radiochimiques par spectrométrie gamma à bas bruit de fond. Etant donné que les deux spectromètres des laboratoires n'ont pas été inter-calibrés auparavant, ces résultats sont relativement encourageants et confortent sur la fiabilité des résultats obtenus.

Pour ce qui concerne la détermination de la paléodose de matériaux radiochimiquement complexes tels qu'à Saint-Philbert, le problème intervient notamment lorsque les grains contiennent des radioéléments, même si, dans la mesure du possible, cette présence de **sources radioactives internes** a été prise en compte par des mesures moyennes des concentrations en radionucléides dans de petits échantillons par spectrométrie gamma ou ICP-MS. Cette particularité entraîne généralement une surestimation des âges. Des études complémentaires pour évaluer la contribution potentielle à la dose annuelle interne ont montré que c'est le volume irradié du quartz englobant la micro-inclusion radioactive qui peut accroître la dose annuelle interne du grain de manière conséquente (Bailiff, soumis).

D'autre part, dans le cas d'échantillons constitués d'une matrice grossière et hétérogène, l'utilisation de grandes inclusions provenant de cette matrice implique des problèmes de micro-dosimétrie (Guibert *et al.*, 2009). Malgré les mesures de radioactivité et la détermination de la dose annuelle sur l'échantillon en masse ou homogénéisé (en poudre), la dose annuelle β effective de ce type d'échantillon est probablement peu uniforme. Ce problème d'**hétérogénéité spatiale** est d'autant moins négligeable si l'effectif de grains participant à la luminescence du signal détecté est faible (Bailiff, soumis).

Enfin, dans le cadre de ces études d'intercomparaison, les datations pour certains échantillons ont été réalisées à partir de diverses techniques (petites inclusions polyminérales vs. grandes inclusions de quartz) dont les résultats ne concordent pas toujours. En règle générale, il apparaît que les datations obtenues à partir de la technique des grandes inclusions concordent entre les laboratoires quelles que soient les méthodes et techniques utilisées. En revanche, les données dérivées de la technique des petites inclusions sont généralement en désaccord avec les datations sur grandes inclusions de quartz. Plusieurs hypothèses peuvent être soulevées à la lumière des observations faites au cours de ce travail de doctorat. Les différences dans le comportement du **fading anormal**, inhérent à la technique des petites inclusions

polyminérales, ont été observées entre les différents laboratoires. Il est probable que les différentes procédures d'attaque chimique produisant différents mélanges d'espèces luminescentes dans les échantillons analysés jouent un rôle non-négligeable dans ces divergences. Bien que la technique des petites inclusions polyminérales ait l'avantage de produire des signaux très reproductibles, la nature des mélanges feldspathiques contribuant à la luminescence détectée rend l'interprétation du comportement du *fading* problématique en particulier lorsqu'il ne correspond à aucun modèle simple et dans ce cas l'extrapolation de la correction n'est probablement pas appropriée (Guibert *et al.*, 2009; Blain *et al.*, soumis). Cependant, cela n'est pas systématique et la technique des petites inclusions polyminérale est même particulièrement efficace lorsque la modélisation du *fading* est évidente, comme le démontre le cas de Saint-Martin d'Angers où les résultats TL concordent parfaitement avec les datations C14 et celles obtenues en archéomagnétisme. Enfin, les âges inexplicablement anciens obtenus sur quelques échantillons à partir de la technique des grandes inclusions de quartz (tels qu'à Vieux-Pont-en-Auge notamment) pourraient être le fait d'une instabilité particulière des quartz ou de **propriétés singulières des quartz**, hypothèses qui n'ont jusqu'à présent été l'objet d'aucune étude méthodologique approfondie. Afin d'évaluer la « pureté » des quartz utilisés en datation par luminescence, il serait désormais pertinent d'analyser les profils de cathodoluminescence des quartz ou d'avoir recours à l'analyse par spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif en ablation laser (LA-ICP-MS) des sections de quartz non-traités.

Au final cette étude a permis d'aboutir à une meilleure appréciation des atouts et limites de la méthode et à une amélioration du protocole de datation des TCA. Il en résulte que la méthode de datation par luminescence appliquée à ces artefacts archéologiques est particulièrement efficace, à condition que les matériaux analysés soient eux-mêmes appropriés. En effet, les données issues de la datation par luminescence pour un matériau homogène et dans sa position primaire sont particulièrement satisfaisantes. En revanche, pour un matériau hétérogène ou un élément déplacé, la situation est plus complexe ; la datation par luminescence sera moins pertinente et la précision moins bonne.

DATATION, ARCHITECTURE ET TCA

I) Contribution à l'histoire de l'architecture entre le IX^e et le XI^e siècle

Hormis les avancées méthodologiques que ce travail de thèse a permises, cette étude a également contribué à améliorer nos connaissances sur l'histoire et les techniques architecturales entre le IX^e et le XI^e siècle dans le nord-ouest de la France et le sud-est de l'Angleterre.

En effet, dans le cas où les TCA se sont révélées être contemporaines à l'édification du haut Moyen Age, les résultats qui ont découlé de l'étude chronologique des matériaux de construction ont non seulement permis de **préciser la position de sites-clés** dans la chronologie de l'Histoire de l'Art, mais également de **réévaluer des préjugés historiques**, notamment au vu de la fiabilité de certaines sources littéraires parfois promptes à surestimer l'implication de certains personnages politiques dans les programmes de construction monumentale.

Bien que l'analyse archéométrique délicate de **Saint-Philibert-de-Grandlieu** n'ait pas permis de préciser l'origine et le phasage de l'édifice, il semble néanmoins que les matériaux utilisés pour la construction soient majoritairement des productions du haut Moyen Age (vers le IX^e siècle), avec quelques matériaux de récupération et des témoins des réfections de l'époque romane.

L'étude de la collégiale **Saint-Martin d'Angers** a permis de réévaluer l'attribution chronologique de l'édification de la partie inférieure de la croisée du transept et de la façade occidentale au IX^e siècle. Cette nouvelle donnée chronologique a non seulement des implications sur nos connaissances préalables historico-politiques, mais aussi sur l'évolution de l'histoire de l'art. En effet, la construction de cette partie de l'édifice ne peut plus désormais être assignée à la politique monumentale du comte d'Anjou Foulque Nerra, dont la contribution à la remise en état de Saint-Martin a dû se limiter à la nef seulement. Cette réévaluation offre une nouvelle importance à l'Anjou pendant le haut Moyen Age, en le situant comme précurseur dans le domaine artistique.

L'influence de l'Anjou s'est en particulier étendue dans la Normandie des X^e et XI^e siècles, où l'architecture d'édifices plus humbles tend à imiter celle d'Anjou, comme l'avaient déjà suggéré Musset (1967) et Decaëns (1987), influence notamment visible dans le mode d'utilisation des TCA. Ce fut probablement le cas pour les édifices étudiés dans cette thèse tels que les églises paroissiales de **Vieux-Pont-en-Auge, Rugles, Condé-sur-Risle**, si l'on accepte leurs datations basées sur les données historiques et typologiques et surtout pour l'église souterraine de **Notre-Dame-sous-Terre au Mont-Saint-Michel**, pour laquelle l'étude archéométrique a démontré la postériorité de sa construction par rapport à celle de Saint-Martin d'Angers, par exemple. D'autre part, l'analyse chronologique combinée aux informations relevant de l'étude archéologique du bâti de Notre-Dame-sous-Terre a permis de définir l'intervalle de temps qui a séparé ses deux phases de constructions - quelques décennies tout au plus - et de trancher parmi les hypothèses diverses et controversées qui prévalaient jusqu'à présent.

Ce travail a également été l'occasion de se pencher sur la question des liens entre la Normandie et l'Angleterre, à travers l'étude de cas ponctuels. En effet plusieurs des sites

concernés par cette étude ont révélé des indices d'influences architecturales étrangères. C'est le cas tout d'abord à Vieux-Pont-en-Auge pour lequel M. Baylé avait déjà soulevé l'hypothèse d'une relation avec le monde saxon sur la base de l'évocation de l'appareil « long-and-short » dans la maçonnerie de l'église normande.

Outre Manche, de nombreuses églises témoignent d'une influence normande. C'est le cas par exemple de l'église de Boreham (Essex) où l'arc du chevet primitif présente une alternance entre claveaux de pierre et briques. Bien que l'origine de ce type de décor architectonique remonte à l'époque romaine et à la civilisation byzantine, il s'agit, dans le monde anglo-saxon, du seul exemple connu recensé au cours de cette thèse. En revanche, les exemples de ce type ne manquent pas en France, et en particulier dans le nord-ouest du pays. Cette probable influence du monde normand sur le motif de l'arc de Boreham est-elle antérieure à la Conquête ? Taylor & Taylor (1965) attribuent l'arc à la période anglo-saxonne celui-ci ayant été bloqué lors de la reprise de construction du chevet anglo-saxon alors transformé en tour centrale. Les TCA utilisées comme claveaux dans l'arc ont été interprétées comme des remplois au vu de la présence d'une *tegula* parmi les claveaux et les variétés de dimensions et de types de matériaux utilisés suggérant des matériaux recyclés. Cette information ne fournit cependant aucun indice sur la datation, puisque les Normands, à l'instar de leurs prédecesseurs anglo-saxons ont également eu recours aux remplois de matériaux romains.

Un autre exemple de relation franco-anglaise est celui de l'église de **Chipping Ongar** où le type des TCA n'est attribuable à aucun exemple connu et dont l'analyse archéométrique a permis de révéler qu'elles étaient de manufacture médiévale. Les variations des dimensions, la fréquence de TCA à l'état fragmentaire et leur utilisation indifférenciée sporadique et pré-méditée tendent à suggérer qu'on a affaire ici à l'utilisation d'un excès de matériaux qui ont probablement été déplacés. D'autre part, l'église de Chipping Ongar est l'un des rares sites anglais où des arases horizontales de TCA lient de manière continue et régulière le pourtour de la maçonnerie de l'église, caractéristique en revanche plus fréquente dans les églises normandes françaises. Les propriétaires du site sont eux-mêmes affiliés avec le duché normand et ses alliés. Enfin, sur la base de critères typologiques, l'église est attribuée à l'architecture normande et dédiée à Saint Martin de Tours, dont le culte fut particulièrement fervent au Moyen Âge en France. Tous ces indices suggèrent davantage cette connexion avec le monde franc. Enfin et surtout, la datation physique indique une origine pré- ou proche de la Conquête pour la manufacture de ces TCA. Par conséquent, il se peut qu'on ait affaire ici à un exemple des premières TCA post-romaines d'Angleterre, antérieur aux *great bricks* de Coggeshall, ou à des matériaux importés du continent. Ces résultats intrigants mériteraient le développement de cette étude à d'autres cas contemporains et isolés d'Essex présentant ce même type de briques non identifié (Ryan, 1996). Ces nouvelles données qui remettent donc en question le rôle pionnier des Cisterciens dans la réintroduction technologique de la production des TCA en Angleterre concordent avec les résultats des travaux récents de Ryan (1996), Rodwell (1998) ou encore Andrews (2008) qui ont montré que l'apparition des premières briques post-romaines pouvait être antérieure aux importations cisterciennes ou flamandes.

Pour terminer, dans le cadre de cette thèse, un travail a également été mené sur des carreaux de pavement provenant de l'église **All Saints à York**. Il s'agit d'un spécimen de la série ponctuelle des *polychrome glazed tiles* de la fin de la période anglo-saxonne en Angleterre. La redécouverte et la maîtrise au X^e-XI^e siècle de la technique de production de TCA après un hiatus de plusieurs siècles étant peu plausible tendent à suggérer une réintroduction de ce

savoir-faire à partir du Continent. Cependant, cette théorie reste débattue et cette polémique mériterait une investigation plus poussée sur la datation et l'origine de cette série.

II) Les TCA, témoins de la culture matérielle

Enfin, l'étude des TCA, témoins de la culture matérielle, a contribué à l'amélioration de notre approche des comportements humains du passé.

L'histoire architecturale d'un bâtiment reflète les usages, les personnalités et les événements locaux qui lui sont associés; elle sert de témoin graphique de l'histoire locale. La création architecturale obéit à des lois tributaires de traditions et de modes qui dépendent de l'air du temps et à des contextes politico-économiques qui déterminent des contraintes matérielles ou des impératifs de commanditaires. L'histoire architecturale renseigne donc indirectement sur les vicissitudes économiques, le développement religieux et la culture d'une population, ses compétences techniques et sa capacité esthétique (Forsyth, 1953). Ainsi l'étude de l'origine et l'utilisation des matériaux de construction au haut Moyen Age renseigne non seulement sur les comportements socioculturels, mais aussi sur les raisons politico-économiques qui ont guidés ces choix architecturaux. Elle apporte également des informations sur les pratiques sociales ou rituelles, l'organisation et l'activité économique du chantier de construction, les développements techniques et esthétiques, les implications sociales, les idéologies et les croyances. L'objectif de ce travail a donc consisté à étudier le mode d'utilisation des TCA, leur origine, leur place dans la construction, la distribution spatiale de leur utilisation, afin d'évaluer à une échelle plus vaste un comportement culturel de sociétés passées. Il s'agissait ici d'évaluer l'ampleur du remploi de *spolia* antiques au haut Moyen Age et de comprendre les raisons de cette pratique.

Deux partis majeurs ont été proposés pour interpréter ce comportement : celui de l'utilisation de la brique dans un **but pragmatique** : c'est-à-dire économique et technique et celui de l'**utilisation iconique**, on a alors recours à l'esthétique pour faire passer un concept éthique. On a donc cherché à déterminer si l'emploi de la brique est la volonté du commanditaire ou une technicité reconnue des maçons.

La longévité de l'emploi de la brique dans la construction des édifices religieux pour la période étudiée et la perpétuation de ses modes d'utilisation jouent en faveur de la reconnaissance des avantages constructifs de ce type de matériau dans la réalisation d'édifices solides, faits pour durer. Et cette **reconnaissance technique** est commune aux deux pays, comme l'illustre l'emploi similaire des briques dans la mise en forme des ouvertures, même si chacun adapte ou développe parfois son propre mode d'utilisation; les Anglo-Saxons préférant en effet l'employer dans les chaînages d'angle et les Français, en arases dans le mur. En revanche, on observe quelque variation dans la culture matérielle entre les deux domaines, comme l'illustrent en particulier les différences dans l'origine des terres cuites sélectionnées.

En France, dans les édifices de haut statut, il semblerait qu'on choisisse de commander des matériaux neufs dont la fabrication est plus coûteuse en temps, en main-d'œuvre et en argent plutôt que d'avoir recours au remploi. Cette pratique pourrait être interprétée comme une **manifestation ostentatoire** de la position sociale et/ou économique des commanditaires. Ce phénomène s'apparente à celui décrit pour les XIII^e-XIV^e siècle par Chapelot et Chapelot (2000) concernant les rares ateliers de tuiliers pour cette période qui relèvent généralement d'un statut seigneurial laïc ou ecclésiastique, notamment en Bourgogne, Provence et Languedoc. Dans les églises plus humbles du haut Moyen Age, qui tendent à imiter certaines

caractéristiques des modèles architecturaux majeurs, on recycle plutôt des matériaux antiques, ce, probablement pour des **raisons économiques**. On peut donc difficilement attribuer une justification iconique à cette réappropriation, dans la mesure où elle n'apparaît pas dans les édifices les plus illustres. Dans ce cas présent, ce n'est pas tant l'objet lui-même, mais l'image renvoyée qui prône dans la réappropriation de l'antique. Cette étude révèle aussi le caractère exceptionnel de l'activité de production de TCA au haut Moyen Age, à une époque où la production de masse pour ce matériau n'existe pas. La production et l'utilisation de la TCA pour des périodes antérieures au XI^e siècle en France restent donc atypiques et se limitent essentiellement à des milieux sociaux particuliers et visibles (Chapelot & Chapelot, 2000). Cette étude pose également la question de l'économie de chantiers pour des édifices où il est fait usage de briques produites dans le but de la construction ; les modes d'organisation, de gestion et de projection de l'usage de la brique différant sensiblement de l'économie de chantier des petits édifices paroissiaux ayant eu recours au remploi de matériaux déjà fabriqués. Ce n'est qu'à partir de la fin du XI^e siècle, que le renouveau de la production de TCA s'étend à une échelle plus large, se répandant à partir du sud de la France et du nord de l'Italie, où la production semble s'être perpétuée plus ou moins de manière ininterrompue depuis la fin de la période romaine (Norton, 1983). Cependant, cette hypothèse reste à moduler selon les cas ; en effet, il ne s'agit pas d'un phénomène systématique, certains édifices prestigieux ayant eux-aussi recours au remploi, comme le montre la présence de TCA gallo-romaines utilisées comme claveaux dans les vestiges du palais épiscopal de Lisieux (Bouvier *et al.*, à paraître).

Pour ce qui concerne l'Angleterre à la même période, quel que soit le statut des édifices anglo-saxons (du moins, pour ceux qui nous sont parvenus), il est en revanche invariablement fait usage de *spolia* de terre cuite. Peut-on alors confronter cette pratique à celle française et lui proposer ainsi une justification économique ? Ou convient-il de distinguer les comportements de ces deux sociétés ? Les variations dans le mode d'utilisation des TCA illustrent peut-être les différentes influences dans le renouveau de la culture classique des deux pays ; celui-ci se faisant en partie sous l'influence des valeurs byzantines contemporaines en France et par la connaissance continue de la culture antique tardive en Angleterre (Geake, 1997). En Angleterre, la volonté de construire en dur, de façon permanente selon les mêmes procédés que les seuls modèles connus, à savoir les vestiges romains toujours en place et/ou l'architecture continentale, elle-même largement influencée par les modèles romains, incite à **perpétuer les modes de construction romains**, et en particulier, l'usage des TCA dans les maçonneries. Ce choix architectural est également probablement combiné à des **contraintes techniques** liées à la méconnaissance du savoir-faire. D'autre part, l'intérêt de remployer des vestiges matériels du passé peut être aussi lié au désir éthique de construire des liens culturels, religieux ou idéologiques entre le passé antique et le présent (Schnapp, 1996 ; Effros, 2001). Cette utilisation délibérée d'objets anciens constitue alors un moyen d'incorporer le passé (Burström, 1996), l'ancienneté de l'objet étant employée de façon didactique ou iconique pour légitimer le statut et l'autorité de l'individu ou de l'institution à l'origine de la nouvelle construction (Eaton, 2001), en procurant au bâtiment une **symbolique importante de son héritage**.

Quelle que soit l'origine du matériau utilisé, son mode d'utilisation n'est pas anodin et relève d'une volonté commune aux deux populations. Ces matériaux sont en effet spécifiquement réservés à l'architecture. Or celle-ci est d'une importance considérable puisque l'architecture participe à la construction d'identités culturelles. En effet, le monument sert à matérialiser,

commémorer et projeter dans le futur des aspects culturellement significatifs du passé et du présent. Il existe donc une relation entre l'imitation au haut Moyen Age de styles de construction, de pratiques sociales et d'artefacts romains et la construction et la reproduction de mémoires sociales (Burström, 1996). De plus, par sa monumentalité, l'architecture constitue une forme d'expression visuelle et stimulante pour tous et son pouvoir de représenter et transmettre des messages lui confère un rôle de média culturel (Skeates, 2005, 192). L'architecture peut donc être employée pour **promouvoir une idéologie particulière**. C'est parfois à cet égard que la construction d'édifices religieux a été commanditée par des pouvoirs religieux ou politiques. En particulier, la reprise de modèles architecturaux antiques et l'utilisation d'un matériel véhiculant une affiliation particulière avec le passé romain démontrent la volonté d'afficher une assimilation entre le passé glorieux romain et l'identité des nouveaux pouvoirs contemporains qui cherchent à s'imposer. On a affaire ici à une politique architecturale d'**évergétisme**, la puissance du commanditaire étant marquée de manière ostentatoire via une architecture de revendication, comme moyen de propagande pour légitimer une autorité. D'autre part, la volonté de perpétuation de son pouvoir dans le futur est marquée par le caractère durable prémedité des constructions. Cette intention de construire de manière visible et permanente permet ainsi d'imposer la religion ou le pouvoir politique et d'en assurer le maintien.

Ces hypothèses restent néanmoins à moduler car il faut tenir compte de la variabilité des comportements humains est plus grande que celle des pratiques et d'un certain nombre d'impératifs techniques et économiques qui se greffent aux volontés éthiques et esthétiques.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le rôle de la chronométrie pour l'archéologie du bâti est de recaler de manière la plus précise possible des édifices clés dans le sens où ils constituent des marqueurs technologiques et stylistiques de leur époque et permettent d'établir une chronologie relative de l'architecture médiévale. Or la datation par luminescence des TCA, si elles sont contemporaines des structures architecturales dont elles sont issues, permet de dater des traits stylistiques qui sont la base de la typo-chronologie des formes architecturales. D'autre part, pour la période comprise entre le IX^e et le XI^e siècle, ces édifices peuvent constituer les uniques témoins de cette période ; d'où la nécessité de bien les comprendre. De par leur ancienneté, ils ont souvent été réutilisés, repris, modifiés, transformés, ce qui soulève de nombreuses interrogations et problèmes archéologiques. Les différentes phases d'un édifice étant parfois difficiles à cerner, les dater permet d'en comprendre l'évolution. Enfin, l'étude de ces édifices et, en particulier, la datation de leurs matériaux de construction mettent en évidence ou témoignent d'autres questionnements relatifs aux pratiques esthétiques et économiques liées à une époque, aux volontés humaines qui ont instigué ces choix.

Dans cette optique, cette étude s'est donc avérée relativement concluante, en particulier dans l'affinement de la datation d'édifices ayant recours à l'emploi de matériaux fabriqués dans le but de leur construction, mais également dans la vérification de suspicitions archéologiques préalables relatives à la pratique de remplois antiques au haut Moyen Age. Concernant ce phénomène, il reste cependant périlleux de tirer une conclusion unique et générale compte tenu du nombre d'édifices étudiés, très largement dispersés spatialement. Il s'avèrerait nécessaire de prendre davantage conscience des disparités dans le temps, dans l'espace géographique, socio-économique. Cette étude mériterait donc d'être étendue à d'autres régions : au nord et à l'ouest de l'Angleterre, à l'est et au sud de la France (thèse de doctorat en cours d'A.Bouvier), à d'autres pays comme l'Italie, l'Espagne et à d'autres périodes antérieures (mérovingiennes, thèse d'A.Bouvier), postérieures (romanes, normandes,... thèse en cours de T.Gurling). Il serait intéressant également de multiplier les études sur des sites de statuts différents, des édifices religieux, mais aussi civils, militaires, dans des milieux urbains ou ruraux, afin de prendre conscience des variétés dans l'organisation administrative, financière et matérielle. Il existe de nombreux édifices qui pourraient faire l'objet d'une telle étude car ils présentent les mêmes interrogations concernant l'origine des TCA, généralement interprétées comme des remplois romains, mais où la similarité des dimensions et textures des briques et leur utilisation régulière dans la maçonnerie tendent à suggérer un lot de brique homogène de productions contemporaines. C'est le cas par exemple de l'église wisigothique reprise au IX^e-X^e siècle de Santa Camba de Bande en Espagne (Araguas, 2007), de l'église angevine de Saint-Pierre à Gennes (F) (Baylé, 2004), du château carolingien de Mayenne (F), le château de Fyfield en Essex (GB) (Ryan, *comm.pers.*), de l'église normande de Elsenham en Essex (GB) (Rodwell & Rodwell, 1977), etc. Pour les carreaux décoratifs, l'exemple des éléments de terre cuite toujours en place de la composition architecturale recouvrant l'arc du porticus de l'église de Britford, Wiltshire (GB) (Kerr & Kerr, 1983, 36) pourrait également constituer un sujet d'étude des plus intéressants.

Enfin, au cours de cette thèse, l'événement daté a été la dernière cuisson subie par les TCA, la datation de leur dernière exposition à la lumière nécessitant une méthode (l'OSL de surface) dont la mise en place est encore à l'état embryonnaire (Haberman *et al.*, 2000 ; Greilich *et al.*,

2002 ; Greilich, 2004 ; Vafiadou *et al.*, 2007). Le développement de cette dernière devrait dorénavant permettre de dater directement l'insertion des TCA dans la maçonnerie et donc l'édification elle-même. L'OSL de surface est donc en toute logique la prochaine étape à considérer dans l'application des méthodes physiques de datation à l'archéologie du bâti.

ENGLISH SUMMARY

The overall aims of this study are to evaluate the potential viability of luminescence dating as a tool for building archaeology and in so doing, to re-address the long-standing theories surrounding the reuse of Roman *spolia* on medieval building sites. A series of 12 sites were selected based on the need for chronological re-evaluation of the origin of the building materials, the edification of the building itself and even intermediate building phases. Architectural similarities observed between France and England, even before the Norman Conquest, naturally led to an investigation into the origin and the mode of use of ceramic building materials (CBM). The wider aim is to attempt to evaluate whether human behaviour and the factors that influenced choices were similar in the two countries.

Chapter 24: Luminescence dating of CBM

I) Process of the study

The luminescence technique (TL/OSL) were applied to the study of CBM as they can assist archaeological investigations, solving especially the questions of the origin of these materials and the chronology (origin, phasing) of major importance in historical buildings studies. Wall bricks were sampled from standing buildings. Despite the quantity of material luminescence requires, aesthetic damage is minimized by reducing the size of the samples (using a small diameter core drill bit) and by repairing the hole with pigmented mortar as close to the original brick colour as possible. The samples were then analysed in the laboratory.

The OSL/TL dating method must be applied carefully according to the type of material to be analysed. A large variety of fabric, mineralogy and composition were observed within the group of ceramics tested. This diversity requires that a range of protocols, techniques and methods are applied to date such sample. Otherwise of the reliability of the final results is likely to be vary, not only between sites, but also within the same site, and between several samples, sometimes even from different sections of the same sample.

To evaluate the most appropriate dating procedure, a process of preliminary characterisation of the mineral characteristics of the grains (binocular microscope, cathodoluminescence, petrography, SEM, luminescence) was consequently carried out during this study. The discovery of radionuclides within grains used in luminescence in the case of St Philbert-de-Grandlieu necessitated an investigation of the dose rate contribution to the grains, and led to a dose rate calculated on the basis of further analyses carried out on grains used in dating measurements. Analyses by inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) or gamma spectrometry (where the activity was sufficient to be detected) were then performed on coarse grains.

II) Results of luminescence dating applied to CBM from early medieval churches

This study has shown that the luminescence dating techniques can be routinely applied on ceramic archaeological artefacts. The results from this study can be categorized into three groups.

1. Cases where the scientific results are in **good agreement** with archaeological assumptions and/or bringing further information: the study of the Collegiate of Saint-Martin in Angers, for which the bell-tower was erected in the 9th century (AD 870±60); the study of the church Notre-Dame-sous-Terre which allowed defining, in conjunction with the archaeological data, the identification of two building phases in the late 10th century (AD 950±50 for the surrounding walls and AD 990±50 for the eastern sanctuaries and the median wall); the study of the parish church of St Martin of Tours, Chipping Ongar, where the bricks sampled (AD 1040±30) appeared to be of early medieval manufacture produced slightly prior the Conquest.
2. Cases where the results of luminescence dating applied to CBM provided **confirmation** including situations where there was a question relating to reused materials based on archaeological assessment. The study highlighted two types of reuse were practiced: i) suspected Anglo-Saxon material displaced several times in later periods such as the floor tiles of All Saints' church, York; and ii) Roman bricks used in the walls of Anglo-Saxon churches such as in St Martin in Canterbury, St Margaret of Antioch in Lower Halstow, St Margaret in Darenth and Holy Trinity in Colchester, or in pre-Romanesque masonries in France, in the parish churches of St Aubin in Vieux-Pont-en-Auge, St Martin in Condé-sur-Risle or Notre-Dame-Outre-l'Eau in Rugles. In the case of reused materials, the uncertainty in the luminescence date (of manufacture) is increased because of uncertainty in the gamma component of the annual dose rate with each displacement. However, it was possible to estimate a date of manufacture for these materials with a corrected dose rate (Bailiff, 2008). The model involved in this correction is based on the assumption of a provenance from a Roman structure made of mortar and bricks of the same composition as the analysed brick sample. Since this was a working hypothesis, uncertainties of 20-25% were assigned to the calculation of the gamma dose rate. Typically the effect of this correction on the age falls within a range from 2.6 to 6.7 %.
3. Cases, notably, St Philbert-de-Grandlieu, where the application of luminescence dating was **unsatisfactory** when applied to material judged on the basis of archaeological observations to be coeval. The scientific results were relatively highly dispersed and did not allow a manufacture date for these materials to be defined with a relative error comparable to those obtained in Case 1 and 2 types. The origin of the problem in the particular case of St Philbert is due to the heterogeneity of the ceramic fabric making it radiochemically complex.

III) Intercomparaison as a monitoring issue

To test the experimental protocols involved and in an attempt to examine the various accuracy of dates, intercomparison studies between the laboratories of Bordeaux (F), Durham (UK), Catane (I) and Milan (I) were included in this study.

Concerning the aspects of annual dose determination, the intercomparison study indicated good agreement between the laboratories of Bordeaux and Durham relating to *in situ* dosimetry and radiochemical measurements by gamma spectrometry. Given that the two spectrometers in Durham and Bordeaux had not been inter-calibrated, these results are encouraging and reassuring for the reliability of results obtained.

Regarding the paleodose determination of radiochemically complex materials such as in the case of St Philbert, problems occur especially when luminescent grains contain radionuclide sources.

Although the presence of **internal radioactive sources** was taken into account (gamma-spectrometry, ICP-MS), the luminescence ages obtained are likely to overestimate the true age. Further studies to evaluate the potential contribution to the internal grain dose-rate indicate that the alpha irradiated volume of quartz surrounding radioactive microinclusions that has the potential to increase the internal grain dose rate significantly (Bailiff, submitted). Moreover, in the case of samples with a heterogeneous fabric, the use of coarse grains from this matrix of this type presents micro-dosimetry problems (Guibert *et al.*, 2009) and the β -dose rate of this type of sample is likely to be non-uniform.

Finally, within the frame of these intercomparison studies, some samples were dated following different techniques (polymimetic fine grains vs coarse grains of quartz). The coarse quartz grain dates seem to be consistent with the archaeological chronology, contrary to the data derived from the polymimetic fine grain dates, which are systematically younger. The problem is likely due to **the anomalous fading**, associated with feldspar minerals, inherent in polymimetic fine grain technique. A difference in the behaviour of the fading was observed between the different laboratories of Bordeaux, Milan and Catane. It is suspected that different chemical etching procedures resulted in different proportions of luminescence species in the measurement samples, playing a significant role in the discrepancy observed. Whilst the polymimetic fine grain technique provides highly reproducible signals, the nature of the feldspar mixture contributing to the detected luminescence makes any interpretation of the fading behaviour problematic, especially when it does not correspond to any simple model and in this case, the extrapolation of the correction is not appropriate (Guibert *et al.*, 2009; Blain *et al.*, submitted).

To conclude, this study provides a better estimation of the advantages and disadvantages of the method and has led to an improvement of the protocols used to date CBM. As a result of this work the method can, in theory, be applied routinely providing the materials being analysed are themselves suitable. Indeed, data provided by luminescence dating for a homogeneous material found in its primary position are reliable. However, for a heterogeneous material or a displaced object, the situation is more complex and the limitations of luminescence dating applied to such contexts needs to be recognised.

Chapter 25: Dating, architecture and CBM

I) Contribution to history of architecture between the 9th and 11th century

Besides the methodological improvements achieved within this work, the study has aimed to contribute to an improved understanding of architectural history and techniques used between the 9th and the 11th century in north-west France and south-east England.

In cases where CBM appears to be contemporary to the early medieval building, results from the chronological study of the building material not only allows the **positioning of key-sites** in the chronology of the history of art to be clarified, but also for **established historical interpretations to be re-evaluated**.

In the case of the detailed scientific analysis of ceramic samples from the **St Philbert-de-Grandlieu abbey church**, the building origin and phasing could not be clarified any further.

However, the data obtained for the bricks (albeit with their technical limitations) suggest an early medieval origin for their manufacture rather than a practice of Roman reuse.

Conversely, the study of **St Martin's Collegiate church, in Angers**, enabled the dating of the lower parts of the crossing tower and of the western façade to be re-evaluated to the 9th century. This new chronological information has implications, not only concerning previous historic-political knowledge, but also on the evolution of the history of architecture. The construction of this part of the building can no longer be attributed to the famous Count of Anjou, Fulk Nerra. Indeed, his contribution to the rebuilding of the church should now be limited to the upper part of the tower and of the nave. This chronological re-evaluation could potentially grant renewed significance to the Anjou province in the early Middle Age.

The influence of Anjou spread to Normandy, particularly in the 10th and 11th centuries, where the architecture of more humble buildings tends to imitate those seen in Anjou, most notably in the mode of use of CBM in the masonry. This could well be the case for other buildings studied in this thesis such as the parish churches of **Vieux-Pont-en-Auge, Rugles** or **Condé-sur-Risle**, if the preliminary dating for these sites from typological and historical data is accepted, and especially the church of **Notre-Dame-sous-Terre, in Mont-Saint-Michel**, where the dating study showed it was built after St Martin of Angers for instance. Moreover, the chronological data, used in conjunction with the archaeological interpretation of Notre-Dame-sous-Terre, allowed the gap separating the two building phases to be defined (a couple of decades) and enabled one clear hypothesis to stand out amongst the many controversial claims made for this particular site.

This study also provided the opportunity to examine the links between Normandy and England through case studies. Several sites seemed to reveal foreign architectural influences, such as Vieux-Pont-en-Auge where M.Baylé had already raised the hypothesis of a relationship with the Saxon world on the basis of a possible evocation of "long-and-short" work in the masonry. Similarly, in England, a number of churches show a Norman influence. This can be seen at Boreham (Essex) for example, where the arch of the early chancel displays an alternation of brick and stone voussoirs. Although the origin of this type of architectural decoration is Roman or Byzantine, it is the only known example in the Anglo-Saxon world. However, examples of this kind are common in France, especially in the north west of the country. Is the pattern of the Boreham arch due to Norman influence prior to the Conquest? Taylor & Taylor (1965) assign the arch to the Anglo-Saxon period, before being blocked when the early chancel is turned into a Norman crossing tower. The CBM used as voussoirs in the arch is likely reused Roman material on the basis of a *tegula* identified amongst the voussoirs and because the variety of size, colour and fabric of the surveyed CBM suggests salvaged material. This information does not, however, provide any real evidence for the arch being Norman, as the Anglo-Saxons also resorted to reused Roman materials.

Another example of Anglo-French relations is the **Chipping Ongar** church, where the CBM cannot be attached to any known type and are of medieval manufacture according to the OSL results. The variations in size, the large number of fragmentary CBM, even used in the structural features of the church, and the sporadic use of other bricks tends to suggest the use of an excess of imported materials. Moreover, Chipping Ongar is one of the few sites in England where bricks are used in a continuous and regular way all over the building, a feature which is, however, more

usual in France. Ownership of the church itself is linked with the Norman Duchy and its allies. Furthermore, using typological criteria, the church is assigned to the Norman style of architecture and dedicated to Saint Martin of Tours, whose cult was particularly fervent in medieval France. Finally, the OSL dating suggests a prior to or near Conquest origin for the brickmaking. All this evidence reinforces the idea of a connection with the Norman world. Therefore, it is possible that the bricks are an example of early, post-Roman CBM in England, similar to but earlier than the “great bricks”, or imported material from the Continent. These surprising results warrant the study to be developed to other contemporary cases isolated in Essex and displaying the same kind of unidentified bricks (Ryan, 1996). These new data casts some doubt on the pioneering role of Cistercians in the technological reintroduction of brickmaking in England and is in agreement with the recent works of Ryan (1996), Andrews (2008) and Rodwell (1998) which showed that the early post-Roman bricks could have actually been prior Cistercian or Flemish imports.

The work was carried out on floor polychrome glazed tiles from **All Saints' church, York**. As a sudden rediscovery and mastery of the technique of CBM making in the 10th-12th century after a hiatus of several centuries in England is unlikely, the appearance of the series of Anglo-Saxon polychrome glazed tiles would tend to suggest a reintroduction of the know-how from the Continental network. This theory is discussed and the question certainly deserves further investigation on the dating and the origin of such a series.

II) CBM, as an indicator of material culture

Finally, the study of the role of CBM as indicators of past material culture contributes to an improvement in the understanding of past human behaviour.

The architectural history of a building reflects local practices, personalities and events and therefore constitutes a graphic witness of local history. It indirectly presents information on economic vicissitudes, religious development and the culture of a people, their technical skills and aesthetic choices. Architectural creations are influenced by traditions and fashions and are also dependent on politico-economic contexts, which determine material constraints or the commissioning requirements. The study of the origin and mode of use of building materials in the early Middle Ages therefore provides information on the cultural behaviour of early medieval people together with the politico-economical choices they made. This study sheds light on the social or ritual practices, the economical organisation and activity, the development and social implications of technology and aesthetics, and their ideologies and beliefs. One of the aims of this work was to study the mode of use of CBM, their origin, their place in the construction and the spatial repartition of their use, in order to evaluate the wider picture of the cultural behaviour of past societies. The purpose was to assess the extent of and the reasons for the practice of Roman *spolia* reuse in the early Middle Ages. Two main interpretations can be proposed to explain this behaviour: 1. the use of brick in a **pragmatic** way, e.g. economic and technical, and 2. **iconic** use. Further, the study attempts to evaluate whether the use of brick is the choice of those commissioning the work or due to the technical benefit recognized by the masons.

The longevity of brick use in early medieval religious buildings and the perpetuation of its modes of use show the **technical recognition** of constructive advantages of using this material in durable and solid construction, in spite of the progressive diminution of the availability and

accessibility of the material. This is common to the two countries, as displayed by the similar use of bricks to turn openings, even if each country sometimes adapted and developed new modes of use, for example: the Anglo-Saxons preferred using it in quoins and the French as horizontal rows in the wall. Indeed some variation can be observed in the material culture between the two areas, highlighted by the difference in the origins of the CBM used.

In France, high status buildings used new materials, which would have been more expensive in time and money than practising reuse, and so presented an **ostentatious manifestation** of the socio-economic position of the commissioners. Similarly, this phenomenon is observed by Chapelot & Chapelot (2000) concerning 13th-14th century rare tile workshops, which were related to both secular and ecclesiastical lordly status. In more modest early medieval churches, which try to imitate some architectural features of major architectural buildings, it is more usual to see reused material employed, most likely for **economic reasons**. It is therefore difficult to give any iconic justification to the reappropriation as it does not appear in the most important buildings. In this case, it is not the object itself, but the image presented which is important in the reappropriation of the ancient. This study also reveals the exceptional aspect of brickmaking activity in the early Middle Ages; in a period where mass production of this material did not exist. The manufacture and use of CBM before the 11th century was atypical and was mainly restricted to specific and visible social milieu (Chapelot & Chapelot, 2000). This hypothesis needs to be moderated as it is not a systematic phenomenon since some high status buildings also resorted to Roman reuse as shown by the case of the bishop palace of Lisieux (Bouvier, forthcoming).

In England, however, at the same time, whatever the status of the Anglo-Saxon buildings (at least for those which survive), the use of ceramic spolia is invariably practised. Can we compare this practice with the French and propose an economic justification? Or should we make a clear distinction between the behaviour of these two societies? We can imagine that similar factors influenced medieval builders in England as they did in France, i.e. the desire to construct durable buildings in stone, with the only known **models** available being the standing Roman remains and/or the Continental architecture. It is of little surprise then, that a continuation of Roman building modes is seen, and specifically the use of CBM in masonry. The iconic aspect of this practice cannot be neglected; it likely contributes to substantiate this architectural choice. Indeed, the interest in reusing material remains from the past can be linked to the ethical volition to build cultural, religious or ideological links between the ancient past and the present (Effros, 2001; Schnapp, 1996). This purposeful use of ancient objects therefore constitutes a way of **incorporating the past** (Burström, 1996), the age of the object being used didactically to legitimise the status or the authority of the individual or the institution responsible for the building (Eaton, 2001).

Whatever the origin of the material, its mode of use has significance and shows a common wish between the two countries. These ceramic materials are specifically used for architecture. This is of great significance as it contributes to the construction of cultural identities. Indeed, the monument aims to materialize, commemorate and project into the future culturally significant aspects of the past and the present. There is a definite link between the early medieval imitation process of Roman building styles, practices and artefacts and the construction and reproduction of social memories (Burström, 1996). It can be imagined that the early medieval society wanted to position itself as an heir of the Antiquity. Moreover, since it is monumental, architecture

constitutes a form of visual stimulus for everyone and its power to represent and transmit messages gives it a role of cultural medium (Skeates, 2005, 192). Architecture can therefore be used to **promote a specific ideology** and it is for this reason some religious buildings were commissioned by religious or political authorities. The imitation of Roman architectural models and the use of a material conveying a particular affiliation with the past highlights a desire to display assimilation between the glorious Roman history and the identity of the new contemporary powers that want to gain recognition. This is a case of **evergetism**, the importance of the commissioner being ostentatiously marked through bold architecture, as a means of propaganda used to legitimise authority. Moreover, the wish to perpetuate authority in the future is marked by the purposeful durable aspect of these constructions. This intention to build in a visible and permanent way enables the religious or political power to be imposed and its maintenance to be guaranteed.

These hypotheses need to be considered with caution as the variability of human behaviour is entirely unpredictable and certain practices could well be the result of very individual technical or economic circumstances.

Chapter 26: Conclusions

The role of chronometry in building archaeology is to position temporally as accurately as possible key-buildings as they constitute technological and stylistic markers of their time and are used to build the relative chronology of medieval architecture. This can be provided by the luminescence dating of CBM which allows the architectural structures related to these cultural features to be dated, the basis of architectural chronology. Moreover, these early buildings have likely been reused, restored, modified and transformed, which raises further archaeological questions and problems. However, defining different building phases is often difficult and providing a date for these phases of construction enables the evolution of the building to be better understood. Finally, the study of these buildings and in particular, dating their materials, provides further evidence relating to aesthetic and economic practices and to the human choices responsible for this architectural choice. Concerning this practice, it is however clearly not possible to give a single and definitive explanation for the use of CBM in early medieval churches, as the buildings studied were relatively limited in number and spatially dispersed. It appears to be necessary to take into consideration the disparities in time, space and socio-economic areas examined in this preliminary study. For this reason, expansion of the study to incorporate other regions in England, the south and east of France (A.Bouvier, PhD study in progress), other countries such as Italy and Spain, and other chronological periods (Merovingian (A.Bouvier, loc.cit.), post-Conquest, late medieval (T.Gurling, PhD study in progress) should be explored. It would also of interest to extend the study to include different status sites, not only religious, but also civil and military buildings, both in an urban and rural milieu, in order to increase awareness of the variety of administrative, financial and material organisations. Examples could also include sites such as the Visigoth church of Santa Camba de Bande's church, in Spain (Araguas, 2007), the parish church of St Pierre in Gennes, France (Baylé, 2004), the Carolingian castle of Mayenne, France, the castle of Fyfield in Essex, UK (Ryan, *pers.comm.*), the Norman church of Elsnham, Essex, UK (Rodwell & Rodwell, 1977), etc, as similar questions about the

origin of the bricks are raised, traditionally interpreted as Roman reuse, but whose similar fabric and regular use in the masonry tend to suggest an homogeneous set of contemporary products. Looking forward, it is important to mention a technique which is still in development referred as Surface OSL (Haberman *et al.*, 2000; Greilich *et al.*, 2002; Greilich, 2004; Vafiadou *et al.*, 2007). Whilst the event dated in this body of work is the last firing of the ceramic material, the Surface OSL technique attempts to date the materials last exposure of the brick surface to light. As such, it would be possible to obtain a date for the embedding of the brick in the masonry and hence, provide means of dating the use of the brick in construction of the building. Surface OSL is the next step in developing the application of physical dating methods to building archaeology.

BIBLIOGRAPHIE

Liste des abréviations

PACT : Techniques Physiques et Chimiques en Archéologie

BAR : British Archaeological Reports

BBS : The British Brick Society

CBA : Council for British Archaeology

CRAHM : Centre de Recherches Archéologiques et Historiques Médiévales.

CRIPEL : Cahier de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Egyptologie de Lille

DOP : Dumbarton Oaks Papers

JBAA : Journal of the British Archaeological Association

PUF : Presses Universitaires de France

RCHME : Royal Commission on the Historical Monuments of England

VCH : Victoria County History

Z Phys. : Zeitschrift für Physik

Abrams L., 2005, « Les fondations scandinaves en Angleterre », in : Bauduin P. (dir.), *Les fondations scandinaves en Occident et les débuts du duché de Normandie*, Colloque de Cerisy-la-Salle (25-29 septembre 2002), Publications du CRAHM, Caen, 133-144.

Adam J.P., 1989, *La Construction Romaine: matériaux et techniques*, éd. Picard, Paris.

Adamiec G. & Aitken M.J., 1998, « Dose-rate conversion factors: update », *Ancient TL* **16**, n°2, 37-49.

Adhémar J., 1939, *Influences antiques dans l'art du Moyen Age français; Recherche sur les sources et les thèmes d'inspiration*, Londres.

Aitken M.J., 1982, « Radon loss evaluation by alpha counting », *PACT* **6**, 104-114.

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

Alberti L.B., 1485, *De re aedificatoria*, t.I, livre II, chap X.

Alchermes J., 1994, « Spolia in Roman Cities of the later Empire Legislative Rationales and Architectural Reuse », *DOP* **48**, 167-178.

Andrews D., 2008, « The Influence of the Low Countries on Medieval Brick Building in Eastern England », in: Coomans T. & van Royen H. (ed.), *Medieval Brick Architecture in Flanders and northern Europe: The Question of the Cistercian Origin*, Jaarboek Abdijmuseum Ten Duinen 1138, Novi Monasterii, Academia Press, Koksijde, 53-72.

Appadurai A., 1986, « Introduction: commodities and the politics of value », in: Appadurai A. (éd.), *The social life of things: commodities in cultural perspectives*, Cambridge: Cambridge University Press, 3-63.

Araguas P., 2003, *Brique et architecture dans l'Espagne médiévale (XII^e – XV^e siècle)*, Casa de Velázquez, Madrid.

Araguas P., 2007, « Spolia / Contrefaçon, deux modalités d'appropriation du passé, pour quelles élites? », *Hortus Artium medievalium, Journal of International Research Center for Late Antique and Middle Ages* **13**, 347-357.

Araguas P., 2008, « Dimensions et proportions des briques dans l'Espagne médiévale », in : Coomans T. & van Royen H. (ed.), *Medieval Brick Architecture in Flanders and northern Europe: The Question of the Cistercian Origin*, Jaarboek Abdijmuseum Ten Duinen 1138, Novi Monasterii, Academia Press, Koksijde, 37-51.

Armitage S.J., Duller G.A.T. & Wintle A.G., 2000, « Quartz from southern Africa: sensitivity changes as a result of thermal pretreatment », *Radiation Measurements* **32**, n°5/6, 571-577.

Aubin G. & Pietri L., 1996, « Introduction générale. Pays de la Loire », in: *Les premiers monuments de la France. Sud-Ouest et Centre*, 2, Picard, 210-218.

Auclair M., Lamothe M. & Huot S., 2003, « Measurement of anomalous fading for feldspar IRSL using SAR », *Radiation Measurements* **37**, 487-492.

Bailiff I.K., 1982, « Beta-TLD apparatus for small samples », *PACT* **6**, 72-6.

Bailiff I.K., 2007, « Methodological developments in the luminescence dating of brick from English late-medieval and post-medieval buildings », *Archaeometry* **49** (4), 827-851.

Bailiff I.K., « Luminescence dating of brick from Brixworth Church – a re-evaluation », Report submitted to Brixworth, Archaeological Committee for monograph, *Brixworth Church and Context*, à paraître.

Bailiff I.K., « Spatial variation of absorbed dose and beta dose rate in luminescence dating identifying sources of variation in ceramic samples », *Radiation Measurements*, soumis.

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

Baldwin Brown G., 1925, *The Arts in Early England, Anglo-Saxon Architecture*, Murray, London.

Banerjee D., Bøtter-Jensen L. & Murray A.S., 1999, « Retrospective dosimetry: preliminary use of the single aliquot regeneration (SAR) protocol for the measurement of quartz dose in house bricks », *Radiation Protection Dosimetry* **84**, 421-426.

Banerjee D., Murray A.S., Bøtter-Jensen L. & Lang A., 2001, « Equivalent dose estimation using a single aliquot of polymineral fine grains », *Radiation Measurements* **33**, 73-94.

Barral I Altet X . 1987, « 930-1030 : L'aube des temps nouveaux ? histoire et archéologie monumentale », in : Barral I Altet X (dir), *Le Paysage Monumental de la France autour de l'An Mil*, Picard, Paris, 9-47.

Barral I Altet X., Stierlin H., Huber C. & Stierlin A., 2001, *Le monde roman: villes, cathédrales et monastères*, Taschen, Paris.

Batcock N., 1991, *The Ruined and Disused Churches in Norfolk*, East Anglian Archaeology Report n°51.

Bates D. (ed), 1998, *Regesta Regum Anglo-Normannorum: The Acta of William I (1066-1087)*, Oxford University Press, Oxford, XXXVIII.

Baylé M., 1992, *Les origines et les premiers développements de la sculpture romane en Normandie*, Art de Basse-Normandie, n°100 bis.

Baylé M., 1997, « La brique dans l'architecture préromane et romane de Normandie », *Medieval Archaeology*, Brugge 1997, Congrès international, Bruges 1997, T.7, pp 445-450.

Baylé M., 1999, « Relations techniques et formelles entre l'architecture religieuse et l'architecture civile, aux XI^e et XII^e siècles », in : *La Maison Médiévale en Normandie et en*

Angleterre, Actes des tables rondes de Rouen et de Norwich (1998-1999), Société libre d'émulation, 31-39.

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

Baylé M. (ed), 2001, *L'Architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle 1994, 2 vol., Caen, Presses Universitaires de Caen, Condé-sur-Noireau, Éditions Charles Corlet, 2e édition revue et augmentée, 2001, 2 vol. (1ere édition 1997).

Baylé M., 2004, « Traditions d'ateliers, méthodes de construction et d'appareillage dans l'architecture normande du XI^e siècle », in : *Matériaux et construction en Normandie du Moyen Age à nos jours*, Actes du colloque organisé par la Société d'archéologie et d'histoire de la Manche, Saint-Lô, 24-25 novembre 2000, 33-46.

Bechtel F. & Schvoerer M., 1984, « La cathodoluminescence. Application à l'étude de la texture des pâtes céramiques », *PACT* **10**, 247-257.

Bechtel F., Guibert P., Schvoerer M., Vartanian E., Fain J., Miallier D., Montret M., Pilleyre T., Sanzelle S., Bahain J.J., Falguères C., Tripier J., Poupeau G., Mercier N. & Valladas H., 1997, « Evaluation de l'incertitude de mesure de la dose annuelle en datation par luminescence (TL, OSL) et par RPE: Une expérience d'intercomparaison à la grotte XVI, Cénac et Saint-Julien, Dordogne », *Revue d'archéométrie* n°21, 21-27.

Beck B., 1981, *Quand les Normands bâtissaient des églises. 15 siècles de vie des hommes, d'histoire et d'architecture dans la Manche*. OCEP, 75 et 85-86.

Bell T., 2005, *The Religious Reuse of Roman Structures in Early Medieval England*, BAR British Series **390**, Oxford.

Bernardi P., « Récupération et Transformations. Les produits dérivés de la brique et de la tuile dans le bâtiment au Moyen Âge », in : Boucheron P., Broise H. et Thébert Y. (ed), 2000, *La Brique Antique et Médiévale. Production et Commercialisation d'un matériau*, Actes du colloque international à Saint-Cloud, 16-18 novembre 1995, Ecole Française de Rome

Betts I.M., 1986, « Analytical Analysis and Manufacturing Techniques of Anglo-Saxon tiles », *Medieval Ceramics* **10**, 37-42.

Betts I.M., 1996, « Glazed Eleventh-Century Wall Tiles from London », *Medieval Ceramics* **20**, 19-24.

Betts I., Crowley N. & Keily J., 1991, « Recent Work on Medieval and Later Building Materials in London », *Medieval Ceramics* **15**, 37-41.

Bickmore D.P. & Shaw M.A (dir.), 1963, *The atlas of Britain and Northern Ireland*, Clarendon Press, Oxford.

Binns J.W., Norton E.C. & Palliser D.M., 1990, « The Latin inscription on the Coppergate helmet », *Antiquity* **64**, 134-9.

Blain S., Guibert P., Bouvier A., Vieillevigne E., Bechtel F., Sapin C. & 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**, 1483-1491.

Blain S., Bailiff I.K., Guibert P., Bouvier A. & Baylé M., « An intercomparison study of luminescence dating protocols and techniques applied to medieval brick samples from Normandy (France) », *Quaternary Geochronology*, soumis.

Blair J., 1988, « Introduction: from minster to parish church », in: J. Blair (ed.), *Minsters and parish churches: the local church in transition 950-1200*, Oxford: Oxford University Committee for Archaeology. Monograph 17, 1-19.

Blair J., 2000, *The Anglo-Saxon Age*, A Very Short Introduction, Oxford University Press, Oxford.

Blair J., 2005, *The Church in Anglo-Saxon Society*, Oxford University Press, Oxford.

Boissavit-Camus B., Barraud D., Bonnet C., Fabioux M., Guyon J., Héber-Suffrin F., Prigent D., Pulga S., Reynaud J.F., Sapin C. & Vergain P., 2003, « Archéologie et restauration des monuments. Instaurer de véritables ‘études archéologiques préalables’ », *Bulletin Monumental*, tome 161-3, 195-222 ;

Boüard M. (de), 1961, « L’église Notre-Dame-Sous-Terre au Mont-Saint-Michel : essai de datation », *Journal des Savants*, janv.-mars 1961, 10-27.

Boüard M. (de), 1975, *Manuel d’archéologie médiévale : de la fouille à l’histoire*, coll. Regards sur l’Histoire, Paris.

Bouët P., 2003, « La *revelatio* et les origines du culte à saint Michel sur le Mont Tombe », in : *Culte et pèlerinages à saint Michel en Occident. Les trois monts dédiés à l’Archange*, Rome, École française de Rome (Collection de l’École française de Rome, 316), 65-90.

Bourdigné J. (de), 1529, *Hystoire agrégative des annales et cronicques d’Anjou*, Paris (rééd. par Godard-Faultrier, 1842, 2^{ème} partie, chap.9).

Bouvier A., Pinto G., Guibert P., Nicolas-Méry D. & Baylé M., « Datation par luminescence appliquée au bâti médiéval : la tour nord-est du donjon d’Avranches (département de la Manche, France) », *Archéosciences*, soumis.

Bradley S.A.J.(trad. & ed.), 1982, *Anglo-Saxon Poetry*, Everyman, London.

Braünlich P. & Scharmann A., 1964, *Z Phys.*, 177-320.

Brenchley P.J. & Rawson P.F., 2006, *The Geology of England and Wales*, London, The Geological Society.

Brenk B., 1987, « Spolia from Constantine to Charlemagne: Aesthetics versus Ideology », *DOP*, **41**, *Studies on Art and Archaeology in Honour of Ernst Kitzinger on His Seventy-Fifth Birthday*, 103-109.

Brennan B.J., Lyons R.G., Phillips S.W., 1991, « Attenuation of alpha particle track dose for spherical grains », *Radiation Measurements* **18**, 249-253.

Briden C. & Stocker D., 1987, « The tower of the church of St Mary Bishophill Junior », *The Archaeology of York*, **8/2**, 84-146.

Brodribb G., 1987, *Roman Brick and Tile*, Alan Sutton, Gloucester.

Brooks S., 2007, *Economics and Social Changes in Anglo-Saxon Kent. AD 400-900. Landscapes, Communities and Exchange*, BAR British Series **431**, Oxford Archaeopress, Oxford.

Brunelliére, 1924, *Saint-Philbert de Grandlieu*, Dupas, Nantes.

Brutails J.A., 1900, *L'archéologie du Moyen Age et ses méthodes : études critiques*, Picard, Paris.

Burström M., 1996, « Other Generations' Interpretation and Use of the Past: the case of the Pictures stones on Gotland », *Current Swedish Archaeology* **4**, 21-40.

Busch H., Lohse B., Wagner E.M., 1965, *L'architecture en Europe. Le Préroman*, Hachette, Paris.

Gailhabaud, v.1840, *Monuments Anciens et modernes*, tome 2, Librairie de Firmin Didot frères, Paris.

Caillère S., Hénin S., Rautureau M., 1963, *Minéralogie des argiles*, Masson, Paris.

Campbell J.W.P., 2004, *L'Art et l'Histoire de la Brique. Bâtiments privés et publics du monde entier*, Citadelles & Mazenod, Paris.

Carraz D., 1999, *L'architecture médiévale en Occident. Archéologie et architecture*, Presses Universitaires de France, Paris.

Cartron-Kawe I., 1998, *Pérégrinationes et congregatio sancti Filiberti de l'Aquitaine à la Provence : la genèse du réseau monastique de Saint-Philibert du IXe au XIe siècle*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Université d'Aix-Marseille 1.

Cassagnes-Brouquet S., 2000, *Histoire de l'Angleterre médiévale*, Ophrys, Gap.

Caumont A. (de), 1834, « Note sur l'église de Vieux-Pont-en-Auge », *Mémoires de la Société des Antiquaires de Normandie* **6**, 1831-1833.

Caumont A. (de), 1850, *Statistique Monumental du Calvados*, vol.1-4, Hardel, Caen.

Caumont A. (de), 1864, « Le Mont-Saint-Michel et son avenir », *Bulletin Monumental*, t.XXX, 739-742.

Caumont A. (de), 1867, *Statistique Monumentale du Calvados*, vol.5, Hardel, Caen.

C.E.A., 1978, *Statistiques appliquées aux mesures*, Editions Masson, Paris.

Chadwick-Hawkes S., 1982, « Anglo-Saxon Kent c. 425-725 », in: Leach P.E. (ed.), *Archaeology in Kent to AD 1500*, CBA Research Report **48**, 64-78.

Chapelot J., 1970, « L'atelier céramique carolingien de Saran. Les fouilles de 1969 à 1970 », *Bulletin de la société archéologique et historique de l'Orléanais*, t.VI, n°43, 49-72.

Chapelot O. & Chapelot J., 2000, « L'artisanat de la poterie et de la terre cuite architecturale : un moyen de connaissance des sociétés rurales du Moyen Age », in : Mousnier M. (dir.), *L'artisan au village dans l'Europe médiévale et moderne*, Actes des XIX^e Journées Internationales d'Histoire de l'Abbaye de Flaran, 5-6-7 Septembre 1997, 87-147.

Chapelot O., 2004, « La terre cuite architecturale dans le bâtiment médiéval », in : Bessac J.-C., Chapelot O., De Filippo R., Ferdière A., Journot F., Sapin C., Seigne J. (ed), *La Construction. Les matériaux durs : pierre et terre cuite*, Errance, Paris, 149-167.

Charpillon, 1870, *Dictionnaire historique de l'Eure*, Delcroix, Les Andelys.

Chen R. and Hag-Yahya A., 1997, « A new possible interpretation of the anomalous fading in thermoluminescent materials as normal fading in disguise », *Radiation Measurements* **27**, n°2, 205-210.

Chifflet P.F., 1664, *Histoire de l'abbaye royale et de la ville de Tournus*, Dijon, Chavance.

Clapham A.W., 1930, *English Romanesque Architecture before the Conquest*, Clarendon Press, Oxford Clarendon Press, Oxford.

Clapham A.W., 1936, *Romanesque Architecture in Western Europe*, Oxford Clarendon Press, Oxford.

Clark P.A. & Templer R.H., 1988, « Dating TL samples which exhibit anomalous fading », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* **14**, n°1/2, 139-141.

Cliquet D., 1993, *Carte archéologique de la Gaule, l'Eure*, 27, Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.

Colgrave B. & Mynors R.A.B. (éd), 1969, *Bedae Venerabilis Historia Ecclesiastica Gentis Anglorum*, Oxford.

Comte F. & Siraudeau J., 1990, *Angers. Document d'évaluation du patrimoine archéologique urbain*, Association pour les fouilles archéologiques Nationales, Centre National d'Archéologie Urbaine, Tours.

Conant K.J., 1958, *Carolingian and Romanesque Architecture. 800 to 1200*, Pelican History of Art. New Haven: Yale University Press,

Coomans Th. & van Royen H., 2007, « L'architecture médiévale en briques en Flandre et dans le nord de l'Europe: la question de l'origine cistercienne », Colloque international à

l'abbaye des Dunes (24-26 octobre 2007), *Cîteaux. Commentarii Cistercienses, Revue d'Histoire Cistercienne*, t.58, fascicule 3-4, 299-304.

Cooper J. & Erlington C.R. (ed.), 1994, *A history of the county of Essex* 9, Victoria history of the counties of England, London: Constable.

Courtois L., 1976, « Examen au microscope pétrographique des céramiques archéologiques », *Centre de Recherche archéologique, note et monographie techniques* n°8, CNRS, Paris.

Costa D., 1959, « Le décor architectonique à l'époque mérovingienne dans le pays nantais », *Bulletin de la Société Archéologique et Historique de Nantes et de Loire-Atlantique*, 98, 3-23.

Coutil L., 1904, « Le Camp romain de Condé-sur-Risle », *Société normande d'Etudes préhistoriques*, t.XII, p 117-119.

Coutil L., 1921, « L'église mérovingienne ou carolingienne de Rugles (Eure) », *Recueil de la société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département de l'Eure*, 63-75

Cowdrey H.E.J., 1983, *The age of Abbot Desiderius: Montecassino, the papacy, and the Normans in the eleventh and early twelfth centuries*, Clarendon Press, Oxford.

Cramp R., 1967, *Anglian and Viking York*, Borthwick Papers, 33, 1-21.

Cramp R., 1971, « The position of the Otley crosses in English sculpture of the eighth to ninth centuries », in: *Kolloquium über spätantike und frühmittelalterliche Skulptur*: 2, Universität Heidelberg, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Mainz, 55-63.

Crummy P., 1974, *Recent Excavations and Research*, Colchester Excavation Committee, 26-33.

Crummy P., 1980, « Colchester between the Roman and the Norman Conquests », in: Buckley D.G., *Archaeology in Essex to AD 1500*, CBA Research Report 34, 76-81.

Crummy P., 1997, *City of Victory. The story of Colchester, Britain's first Roman town*, Colchester Archaeological Trust, Colchester.

Cunliffe B., 1969, « Roman Kent », in: Newman J., *The Buildings of England. North East and East Kent*, Penguin Books, London, 20-22.

Davey N., 1961, *History of Building Materials*, Phoenix House, London.

Davison A., 1990, *The Evolution of Settlement in Three Parishes in South-East Norfolk*, East Anglian Archaeology, Report n°49.

De Filippo R., 2004, « La Brique et les matériaux de construction en terre cuite à l'époque romaine », in : Bessac J.C., Chapelot O., De Filippo R., Ferdière A., Journot F., Sapin C., Seigne J. (ed), *La Construction. Les matériaux durs : pierre et terre cuite*, Errance, Paris, 97-116.

Debal J., 1969, « La découverte du site de la Médecinerie à Saran [Loiret] », *Bulletin de la société archéologique et historique de l'Orléanais*, t.V, n°40, 311-338.

Decaëns H., 1987a, « Le Mont-Saint-Michel (Manche), Notre-Dame-sous-Terre », in : Barral I Alet X. (dir), *Le Paysage Monumental autour de l'an mil*, Picard, Paris, 568-9.

Decaëns H., 1987b, « Rugles (Eure), Notre-Dame-Outre-l'Eau », in : Barral I Alet X. (dir), *Le Paysage Monumental de la France autour de l'an Mil*, Picard, Paris, 574-5.

Decaëns H., 1987c, « Vieux-Pont (Calvados), Saint-Aubin », in : Barral I Alet X. (dir), *Le Paysage Monumental de la France autour de l'an Mil*, Picard, Paris, 575-6.

Deglatigny L., 1923, « Contribution à l'étude des camps ou enceintes. Le camp des Grands Parquets à Condé sur Risle (Eure) », *Bulletin de la Société normande d'études préhistoriques* 14, 1919-1920, 1-6.

Deichmann F.W., 1975, *Die Spolien in der spätantiken Architektur*, München, Beck.

Delacampagne F., 1990, *Carte Archéologique de la Gaule, Le Calvados, 14*, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris

Delacampagne F. & Hincker V., 2004, « Réutilisation d'édifices antiques. Problématique d'une recherche sur la Basse-Normandie », in : Armelle Alduc-Le Bagousse (dir.), *Inhumations et édifices religieux au Moyen Age entre Loire et Seine*, Publications du CRAHM, Caen, pp 63-68.

Delaplace C., 2002, « Les origines des églises rurales (V^e-VI^e siècles). A propos d'une formule de Grégoire de Tours », *Histoire et Sociétés Rurales*, n°18, 11-40.

Delisle L. (ed), 1872-3, *Annales de Robert de Torigni*, I, Paris.

Delisle L. & Passy A. (ed.), 1862-69, *Mémoires et notes de M. Auguste Le Prévost pour servir à l'histoire du département de l'Eure*, III, Évreux, A. Hérissey.

Denagbe S., 1990, *Thermoluminescence de CaSO₄:TR3+ et Bi₁₂GeO₂₀ : luminescence et interactions de couplage réseau-dopant, à partir de 10K dans un cristal dosimètre pour la datation et dans un cristal photoréfractif industriel*, Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordeaux III.

Drury P.J., 1981, « The production of brick and tile in medieval England », in: Crossley D.W., *Medieval Industry*, CBA Research Report 40, 126-142.

Drury P., 2000, « Aspects of Production, Evolution and Use of Ceramic Building Materials in the Middle Ages », *Medieval Ceramics* 24, 56-62.

Drury P.J. & Norton E.C., 1985, « Twelfth-Century Floor- and Roof-Tiles at Orford Castle », *Proceedings of the Suffolk Institute of Archaeology and History* 1, 1-7.

Du Colombier P., 1973, *Les chantiers des cathédrales*, Picard, Paris.

Duby G., 1997, *Art et Société au Moyen Age*, Editions Point, Collection Histoire.

Dumercq B., 1986, *TL de cristaux intégrateurs d'énergie d'origine radioactive : CaSO4: Dy et CaSO4: Tm ; application à la dosimétrie gamma et à la datation de céramiques néolithiques du Soudan*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Universités de Bordeaux III et de Bordeaux I.

Eaton T., 2000, *Plundering the Past*, Tempus, Stroud, Gloucestershire.

Eaton T., 2001, « Old ruins, new world », *Archaeology*, Issue 60, August 2001.

Eberhart J.P., 1989, *Analyse structurale et chimique des matériaux*, Dunod, Paris, 513-518.

Eckardt H. & Williams H., 2003, « Objects without a Past ? The use of Roman objects in early Anglo-Saxon graves », in: Williams H. (éd.), *Archaeologies of Remembrance: Death and Memory in past Societies*, Kluwer Academic/Plenum publishers, New York, 141-170.

Effros B., 2001, « Monuments and memory: repossessing ancient remains in early medieval Gaul », in : De Jong M. & Theus F. (éd.), *Topographies of Power in the Early Middle Ages*, Leiden: Brill, 93-118.

Elliston-Erwood F.C., 1912, « The Architectural History of the Church of St Margaret, Darent », *Proc. of the Woodwich Antiquarian Society* 17, 83-94.

Enlart C., 1927 (3e édition), *Manuel d'archéologie française depuis les temps mérovingiens jusqu'à la Renaissance. 1, Architecture religieuse. 1, Périodes mérovingienne, carolingienne et romane*, Picard, Paris.

d'Espinay G., 1876, *Notices archéologiques*, Revue de l'Anjou, 1^{ère} série, Angers.

Everson P. & Parsons D., « Brixworth Church – Are the Bricks Really Roman? », in: McWhirr A (ed.), 1979, *Roman Brick and Tile. Studies in Manufacture, Distribution and Use in the Western Empire*, BAR International Series 68, Archaeopress, Oxford, 405-411.

Everson P. & Stocker D., 1999, *Corpus of Anglo-Saxon sculpture*, 5, Lincolnshire, O.U.P, Oxford.

Evin J. & Oberlin C., 1998, « La méthode de datation par le radiocarbone », in : Ferdière A. (dir.), *Les méthodes de datation en laboratoire*, Collection « Archéologiques », Edition Errance, Paris, 75-118.

Fain J., Erramli H., Montret M. & Sanzelle S., 1985, « Environmental gamma dosimetry using TL dosimeters: efficiency and absorption calculations », *Nuclear Tracks* 10, n°4-6, 639-646.

Faïn J., Miallier D., Montret M., Pilleyre T., Sanzell S., Soumana S., Bechtel F., Guibert P., Schvoerer M., Vartagnian E., Mercier N., Valladas H., Bahain J.J., Falguères C., Tripier J., Joron J.L., 1997, « Intercomparaisons dosimétriques dans le cadre de la datation par TL et RPE, Partie 2 : Milieux naturels témoins de la région de Clermont-Ferrand (Puy de Dôme) », *Revue d'Archéométrie* 21, 29-34.

Farcy L. (de) (ed), 1910, *Monographie de la cathédrale d'Angers*, Angers, Josselin, t.I, p 8.

Farrer W., 1914, *Early Yorkshire charters*, Carnforth, Edinburgh, I, N°229.

Fernie E., 1983, *The Architecture of the Anglo-Saxons*, Batsford, London.

Fernie E., 2000, *The Architecture of Norman England*, Oxford University Press, Oxford.

Firmin R.J., 1994, « The Colour of Brick in Historic Brickwork », *BBS Information* **61**, feb. 1994, 3-9.

Fisher E.A., 1962, *The Greater Anglo-Saxon Churches, An Architectural-Historical Study*, Faber, London.

Fleming S. J., 1970, « Thermoluminescent dating: refinement of the quartz inclusion method », *Archaeometry* **12**, 133-147.

Forsyth G.H., 1953, *The Church of St Martin at Angers*, Princeton University Press, London.

Fremont A., 1977, *Atlas et géographie de la Normandie*, Flammarion, Paris.

Frere S.S., 1965, *Roman Canterbury, the city of Durovernum*, Canterbury Excavation Committee, Canterbury, 23-24.

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

Gallo N., Fieni L., Martini M., Sibillia E., 1999, « Building archaeology, 14C and thermoluminescence : two examples comparison », *Actes du Colloque, "C14 et Archéologie", III^e Congrès International, Lyon 6-10 avril 1998, Mémoire de Société préhistorique Française*, t.XXVI et Supplément de la revue d'Archéométrie, 425-431.

Gandreau D., 2000, « L'architecture de brique et création architecturale au Moyen Age », dans *Comment construisait-on au Moyen Age ? Dossiers d'Archéologie*, Architecture médiévale, mars 2000, 22-27.

Gardner J.S., 1955, « Coggeshall Abbey and its Early Brickwork », *Journal of the British Archaeological Association* **18**, 19-32.

Garlick G.F.L. & Robinson I., 1972, « The thermoluminescence of lunar samples », in: Runcorn S.K. & Urey H., *The Moon*, International Astronomers Union, Dordrecht, 324-329.

Gascoyne M., 1982, « Geochemistry of the actinides and their daughters », in: Ivanovitch M. & Harmon R.S. (ed.), *Uranium series disequilibrium: applications to environmental problems*, Clarendon Press, Oxford, 33-55.

Gaudin L., 2004, *Transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Rennes 1.

Gauthier N. & Le Maho J., 1998, « Haute-Normandie, Introduction régionale », in : *Les premiers monuments chrétiens de la France, 3.Ouest, Nord et Est, Atlas Archéologiques de la France*, éditions Picard, Paris, 308-315.

Gauvard C., 1996, *La France au Moyen Age du V^e au XV^e siècle*, Presses Universitaires de France, Paris.

Geake H., 1997, *The use of Grave-Goods in Conversion period England, c.600-c.680*, BAR British Series **261**, Archaeopress, Oxford.

Gee E.A., 1964, « Yorkshire Archaeological Register 1963 », *Yorkshire Archaeological Journal* **41**, pt.2, 176.

Gem R., 1983, « Towards an iconography of Anglo-Saxon Architecture », *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* **46**, 1-18.

Gem R., 1984, « L'architecture préromane et romane en Angleterre – problèmes d'origine et chronologie », *Bulletin Monumental*, Paris, 233-272.

Gem R., 2004, *Studies in English Pre-Romanesque and Romanesque Architecture*, The Pindar Press, London.

Godard-Faultrier V., 1839, *L'Anjou et ses monuments*, Angers, Cosnier et Lachèse.

Gough R. (trad.), 1789, *Britannia: or, a chorographical description of the flourishing kingdoms of England, Scotland, and Ireland, and the islands adjacent; from the earliest antiquity*, by William Camden (1607), II, John Nichols, London.

Greenhalgh M., 1989, *The Survival of Roman Antiquities in the Middle Ages*, Duckworth, London.

Greilich K.S., 2004, *Über die Datierung von Gesteinsoberflächen mittels optisch stimulierter Lumineszenz*, Dissertation, Université d'Heidelberg, Allemagne.

Greilich S., Glasmacherich U.A. & Wagner G.A., 2002, « Spatially resolved detection of luminescence: a unique tool for archaeochronometry », *Naturwissenschaften* **89**, 371-375.

Grün R., Schwarcz H.P. & Chadam J., 1988, « ESR dating of tooth enamel: coupled correction for U-uptake and U-series disequilibrium », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* **4**, 237-241.

Guibert P., 1983, *Chronologie absolue par thermoluminescence et gamma-thermoluminescence. Contribution à l'étude des mécanismes de luminescence dans des cristaux de synthèse (Al₂O₃ et CaSO₄) et datation de céramiques néolithiques*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Université de Bordeaux III.

Guibert P., 2002, *Datation par luminescence des archéomatériaux : recherche méthodologiques et appliquées en archéologie médiévale et archéologie préhistorique* ;

progrès récents et perspectives, Habilitation à diriger des recherches, Université de Bordeaux 3.

Guibert P. & Schvoerer M., 1991, « TL dating: Low background gamma spectrometry as a tool for the determination of the annual dose », *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **18**, 231-238.

Guibert P., Vartanian E., Bechtel F., Schvoerer M., 1996a, « Non-linear approach of TL response to dose: polynomial approximation », *Ancient TL* **14**, n°2, 7-14.

Guibert P., Bechtel F., Schvoerer M. & Waksman., 1996b, « Déséquilibre des familles de l'uranium et datation par thermoluminescence : une étude de cas sur le site préhispanique de Coamiles, Ouest du Mexique », *Revue d'Archéométrie* **20**, 103-113.

Guibert P., Bechtel F., Schvoerer M., 1997, « Déséquilibre des séries de l'uranium, implications sur la dose annuelle en datation par thermoluminescence : une étude à la Grotte XVI, Cénac et Julien, Dordogne (France) », *Quaternaire* **8**, 377-389.

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

Guibert P., Bechtel F., Schvoerer M., Rigaud J.P. & Simek J.F., 1999, « Datation par TL de sediments chauffés provenant d'une aire de combustion moustérienne, Grotte XVI, Cénac-et-Julien, Dordogne (France) », *Revue d'Archéométrie* **23**, 163-176.

Guibert P., Bailiff I.K., Blain S., Gueli A.M., Martini M., Sibilia E., Stella G. & Troja S., 2009, « Luminescence dating of architectural ceramics from an early medieval abbey: the St-Philbert intercomparison (Loire Atlantique, France) », *Radiation Measurements*, in press.

Haberman J., Schilles T., Kalchgruber R. & Wagner G.A., 2000, « Steps towards surface dating using luminescence », *Radiation Measurements* **32**, 847-851.

Handisyde C.C. & Haseltine B.A., 1974, *Bricks and Brickwork*, Brick Development Association, London.

Hansen M.F., 2003, *The eloquence of appropriation: prolegomena to an understanding of Spolia in early Christian Rome*, L'Erma di Bretschneider, Rome.

Härke H., 1990, « Warrior graves? The background of the Anglo-Saxon weapon burial rite », *Past & Present* **126**, 22-43.

Harley L.S., 1974, « A typology of brick: with numerical coding of brick characteristics », *JBAA* **37**, series 3, 63-87.

Haustein M. & Krbetschek M.R., 2002, « The red thermoluminescence of quartz and its application in dating archaeometallurgical slags », *Radiation Protection Dosimetry* **100**, 375-378.

Hebber-Suffrin F., Prigent D., Sapin C., « Saint-Philbert de Grandlieu », rapports intermédiaires des 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} études archéologiques, 23-30 août 1997, 22-27 juin 1998, 14-21 août 1999, non-publiés.

Hedeager L., 1993, « The creation of Germanic Identity. A European Origin-Myth », in ; Brun P., van der Leeuw S., Whittaker C.R. (dir), *Frontières d'Empire. Nature et signification des frontières romaines*, Actes de la Table Ronde Internationale de Nemours, 21-22-23 mai 1992, Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de-France n°5, A.P.R.A.I.F., Nemours, 121-131.

Hegel, 1842, *Leçons sur l'Esthétique*, version française de l'*Introduction*, Ed. Hotho 1842, centre d'études hegeliennes et dialectiques.

Heitz C., 1963, *Recherches sur les rapports entre Architecture et Liturgie à l'époque carolingienne*, S.E.V.P.E.N., Paris.

Heitz C., 1976, « *More Romano* : problèmes d'architecture et liturgie carolingienne », in: *Roma e l'Eta'carolingia*, Atti delle giornate di Studio 3-8 maggio 1976 a cura dell'Istituto du Storia dell'Arte, dell'Università di Roma, Multigrafia Editrice, Rome.

Heitz C., 1980, « Saint-Philbert-de-Grandlieu et ses cryptes », in : *L'architecture religieuse carolingienne Les formes et leurs fonctions*, Picard, Paris, 161-165.

Heitz C., 1987, *La France Pré-Romane. Archéologie et Architecture religieuse du haut Moyen Age du VI^e siècle à l'an Mille*, Errance, Paris.

Heitz C., 1994, « Architecture romane en Normandie. Introduction », in : Baylé M. (ed), *L'Architecture normande au Moyen Âge*, Actes du colloque de Cerisy-la-Salle 1994, I, Caen, Presses Universitaires de Caen, Condé-sur-Noireau, Éditions Charles Corlet,

Higgit J.C., 1973, « The Roman background to medieval England », *JBA* 36, 1-15.

Hiret J., 1608 (2^e éd.), *Des Antiquités d'Anjou*, Anthoine Hernault, Angers.

Hodges R., 1989, *The Anglo-Saxon Achievement. Archaeology and the beginnings of English society*, Duckworth, London.

Hollestelle J., 1961, *De steenbakkerij in de Nederlanden tot omstreeks 1560. Brickmaking in the Netherlands up to 1560*, Assen, Van Gorcum.

Hubert J., 1952, *L'architecture religieuse du haut Moyen Age en France*, Ecole pratique des Hautes Etudes, Paris.

Hubert J., 1938, *L'art Préroman*, Les Editions d'art et d'histoire, Paris

Huggett J.W., 1988, « Imported grave goods and the early Anglo-Saxon economy », *Medieval Archaeology* 32, 63-96.

Hunter M., 1974, « German and Roman antiquity and the sense of the past in Anglo-Saxon England », *Anglo-Saxon England* 3, 29-50.

Huntley D.J., Godfrey-Smith D.I. & Thewalt M.L.W., 1985, « Optical dating of sediments », *Nature* **313**, 105-107.

Huntley D.J. & Lamothe M., 2001, « Ubiquity of anomalous fading in K-feldspars and the measurement and correction for it in optical dating », *Canadian Journal of Earth Sciences* **38**, 1093-1106.

Hütt T G., Jaek I. & Tchonka J., 1988, « Optical dating: K-feldspars optical response stimulation spectra », *Quaternary Science Reviews* **7**, n°3/4, 381-385.

Hyslop M., 1963, « Two Anglo-Saxon cemeteries at Chamberlains Barn, Leighton Buzzard, Bedfordshire », *Archaeol. J.* **120**, 161-200.

Jenkins F., 1965, « St Martin's church at Canterbury: A survey of the earliest structural features », *Med. Arch* **9**, 11-15.

Jope E.M., 1952-53, « Late Saxon Pits under Oxford Castle Mound: Excavations in 1952 », *Oxoniana* **17-18**, 405-411.

Jope E.M., 1964, « The Saxon Building-Stone Industry in Southern and Midland England », *Medieval Archaeology* **8**, 91-118.

Jotischky A. & Hull C., 2005, *Historical Atlas of the Medieval World*, Penguin, London.

Kars R.H., Wallinga J., Cohen K.M., 2008, « A new approach towards anomalous fading correction for feldspar IRSL dating – tests on samples in field saturation », *Radiation Measurements*, **43**, 786-790.

Keen L., 1993, « Pre-Conquest Glazed Relief Tiles from All Saints Church, Pavement, York », *JBAA* **146**, 67-86.

Kerr M. & Kerr N., 1983, *Anglo-Saxon Architecture*, Princes Risborough, Shire.

Knight J., 1999, *The End of the Antiquity : Archaeology, Society and Religion AD 235-700*, Stroud, Tempus.

Knowles D., 1949, *The Monastic Order in England*, Cambridge University Press, Cambridge.

Krbetschek M.T., Rieser U., Zöller L. & Heinicke J., 1994, « Radioactive disequilibria in paleodosimetric dating of sediments », *Radiation Measurements* **23**, n°2/3, 485-489.

Lachenal (de) L., 1995, *Spolia: uso e reimpiego dell'antico dal III al XIV secolo*, Longanesi & C., Milan.

La Croix C. (de), 1905, *Etudes sur l'ancienne église de Saint Philbert-de-Grandlieu d'après des fouilles, des sondages et des chartres*, Poitiers.

Laing G.E., 1848, « Saxon Tower of Trinity Church, Colchester », *JBAA* **3**, 19-22.

Laing L. & Laing J., 1996, *Early English Art & Architecture. Archaeology and Society*, Sutton Publishing.

Lair J. (éd.), 1865, Dudon de Saint-Quentin, *De moribus et actis primorum Normanniae ducum*, M.S.A.N., t. XXIII, Caen, Le Blanc-Hardel.

Lambert G.N., 1998, « La dendrochronologie, mémoire de l'arbre », in : Ferdière A. (dir), *Les méthodes de datation en laboratoire*, Collection « Archéologiques », Edition Errance, Paris, 13-69.

Lang J., 1991, *York and East Yorkshire, Corpus of Anglo-Saxon Stone Sculpture*, III, British Academy, London, 78-80.

Langmuir D. & Herman J., 1980, « The mobility of thorium in natural waters at low temperature », *Geochimica et Cosmochimica Acta* **44**, 1753-1766.

Lanos P., 1998, « L'archéomagnétisme », in : Ferdière A. (dir.), *Les méthodes de datation en laboratoire*, Collection « Archéologiques », Edition Errance, Paris, 166-184.

Larsonneur C., 1998, « La baie du Mont-Saint-Michel », in : Baylé M. et al. (ed), *Le Mont-Saint-Michel. Histoire et Imaginaire*, éd du Patrimoine, Paris, 11-14

Lassalle V., 1970, *L'influence antique dans l'art roman provençal*, Boccard, Paris.

Lasteyrie R. (de), 1912, *L'architecture religieuse en France à l'époque romane, ses origines, son développement*, Paris, Alphonse Picard.

Lasteyrie R. (de), 1911, « L'Eglise de Saint-Philbert-de-Grandlieu », *Mémoires de l'Académie des Inscriptions et Belles Lettres*, t XXXVIII, 2^e partie.

Le Jan R., 2007, *Histoire de la France. Origines et premier essor. 480-1180*, Hachette Supérieur, Collection Carré Histoire, Paris.

Le Maho J., 2004, « Aux origines du paysage ecclésial de la Haute Normandie : la réutilisation funéraire des édifices antiques à l'époque mérovingienne », in : Alduc-Le Bagousse A. (dir.), *Inhumations et édifices religieux au Moyen Age entre Loire et Seine*, Publications du CRAHM, Caen, 17-62.

Lebouteux F., 1966-1967, « L'église de Saint-Philbert-de-Grandlieu », *Bulletin Archéologique du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques*, Nouvelle série, tomes 1-2, Paris, Bibliothèque Nationale, 49-107.

Lesueur F., 1961, « 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*, tome 119, Paris, 211-242.

Levison W., 1946, *England and the Continent in the Eight Century*, Clarendon Press, Oxford.

Lucy S., 2000, *The Anglo-Saxon Way of Death. Burial Sites in Early England*, Sutton Publishing, Thrupp, Gloucestershire.

Lugli G., 1957, *La tecnica edilizia romana, con particolare riguardo a Roma e Lazio*, Bardi, Rome.

Lyle M., 2002, *Canterbury: 2000 years of history*, Stroud, Tempus.

Lynch G., 1994, *Brickwork. History, Technology and Practice*, vol 1, Donhead, London.

Maître L., 1898, « Une église carolingienne à Saint-Philbert de Grandlieu », *Bulletin Monumental*.

Maître L., 1899, *Les villes disparues des Pictons*, II, Ed. Grimaud et fils, Nantes.

Malden H.E.(ed), 1902-14, *A History of the County of Surrey* 1-4, VCH, Woodbridge, London.

Mâle E., 1950, *La fin du paganisme en Gaule et les plus anciennes basiliques chrétiennes*, Flammarion, Paris.

Malinowski B., 1922, *Argonauts of the western Pacific*, London, Routledge.

Mallet J., 1984, *L'art Roman de l'Ancien Anjou*, Picard, Paris, 22-29.

Mallet J., 1987, « Les monuments religieux de l'Anjou », in: Barral I Altet X.(dir), *Le Paysage monumental de la France autour le l'An Mille*, Picard, Paris, 595-601.

Maneuvrier C. 1992, « L'utilisation de la brique dans les premiers édifices romans du Pays d'Auge : matériau médiéval ou récupération ? », *Histoire et traditions populaires. Catalogue de l'exposition : Potiers-tuiliers-briquetiers, la céramique en Normandie centrale*. Publié par le Foyer Rural du Billot, 31-36.

Maneuvrier C. 1999, « Histoire et Archéologie. Production et commercialisation de tuiles aux XIII^e-XV^e siècles en Pays d'Auge », *L'exploitation ancienne des roches dans le Calvados : Histoire et Archéologie*. Editions Couleurs Calvados, 353-357.

Marchegay P. & Mabille E. (eds), 1869, *Chroniques des églises d'Anjou*, Société de l'Histoire de France, Paris.

Marionneau C., 1868, « Notice sur l'église de Saint-Philbert de Grandlieu », *Mémoires lus à la Sorbonne en 1867, Archéologie*, Paris.

Marionneau C., 1877, *Collections archéologiques du canton du Vertou*, V. Forest Imp., Nantes.

Martin-Demézil J., 1986, « Saint-Martin d'Angers : dates de la construction de la collégiale du XI^e siècle », *Bulletin Monumental*, 144-I, Société Française d'Archéologie, Paris, 41-43.

Mayeur J.M., Pietri C., Pietri L., Vauchez A., Vénard A. (dir.), 2000, *Histoire du Christianisme (Des origines à nos jours)*, Anamnèsis, Tome XIV, ed. Desclée.

Mc Keever S.W.S., 1991, « Mechanisms of thermoluminescence production: some problems and few answers », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* **18**, n°1/2, 5-12.

Mc Keever S.W.S. & Chen R., 1997, « Luminescence models », *Radiation Measurements* **27**, n°5/6, 635-661.

Mc Keever S.W.S., Agersnap Larsen N., Bøtter-Jensen L. & Duller G.A.T., 1997a, « OSL sensitivity changes during single aliquot procedures computer simulations », *Radiation Measurements* **27**, n°2, 75-82.

Mc Keever S.W.S., Bøtter-Jensen L., Agersnap Larsen N. & Duller G.A.T., 1997b, « Temperature dependence of OSL decay curves: experimental and theoretical aspects », *Radiation Measurements* **27**, n°2, 161-170.

Meakins R.L., Dickson B.L. & Kelly J.C., 1982, « The effect on thermoluminescence dating of disequilibrium in the uranium decay chain », *PACT* **6**, 97-103.

Meates G.W., 1984, « Early Christianity in Darent Valley », *Archaeologia Cantiana* **100**, 57-70.

Meates G.W., 1955, *Lullingstone Roman Villa*, Heinemann, London.

Mejdahl V., 1978, « Measurement of environmental radiation at archaeological sites by means of TL dosimeters », *PACT* **2**, 70-83.

Mejdahl V., 1979, « Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains », *Archaeometry* **21**, 61-72.

Mercier N., Valladas H., Valladas G., Reyss J.L., Jelinek A., Meignen L. & Joron J.L., 1995, « TL dates of burnt flints from Jelinek's excavations at Tabun and their implications », *Journal of Archaeological Sciences* **22**, 495-509.

Miallier D., Faïn J., Montret M., Pilleyre Th., Sanzelle S. & Soumana S., 1991, « Properties of the red TL peak of quartz relevant to TL-dating », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* **18**, n°1/2, 89-94.

Millet M., 1990, *The Romanization of Britain: an essay in archaeological interpretation*, Cambridge: Cambridge University Press.

Millot G., 1964, *Géologie des argiles. Altérations, sédimentologie, géochimie*, Paris, Masson

Minter P., Potter J.F. & Ryan P., 2006, « Roman and early medieval bricks and tiles : can they be distinguished? », *Essex Archaeology and History* **37**, 95-102.

Moore N.J., 1991, « Brick », in: Blair J. & Ramsay N. (ed), *English Medieval Industries. Craftsmen, Techniques, Products*, The Hambledon Press, London, 211-236.

Morant P., 1768, *The History and Antiquities of the County of Essex*, **II**, T. Osborne; J. Whiston; S. Baker; L. Davis and C. Reymers; and B. White, London.

Morris R., 1983, *The Church in British archaeology*, CBA research report **47**, London.

Morris R., 1989, *Churches in the landscape*, Dent, London.

Morris R. & Roxan J., 1980, « Churches on Roman Buildings », in: Rodwell W. (ed), *Temples, Churches and Religion in Roman Britain*, BAR British Series **77** (1), Archaeopress, Oxford.

Morriss R.K., 2000, *The Archaeology of Buildings*, Tempus Publishing, Stroud.

Muilman P., 1770, *A New and Complete History of Essex*, **III**, L.Hassall, Chelmsford, 316-7.

Müntz, E., 1887, « La tradition antique chez les artistes du Moyen Age », *Journal des Savants*, 629-42.

Murray A.S. & Roberts R.G., 1998, « Measurement of the equivalent dose in quartz using a regenerative-dose single-aliquot protocol », *Radiation Measurements* **29**, 503-515.

Murray A.S. & Wintle A.G., 1998, « Factors controlling the shape of the OSL decay curve in quartz », *Radiation Measurements* **29**, 65-79.

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

Mussat A., 1964, « La cathédrale Saint-Maurice d'Angers. Recherches récentes », *Congrès archéologique de France, 122^e session, Anjou, 1964*, Société Française d'Archéologie, Paris, 22-36.

Musset L., 1967a, *Normandie Romane, 1. Basse-Normandie*, Zodiaque, La Pierre-qui-Vire.

Musset L., 1967b, « Vieux-Pont-en-Auge. L'église paroissiale Saint-Aubin», *Normandie Romane, 1. Basse-Normandie*, Zodiaque, La Pierre-qui-Vire, 43-44.

Musset L., 1973, *Normandie Romane, 2. Haute-Normandie*, Zodiaque, La Pierre-qui-Vire.

Musset L., 1998, « Basse-Normandie, Introduction régionale », in : *Les premiers monuments chrétiens de la France, 3.Ouest, Nord et Est*, Atlas Archéologiques de la France, éditions Picard, Paris, 278-284.

Nairn I., Pevsner N. & Cherry B., 1971, *The Buildings of England. Surrey*, Penguin Books, London.

Nairn I. & Pevsner N., 1965, *The Buildings of England. Sussex*, Penguin Books, London.

Nambi K.S.V., 1982, « Self dose and fading of CaSO₄ (Dy/Tm) and CaF₂ (natural) phosphors in environmental radiation monitoring », *Nuclear Instruments and Methods* **197**, 453-457.

Newman J., 1969a, *The Buildings of England. North East and East Kent*, Penguin Books, London.

Newman J., 1969b, *The Buildings of England. West Kent and The Weald*, Penguin Books, London.

Norton C.N, 1983, *Twelfth and thirteenth century decorated tile pavements in France and related material in England*, Thèse de PhD, Université de Cambridge, Royaume-Uni.

Olive E.R., 1918, « Lower Halstow church », in: *Archeologia Cantiana* **33**, 157-166.

Orieux E., 1864, « Etudes archéologiques », *Annales de la Société académique de la Loire-Inférieure*, Nantes.

Page W.(ed), 1902-37, *A History of the County of Hertford* **1-4**, VCH, Woodbridge, London.

Page W.(ed), 1905-73, *A History of the County of Sussex* **1-2**, VCH, St Catherine P., London.

Page W.(ed), 1906, *A History of the County of Norfolk* **2**, VCH, Woodbridge, London.

Page W.(ed), 1932, *A History of the County of Kent* **3**, VCH, Woodbridge, London.

Page W.(ed), 1975, *A History of the County of Suffolk* **2**, VCH, Woodbridge, London.

Page W. & Allison K.J. (ed), 1969, *A History of the County of York, East Riding* **3**, VCH, London: O.U.P.

Parron-Kontis I. & Palazzo-Bertholon B., 2000, « L'étude des mortiers et des enduits. L'exemple de la cathédrale de Saint-Jean-de-Maurienne en Savoie », in : *Comment construisait-on au Moyen Age ?, Dossiers d'archéologie*, Architecture Médiévale, mars 2000, 48-53.

Parron-Kontis I., 2004, « Unités de construction et objets archéologiques », Parron-Kontis I. & Reveyron N. (ed.), 2001, *Archéologie du bâti. Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde 9 et 10 novembre 2001, Errance, Paris, 13-18.

Parsons D., 1979, « Past History & Present research at All Saints'church, Brixworth », *Northamptonshire Past & Present*, vol 4, n°2, pp 61-7.

Parsons D., 1990, « Review and Prospect: The Stone Industry in Roman, Anglo-Saxon and Medieval England », in : Parsons D. (ed.), *Stone: Quarrying and Building in England. AD 43-1525*, Phillimore, Chichester, 1-15.

Payne G., 1897, « The Roman villa at Darenth », *Archaeologia Cantiana* **22**, 49-84.

Périn P., 1986, « Terres cuites architecturales du haut Moyen Age trouvées à Paris », in : Deroeux D., *Terres Cuites Architecturales au Moyen Age*, Colloque des 7-9 juin 1985, Musée de Saint-Omer, Mémoire de la Commission départementale d'Histoire et d'Archéologie du Pas-de-Calais, tome XXII, 9-16.

Perlich B., 2008, « Medieval Brick Production in Europe Travelling Competence or Local Innovation? From High Quality to Mass Production », in: Coomans T. & van Royen H. (ed.),

Medieval Brick Architecture in Flanders and northern Europe: The Question of the Cistercian Origin, Jaarboek Abdijmuseum Ten Duinen 1138, Novi Monasterii, Academia Press, Koksijde, 9-18.

Pevsner N., 1953, *The Buildings of England. Hertfordshire*, Penguin Books, London.

Pevsner N., 1954, *The Buildings of England. Cambridgeshire*, Penguin Books, London.

Pevsner N., 1962, *The Buildings of England. North East Norfolk and Norwich*, Penguin Books, London.

Pevsner N. & Radcliffe E., 1965, *The Buildings of England. Essex*, Penguin Books, London.

Pevsner N. & Wilson B., 1999, *The Buildings of England. Norfolk 2: North-West and South*, Penguin Books, London.

Philip B., 1984, *Excavations in the Darent Valley, Kent*, Fourth Research Report in the Kent Monograph series, Kent Archaeological Rescue Unit, Dover Castle, Kent, 72-94.

Pietri L. & Biarne J., 1987, « Province Ecclésiastique de Tours (Lugdunensis Tertia) », in : Gauthier N., Picard J.C. (éd.), *Topographie chrétienne des cites de la Gaule des origines au milieu du VIII^e siècle*, V, De Boccard, Paris, 67-81.

Piponnier D., Chapoulie R., Reinold J. & Schvoerer M., 1996, « Etude en cathodoluminescence des céramiques néolithiques du Soudan et de grès des colosses de Memnon », *Actes de la 8^{ème} Conférence Internationale des Etudes Nubiennes*, 11-17 septembre 1994, Lille, C.R.I.P.E.L., 17, n°3, 163-186.

Piponnier D., Bechtel F., Florin D., Molera J., Schvoerer M. & Vendrell M., 1997, « Apport de la cathodoluminescence à l'étude des phases silicatées dans des céramiques kaolinitiques carbonatées », *Key engineering material*, 132-136, 1470-1473, Trans. Tech. Publications.

Potter J.F., 2001, « The Occurrence of Roman Brick and Tile in Churches of the London Basin », *Britannia* 32, 119-142.

Poupardin, 1895, *Monuments de l'histoire des abbayes de Saint-Philibert*, Paris, Picard.

Powell W.R. (ed.), 1956, *A history of the county of Essex* 4, Victoria history of the counties of England, London: Constable.

Prigent D., 2003, « Evolution de la construction médiévale en pierre en Anjou et Touraine », *Anjou. Medieval Art, Architecture and Archaeology, The British Archaeological Association, Conference Transactions XXVI*, Angers, 22-26 July 2000, 14-33.

Prigent D., 2004a, « A la recherche de l'invisible phasage », Parron-Kontis I. & Reveyron N. (ed.), *Archéologie du bâti. Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde 9 et 10 novembre 2001, Errance, Paris, 95-100.

Prigent D., 2004b, « Saint-Martin d'Angers : de l'entrepôt au musée du site », in : *Archives d'Anjou, Mélandes d'histoire et archéologie angevines*, n°8, Spécial musées, Association des Amis des Archives d'Anjou, 283-292.

Prigent D. & Hunot J.Y., 1998, « Les édifices religieux antérieurs à l'an mil en Anjou », in : Prigent D. & Tonnerre N.Y., *La Construction en Anjou au Moyen Age*, Actes de la table ronde d'Angers des 29 et 30 mars 1996, Presses de l'Université d'Angers, 33-53.

Prigent D. & Hunot J.Y., 2006, « Saint-Martin d'Angers: des premières basiliques au site d'interprétation », in : *L'église collégiale Saint-Martin (Angers, Maine-et-Loire)*, fascicule de présentation du site, Conseil général de Maine-et-Loire, Ministère de la Culture et de la Communication, Région Pays-de-Loire, 4-19.

Prigent D. & Sapin C., 2004, « La construction en pierre au Moyen Age », in : Ferdière A (dir), *La construction. Les matériaux durs : pierre et terre cuite*, Errance, Paris.

Provost M., 1988, *Carte Archéologique de la Gaule. Le Maine-et-Loire. 49*, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris.

Rady J., 1987, « Excavations at St Martin's Hill, Canterbury, 1984-85 », *Archeologia Cantiana* **104**, 123-218.

Renault C., 2005, *Mémento Gisserot d'architecture*, éd. Jean-Paul Gisserot, collection Histoire de l'Art.

Renoux A., 1991, *Fécamp, du palais ducal au palais de Dieu : bilan historique et archéologique des recherches menées sur le site du château des ducs de Normandie : IIe siècle A.C.-XVIIIe siècle P.C.*, Editions du CNRS, Paris.

Reynolds A., 1999, *Later Anglo-Saxon England. Life and Landscape*, Tempus, Stroud, Gloucestershire.

Riché P. & Le Maître P., 1996 (rééd), *Les invasions barbares*, PUF, Paris.

Rickman T., 1819, *An Attempt to discriminate the styles of architecture in England, from the Conquest to the Reformation*, Longman, Rees, Orme, Green & Longman, London.

Rodwell W., 1980, « Ecclesiastical sites and structures in Essex », in: Buckley D.G, *Archaeology in Essex to AD 1500*, CBA Research Report **34**, London, 118-122.

Rodwell W., 1984, « Churches in the Landscape: Aspects of Topography and Planning », in: Faull M.L., *Studies in Late Anglo-Saxon Settlement*, Oxford University Department for External Studies, Oxford, 1-23.

Rodwell W. & Rodwell K., 1977, *Historic Churches; a wasting asset*, CBA Research Report **19**, London.

Rodwell W. & Rodwell K., 1982, « St Peter's church, Barton-upon-Humber: excavation and structural study 1978-1981 », *Antiquaries Journal* **62**, 283-315.

Rogers A., 1972, « Parish boundaries and urban history: two case studies », *J. Brit. Archaeol. Ass*, 3 ser, **35**, 46-64.

Rogerson A., Ashley S.J., Williams P., Harris A., 1987, *Three Norman Churches in Norfolk*, East Anglian Archaeology Report n°32.

Roque C., Guibert P., Dutine M., Vartanian E., Chapoulie R., Bechtel F., 2004, « Dependence of luminescence characteristics of irradiated quartz with the thermal treatment and consequences for TL dating », *Geochronometria* **23**, 1-8.

Roque C., Vartagnian E., Guibert P., Schvoerer M., Levine D., Alva W., Jungner H., 2002, « Recherche chronologique sur la culture Mochica du Pérou : datation de la Tombe du Prêtre de Sipan, par thermoluminescence (TL) et radiocarbone », *Journal de la Société des Américanistes*, **88**, 227-243.

Roubault M., 1963, *Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant*, Editions Lamarre-Poinat, Paris.

Routledge C.F., 1891, *The History of St Martin's church, Canterbury, A Monograph*, G.Bell, London.

RCHME, 1911, *An inventory of the historical monuments in Hertfordshire*, HMSO, London.

RCHME, 1916-23, *An inventory of the historical monuments in Essex*, 4 vol., HMSO, London.

RCHME, 1959, *An inventory of the historical monuments in the city of Cambridge*, HMSO , London.

RCHME, 1981, *An inventory of the historical monuments in the city of York, The Central Area 5*, HMSO, London.

Ryan P., 1996, *Brick in Essex from the Roman Conquest to the Reformation*, P.Ryan, Chelmsford.

Sabouraud C., Blanc A., Cabanes N., Gaudant J., Mattauer M. & Beckary S., 2004, *Guide de la géologie en France*, Guides Savants, Belin, Paris.

Salzman L.F.(ed), 1938-2002, *A History of the County of Cambridge(shire) and the Isle of Ely*, **1-9**, Victoria County History, Woodbridge, London.

Sanderson D.C.W., 1998, « Fading of TL in feldspars: characteristics and corrections », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* **14**, n°1/2, 155-161.

Sanzelle S., Miallier D., Pilleyre Th., Fain J. & Montret M., 1996, « A new slide technique for regressing TL/ESR dose response curves - intercomparisons with other regression techniques », *Radiation Measurements* **26**, n°4, 631-638.

Sapin C., 2002, « Archéologie de l'architecture carolingienne en France : état de la question », *Hortus Artium medievalium, Journal of the International Research Center for Late Antiquity and Middle Ages* **8**, Zagreb-Motovun, 57-70.

Sapin C., 2004, « D'une surface à l'autre, archéologie des revêtements », in : Parron-Kontis I. & Reveyron N. (ed.), 2004, *Archéologie du bâti. Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde 9 et 10 novembre 2001, Errance, Paris, 80-86.

Sapin C., 2006, « Modes de construction et appareils de pierre carolingiens : quel héritage pour l'époque romane ? Problèmes historiques et archéologiques », *Les Cahiers de Saint-Michel de Cuxa* **37**, 77-89.

Sapin C., Baylé M., Büttner S., Guibert P., Blain S., Lanos P., Chauvin A., Dufresne P., Oberlin C., 2008, « Archéologie du bâti et archéométrie au Mont-Saint-Michel, nouvelles approches de Notre-Dame-sous-Terre », *Archéologie Médiévale* **38**, 71-122.

Schnapp A., 1996, *The Discovery of the Past*, London: British Museum.

Schulze M., 1976, « Einflüsse byzantinischer Prunkgewänder auf die fränkische Frauentracht », *Archäologisches Korrespondenzblatt* **6**, 149-61.

Schvoerer M., Guibert P., Piponnier D. & Bechtel F., 1986, « Cathodoluminescence des matériaux archéologiques », *PACT* **15**, 93-110.

Seitz F., 1949, *Théorie moderne des solides*, Masson éditeur.

Semple S., 1998, « A fear of the past: the place of the prehistoric burial mound in the ideology of the middle and later Anglo-Saxon England », *World Archaeology* **30** (1), 109-126,

Sharpe M., 1909, *Parish Churches on the Sites of Romano-British Chapels and the Lines of the Roman Survey*, Brentford, Brentford Printing and Publishing co.

Skeates R., 2005, *Visual culture and archaeology: art and social life in prehistoric south-east Italy*, Duckworth, London.

Smith C.R., 1842, « Recent Discoveries of Roman Antiquities at Strood, Bapchild, Oare and Upchurch, in Kent with remarks on the site of the Durolvum of Antonius », *Archaeologia* **29**, 217-26.

Smith T.P., 1996, « The Anglo-Saxon use of Roman Brick and Tile », *BBS Information* **69**, Oct 1996, 4-6.

Spooner N.A., 1994, « The anomalous fading of IRSL from feldspars », *Radiation Measurements* **23**, n°2/3, 625-632.

Stalley R., 1999, *Early Medieval Architecture*, Oxford History of Art.

Stenton F.M., 1971, *Anglo-Saxon England*, Clarendon Press, Oxford.

Stevens P., 1999, *Lower Halstow, the story of a village in Kent*, ThamesWeb, London.

Stocker D.A., 1998, « An Hitherto Unidentified Image of the Mithraic God Arimanus at Lincoln? », *Britannia* 29, 359-63.

Stocker D. & Everson P., 1990, « Rubbish Recycled: A study of the Re-Use of Stone in Lincolnshire », in: Parsons D. (ed.), *Stone. Quarrying and Building in England. AD 43-1525*, Phillimore, Chichester, 83-101.

Stocker D. & Everson P., 2006, *Summoning St Michael. Early Romanesque Towers in Lincolnshire*, Oxbow Books, Oxford.

Sutherland D., « Building Materials », *Archaeological Committee for monograph, Brixworth Church and Context*, Appendix A, à paraître.

Tatton-Brown T., 1980, « St Martin's church in the 6th and 7th Centuries », Hobbs J.E. & Sparks M. (éd.), *The Parish of St Martin and St Paul, Canterbury: Historical essays in Memory of James Hobbs*, The Friends of St Martin, Canterbury, 12-18.

Taylor H.M. & J., 1965, *Anglo-Saxon Architecture, I & II*, Cambridge University Press, Cambridge.

Taylor H.M., 1978, *Anglo-Saxon Architecture, III*, Cambridge University Press, Cambridge.

Templer R.H., 1986, *A new model for anomalous fading*, Chap. 6, PhD thesis, Oxford University.

Thomas C., 1980, « Churches in Late Roman Britain », in: Rodwell W. (ed.), *Temples, Churches, and Religion in Roman Britain*, part I, BAR British Series 77 (1), Oxford Archaeopress, Oxford.

Tweddle D., 1991, « Urban Structures and Defences. The Archaeology of York », in: Addyman P.V. & Hall R.A.(ed.), *Aspects of Anglo-Scandinavian York*, The Archaeology of York, Anglo-Scandinavian York, 8/3, CBA, York, 224-6.

Tweddle D., 2004, « Art in Pre-Conquest York », in: Hall R.A. *et al.*, 2004, *Aspects of Anglo-Scandinavian York*, The Archaeology of York, Anglo-Scandinavian York, 8/4, CBA, York, 446-7.

Tweddle D., Biddle M. & Kjolbye-Biddle B. (éd), 1995, *Corpus of Anglo-Saxon Stone Sculpture, 4, South-East England*, Oxford U.P. for the British Academy, Oxford, 46-61.

Tyler S. & Mc Keever S.W.S, 1988, « Anomalous fading of TL in oligoclase », *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 14, n°1/2, 149-154.

Vafiadou A., Murray A.S. & Liritzis I., 2007, « Optically stimulated luminescence (OSL) dating investigations of rock and underlying soil from three case studies », *Journal of Archaeological Science* 34, Issue 10, 1659-1669.

Valladas G., 1982, « Mesure de la dose gamma annuelle de l'environnement d'un site archéologique par un dosimètre TL », *PACT* **6**, 77-85.

Vallery-Radot J., 1966, « Le Mont Saint-Michel. Travaux et découvertes », in : Nortier M. (dir.), *Millénaire monastique du Mont Saint-Michel. Etudes archéologiques*, Tome V, éd. Lethielleux, Paris, 35-52

Vieillard-Troiekouroff M., 1965, « L'architecture en France au temps de Charlemagne », in : Braunfels W. (ed.), *Karl der Grosse, Lebenswerk und Nachleben*, t.III, Karolingische Kunst, Dusseldorf, 336-368.

Vieillevigne E., Guibert P., Bechtel F., Leriche P., 2004, « Thermoluminescence et chronologie du bâti médiéval : datation de briques de la citadelle de Termez en Ouzbékistan », *Revue d'Archéométrie* **28**, 43-55.

Vieillevigne E., Guibert P., Zuccarello A.R., Bechtel F., 2006, « The Potential of Optically Stimulated Luminescence for medieval building; a case study at Termez (Uzbekistan) », *Radiation Measurements* **41**, 991-994 .

Visocekas R., 1979, *La luminescence de la calcite après irradiation cathodique: thermoluminescence et luminescence par effet tunnel*, Thèse de doctorat d'état, Université Pierre et Marie Curie Paris VI.

Visocekas R., 1985, « Tunneling radiative recombination in labradorite: its association with anomalous fading », *PACT* **3**, 258-265.

Visocekas R., Cera T., Marti C, Lefaucheux F. & Robert M.C., 1976, « Tunnelling processus in afterglow of calcite », *Physica Status Solidi (a)* **35**, 315-327.

Visocekas R., Spooner N.A., Zink A. & Blanc P., 1994, « Tunnel afterglow, fading and infrared emission in thermoluminescence of feldspars », *Radiation Measurements* **23**, 377-385.

Webster L. & Blackhouse J. (eds.), 1991, *The Making of England: Anglo-Saxon Art and Culture AD 600-900*, The British Museum, London.

Welch M., 1992, *Anglo-Saxon England*, London: B. T. Batsford Ltd.

Wilson C., 1984, *English Romanesque Art 1066-1200*, in: Zarnecki G., Holt J. & Holland T. (eds), London, n°140.

Wintle A.G., 1973, « Anomalous fading of thermoluminescence in mineral sample », *Nature* **245**, 143-144.

Wintle A.G., 1977, « Detailed study of a thermoluminescent mineral exhibiting anomalous Fading », *Journal of Luminescence* **15**, 385-393.

Wintle A.G., 1978, « Anomalous fading », *PACT* **2**, 240-243.

Wintle A.G. & Murray A.S., 1998, « Towards the development of a preheat procedure for OSL dating of quartz », *Radiation Measurements* **29**, 81-94.

Wintle A.G. & Murray A.S., 2000, « Quartz OSL: effects of thermal treatment and their relevance to laboratory dating procedures », *Radiation Measurements* **32**, 387-400.

Wohl B.L., 2001, « Constantine' Use of Spolia », in: Fleischer J., Lund J., & Nielsen M., (ed.), *Late Antiquity: Art in Context*: in *Acta Hyperborea* **8**, Museum Tusculanum Press, Copenague, 85-115.

Worssam C. & Tatton-Brown T.K.T., 1990, « The Stone of the Reculver Columns and the Reculver Cross », in: Parsons D. (ed), *Stone: Quarrying and Building in England. AD 43-1525*, Phillimore, Chichester, 51-69.

Wright T., 1836, *The History and Topography of the county of Essex* **II**, Geo. Virtue, London.

Yamashita T., 1971, « Calcium sulfate activated by thullium or dysposium for thermoluminescence dosimetry », *Health Physics* **71**, 295-300.

Zimmerman D.W., 1971, « Thermoluminescence dating using fine grains from pottery », *Archaeometry* **13**, Part 1, 29-52.

Zimmerman D.W., 1978, « Introduction to basic procedures for sample preparation and thermoluminescence measurement of ceramics », *PACT* **2**, 1-6.

Zink A., 1996, *Thermoluminescence des feldpaths: émissions par effet tunnel et par thermoluminescence dans l'infra-rouge, incidences sur la datation des feldspaths*, Thèse de doctorat de troisième cycle, Universités de Paris VII et Bordeaux III.

ANNEXES

ANNEXE 1

CHAINES DE DESINTEGRATION DE L'URANIUM, DU THORIUM ET DU POTASSIUM

ANNEXE 2

EGLISES DU HAUT MOYEN AGE DANS LE SUD-EST DE L'ANGLETERRE

Annexe 1

CHAÎNES DE DÉSINTÉGRATION RADIOACTIVE DE L'URANIUM (^{238}U ET ^{235}U),
DU THORIUM (^{232}Th) ET DU POTASSIUM (^{40}K) (d'après Guibert, 2002).

1) Désintégration radioactive de ^{40}K en ^{40}Ca et ^{40}Ar :

Isotope	Mode de désintégration	Période radioactive
^{40}K	$\beta -$ (89,33% $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca}$) et CE (10,67% $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$)	$1,277 \cdot 10^9$ a

2) Chaîne de désintégration radioactive de ^{232}Th en ^{208}Pb :

Isotope	Mode de désintégration	Période radioactive
^{232}Th	α	$1,405 \cdot 10^{10}$ a
^{228}Ra	$\beta -$	5,75 a
^{228}Ac	$\beta -$	6,13 h
^{228}Th	α	1,913 a
^{224}Ra	α	3,66 j
^{220}Rn	α	55,6 s
^{216}Po	α	0,15 s
^{212}Pb	$\beta -$	10,64 h
^{212}Bi	$\beta -$ (64% $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po}$) et α (36% $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{208}\text{Ti}$)	60,6 min
^{212}Po	α	
^{208}Tl	$\beta -$	0,298 μ s
^{208}Pb		3,053 min

3) Chaîne de désintégration radioactive de ^{235}U en ^{207}Pb :

Isotope	Mode de désintégration	Période radioactive
^{235}U	α	$7,04 \cdot 10^8$ a
^{231}Th	$\beta -$	25,52 h
^{231}Pa	α	$3,28 \cdot 10^4$ a
^{227}Ac	$\beta -$	21,773 a
^{227}Th	α	18,72 j
^{223}Ra	α	11,43 j
^{219}Rn	α	3,96 s
^{215}Po	α	1,78 ms
^{211}Pb	$\beta -$	36,1 min
^{211}Bi	α	2,14 min
^{207}Tl	$\beta -$	4,77 min
^{207}Pb		

4) Chaîne de désintégration radioactive de ^{238}U en ^{206}Pb :

Isotope	Mode de désintégration	Période radioactive
^{238}U	α	$4,468 \cdot 10^9$ a
^{234}Th	β^-	24,10 j
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	β^-	1,17 min
^{234}U	α	$2,44 \cdot 10^5$ a
^{230}Th	α	$7,52 \cdot 10^4$ a
^{226}Ra	α	$1,6 \cdot 10^3$ a
^{222}Rn	α	3,824 j
^{218}Po	α	3,05 min
^{214}Pb	β^-	26,8 min
^{214}Bi	β^-	19,8 min
^{214}Po	α	163,7 μs
^{210}Pb	β^-	22,3 a
^{210}Bi	β^-	5,01 j
^{210}Po	α	138,38 j
^{206}Pb		

Rappel : symboles des radioéléments :

U : uranium, Pa : protactium, Th : thorium, Ac : actinium, Ra : radium, Rn : radon, Po : polonium, Bi : bismuth, Pb : plomb, Tl : tellurium.

Annexe 2

EGLISES DU HAUT MOYEN AGE DANS LE SUD-EST DE L'ANGLETERRE

Liste établie à partir des données recueillies dans les *Royal Commission of the Historical Monuments of England*, *Victoria History of the Counties of England*, Records Office, *The Buildings of England* (Pevsner) et visites par l'auteur de sites avec mention de briques dans les maçonneries, en Essex, Kent et Norfolk.

Les sigles utilisés et leur signification sont les suivants : CA : chaîne d'angle ; O : ouverture ; M : moellons ; A : arase.

KENT

église	période	brique?	CA	O	M	A
KENT : Ouest						
St Margaret, Addington	début Normand	non				
St Martin, Aldington	Saxo-Normand	non				
All Saints, Allhallows	XIIe siècle	non				
St Peter, Aylesford	Normand	non				
St Lawrence, Bodborough	Normand	non				
St Rumwold, Bonnington	Normand	non				
St Eanswith, Brenzett	Normand	non				
St Margaret, Broomfield	Normand	non				
St Mary, Burham	Normand	non				
St Thomas of Canterbury, Capel	Normand	non				
St Mary, Chalk	début Normand	non				
St Martin de Tours, Chelsfield	début Normand	non				
St Nicholas, Chislehurst	Anglo-Saxon	non				
St Mary Magdalene, Cobham	Saxon?	OUI			X	
St Paulinus, Crayford	Normand	non				
St Peter & St Paul, Cudham	Saxo-Normand	non				
St Michael, Cuxton	Normand	non				
St Margaret, Darenth	Anglo-Saxon	OUI	X	X	X	X
Holy Trinity, Dartford	Normand	non				
St Peter Ad Vincula, Ditton	Normand	non				
St Peter & St Paul, Dymchurch	Normand	non				
St Mary, East Farleigh	Normand	non				
St Michael, East Peckham	Normand	non				
St Martin, Eynsford	Normand	non				
St Thomas a Becket, Fairfield	Normand	non				
St Mary, Fawkham	Normand	non				
All Saints, Frindsbury	Normand	non				
St Mary, Hadlow	Saxo-Normand	non				
St John the Baptist, Halling	Normand	non				
All Saints, Hartley	Normand	non				
St Peter, Hever	Normand	non				
St Mary, Higham	Saxo-Normand	non				
St Mary, Kemsing	Saxo-Normand	non				
St Peter & St Paul, Leybourne	Normand	non				
St Botolph, Lullingstone	Normand	non				
church, Lullingstone	Anglo-Saxon	OUI	?	?	?	?
All Saints, Lydd	Anglo-Saxon	non				
St Mary, Lyminge	Anglo-Saxon	OUI	?	?	?	?

église	période	brique?	CA	O	M	A
St Stephen, Lympne	Normand	non				
St Nicholas, New Romney	Normand	non				
St Botolph, Northfleet	Anglo-Saxon	non				
St Michael, Offham	Normand	non				
All Saints, Orpington	Anglo-Saxon	non				
St Peter, Pembury	Normand	non				
St Peter, Ridlay	Normand	non				
cathedral, Rochester	Normand	non				
St Mary Magdalene, Ruckinge	Normand	non				
St Martin, Ryrash	début Normand	non				
St Mary, St Mary in the Marsh	Normand	non				
St Paulinus, St Paul's Cray	Saxo-Normand	OUI		X		
St Mary, Sellindge	Saxo-Normand	non				
St Mary, Sevington	Normand	non				
St Peter & St Paul, Shorne	saxon	non				
All Saints, Staplehurst	XII ^e siècle	non				
St Peter & St Paul, Swanscombe	Anglo-Saxon	OUI		X		
St Peter & St Paul, Tonbridge	Normand	non				
St Peter & St Paul, Trottiscliffe	Normand	non				
All Saints, Ulcombe	Normand	non				
All Saints, West Farleigh	début Normand	non				
St Mary, West Malling	début Normand	non				
St Dunstan, West Peckham	Anglo-Saxon	non				
All Saints, Woulsdon	Late Saxon	OUI		X		
KENT : Est & Nord-Est						
St Lawrence, Bapchild	Normand	non				
St Nicholas, Barfreston	XII ^e siècle	non				
St Peter, Bekesbourne	Normand	non				
All Saints, Birchington	Normand	non				
St Peter & St Paul, Borden	Normand	non				
All Saints, Boxley	Normand	non				
St Mary, Brabourne	XII ^e siècle	non				
St Peter, Bredhurst	Normand	non				
St Peter, Brodstairs	Normand	non				
St Mary, Brook	début Normand	non				
Lanfranc's cathedral, Canterbury	XI ^e siècle	non				
St Dunstan, Canterbury	début Normand	non				
St Martin, Canterbury	Anglo-Saxon	OUI		X	X	X
St Mary, Canterbury	Anglo-Saxon	OUI	?	?	?	?
St Mildred, Canterbury	Anglo-Saxon	OUI				X
St Pancras, Canterbury	Anglo-Saxon	OUI		X	X	X
St Martin, Cheriton	Anglo-Saxon	non				
St Mary the Virgin, Chislet	Normand	non				
St Pancras, Coldred	Saxo-Normand	non				
St Mary, Crundale	début Normand	non				
Priory church, Davington	XII ^e siècle	non				
St Leonard, Deal	Normand	non				
St Martin, Detling	début Normand	non				
The Beheading of St John the Baptist, Doddington	Normand	non				
St Mary, Cannon street, Dover	XII ^e siècle	non				
St Mary-in-the-Castle, Dover	Anglo-Saxon	OUI		X	X	X
St Augustine, East Langdon	Saxo-Normand	non				
St Mary, Eastling	Normand tardif	non				

église	période	brique?	CA	O	M	A
church, Elmstone	Normand	non				
St Mary, Fordwich	Normand	non				
St Dunstan, Frinsted	Normand	non				
St Lawrence, Godmersham	Normand	non				
St Bartholomew, Goodnestone	début Normand	non				
All Saints, Graveney	Normand	non				
St Martin, Great Mongeham	Normand	non				
St Martin of Tours, Guston	XII ^e siècle	non				
St Michael, Harbledown	Normand	non				
St Thomas, Harty	Normand	non				
St Mary, Hastingleigh	début Normand	non				
St Michael, Hawkinge	Normand	non				
St Lawrence, Hougham	Normand	non				
St Leonard, Hythe	Normand	non				
St Edmund, Kingsdown	Saxo-Normand	non				
St Giles, Kingston	Saxo-Normand	non				
St Nicholas, Leeds	Saxon tardif	non				
St Margaret, Lower Halstow	Anglo-Saxon	OUI		X	X	
St Mary, Luddenham	Normand	OUI	X			
Holy Trinity, Milton Regis	Anglo-Saxon	OUI			X	
St Mary & St Sexburga, Minster-in-Sheppey	Anglo-Saxon	OUI		X	X	
St Mary, Minster-in-Thanet	Normand	OUI	X			
St Mary Magdalene, Monkton	Normand	non				
St Mary, Nackington	Normand	brique?				
St Nicholas, Newington	Normand	non				
St Augustine, Northbourne	Normand	non				
St Mary, Norton	Normand	non				
St Peter & St Paul, Ospringe	Normand	non				
St Nicholas, Oxney	Normand	non				
St Oswald, Paddlesworth	début Normand	non				
St Mary, Patrixbourne	Normand tardif	non				
All Saints, Petham	Normand	non				
St Lawrence, Ramsgate	Normand	non				
St Mary's Abbey, Reculver	Anglo-Saxon	OUI		X	X	
St Nicholas, Ringwould	Normand	non				
St Mary the Virgin, Ripple	Normand	non				
St Margaret, St Margaret's at Cliffe	Anglo-Saxon/Norman?	non				
St Peter & St Paul, Saltwood	Normand	non				
St Clement, Sandwich	Normand	non				
St James, Sheldwich	Normand	non				
St Mary, Smeeth	XII ^e siècle	non				
St Mary, Stodmarsh	Normand tardif	non				
Stone-by-Faversham	Anglo-Saxon	OUI		X	X	
All Saints, West Stourmouth	Anglo-Saxon	?				
St Nicholas, Sturry	Normand	non				
St Peter & St Paul, Sutton	Normand	non				
St Peter, Swingfield	Normand	non				
St Peter & St Paul, Temple Ewell	Normand	non				
St Nicholas, Thanington	début Normand	non				
St Michael & All Angels, Throwley	Normand	non				
St Mary the Virgin, Thurnham	Normand	non				
St Mary the Virgin, Upchurch	Normand	non				

église	période	brique?	CA	O	M	A
St Peter & St Paul, Upper Hardres	Normand	non				
St Mary, old church, Walmer	Normand	non				
St Bartholomew, Waltham	Normand	non				
St Peter, Westcliffe	Normand	non				
St Peter, Whitfield	Anglo-Saxon	non				
St Mary, Willesborough	Anglo-Saxon	non				
St Margaret, Womenswold	Normand	non				
St Giles, Wormshill	Anglo-Saxon	non				

ESSEX

église	période	brique?	CA	O	M	A
church, Alphamstone	Normand	non				
church, Alresford	Normand	OUI	X			
St Mary, Arkesden	Normand	non				
church, Barnston	Normand	non				
St Ethelbert and All Saints, Belchamp Otton	Normand	non				
St Nicholas, Berden	Normand	non				
Old St Mary, Birch	Normand	OUI		X		
St Mary, Birchanger	Saxo-Normand	non				
St Augustine of Canterbury, Birdbrook	début Normand	non				
St Lawrence, Blackmore	Normand	non				
St Peter and St Paul, Black Notley	Normand	non				
Boreham	Anglo-Saxon/Normand	OUI	X	X	X	X
church, Borley	XI ^e siècle	non				
St Peter, Boxted	Normand	non				
All Saints, Brightlingsea	début Normand	OUI		X		
St Mary, Broomfield	Normand	OUI	?	?	?	?
St Mary, Chadwell St Mary	Normand	non				
St Mary, Chickney	Saxon	non				
St Martin de Tours, Chipping Ongar	Normand	OUI	X			
St James the Great, Colchester	Normand	OUI	X			
St Martin, Colchester	Normand	OUI	X			X
Holy Trinity, Colchester	Saxon	OUI	X	X	X	X
St Botolph's Priory, Colchester	début Normand	OUI	?	?	?	?
St Andrew, Colne Engaine	Normand	OUI	X			
St Mary the Virgin, Copford	Normand	OUI	?	?	?	?
St Mary, Corringham	début Normand	non				
All Saints, Cressing	Normand	non				
All Saints, Dovercourt	Normand	non				
St Mary Magdalen, East Ham	Normand	non				
St Edmund, Easthorpe	Normand	non				
church, Elsenham	Normand	non				
St Mary, Fairstead	Normand	OUI	X	X		
Holy Cross, Felsted	Normand	non				
St Johan, Finchingfield	Normand	non				
St Andrew, Fingringhoe	Normand	OUI	X	X		
St Michael, Fobbing	Anglo-Saxon	non				
church, Frating	Normand	OUI		X		
St Nicholas, Fyfield	Normand	non				
St Peter, Goldhanger	XI ^e siècle	OUI	?	?	?	?
St Mary the Virgin, Great Bentley	Normand	non				
All Saints, Great Braxted	Normand	non				
St Mary Magdalen, Great Burstead	Normand	non				
St Mary, Great Canfield	Normand	non				
St John the Baptist, Great Clacton	Normand	non				
St Giles, Great Hallingbury	Anglo-Saxon/début	OUI		X		
	Normand					
St Mary, Great Henny	Normand	non				
All Saints, Great Horkestone	Normand	OUI		X		
St Mary, Great Leighs	Normand	non				
St Giles, Great Maplestead	Normand	non				
St Mary and All Saints, Great Stambridge	Saxon	non				

église	période	brique?	CA	O	M	A
St Barnabas, Great Tey	Anglo-Saxon/Normand	OUI	X	X	X	X
St Nicholas, Great Wakering	début Normand	non				
St Mary and St Lawrence, Great Waltham	Normand	OUI		X		
St Andrew, Greensted	Anglo-Saxon	non				
St James the Less, Hadleigh	Normand	non				
St Botolph, Hadstock	Anglo-Saxon	OUI	?	?	?	?
former chapel, Harlowbury, Harlow	Normand	non				
Latton Priory, Latton	XII ^e siècle	non				
St Mary the Virgin, Latton	Normand	OUI		X		
St Mary the Virgin, Hatfield Broad Oak	XII ^e siècle	non				
St Andrew, Hatfield Peverel	XII ^e siècle	non				
St Andrew, Heybridge	Normand	non				
St Mary the Virgin, High Easter	Normand	OUI	X	X		X
All Saints, High Laver	Normand	OUI	X			
St Mary, High Ongar	Normand	non				
St Edmund and St Mary, Ingatestone	Normand	OUI			X	
All Saints, Inworth	AS/début Normand	OUI		X		
St Mary the Virgin, Kelvedon	Normand	non				
St Mary and All Saints, Lambourne church, Layer de la Haye	Normand	non				
St Michael, Leaden Roding church, Liston	Normand	non				
St Mary the Virgin, Little Baddow	Normand	non				
St Katherine, Little Bardfield	Anglo-Saxon tardif	non				
St Nicholas, Little Braxted	Normand	non				
St Mary the Virgin, Little Bromley	Normand	non				
St Mary, Little Burstead	Normand	non				
St James, Little Clacton	Normand	non				
St Mary, Little Easton	Normand	OUI		X		
St Mary the Virgin, Little Hallingbury	Anglo-Saxon/Normand	OUI		X		
St John the Evangelist, Little Leighs	Normand	non				
St Mary, Little Oakley	Normand	non				
St James the Less, Little Tey	Normand	non				
All Saints, Little Totham	Normand tardif	non				
St Martin, Little Watham	Normand	non				
St Mary Magdalen, Magdalen Laver	Normand	OUI		X		
St Giles, Maldon	Normand	non				
St Margaret, Margaret Roding	Normand	non				
St Andrew, Marks Tey church, Mashbury	Normand	OUI		X		
All Saints, Middleton	Normand	non				
St Thomas the Apostle, Navestock	Normand	non				
All Saints, Nazeing	Normand	non				
St Peter, Paglesham	Normand	non				
St George, Pentlow	Anglo-Saxon/Normand	non				
St Mary, Prittlewell	Anglo-Saxon	OUI	?	?	?	?
St Helen & St Giles, Rainham	Normand tardif	non				
Rivenhall	Anglo-Saxon	OUI		X	X	
St Andrew, Sandon	Normand	OUI	X			
St Mary the Virgin, Sheering	Normand	OUI		X		
St Mary, Shopland	Normand	non				

église	période	brique?	CA	O	M	A
St Laurence and All Saints, Southend-on-Sea/Eastwood	Normand	non				
St Andrew, Southend-on-Sea/South Shoebury	Normand	non				
St Peter, South Hanningfield	Normand	non				
St Leonard, Southminster	Normand	non				
St Nicholas, South Ockendon	Normand tardif	non				
All Saints, Springfield	Normand	OUI		X		
St Margaret, Stanford Rivers	XII ^e siècle	non				
St Albright, Stanway	XII ^e siècle	OUI		X		
St Mary, Steeple Bumstead	XI ^e siècle	non				
All Saints, Stisted	XII ^e siècle	non				
St Peter & St Paul, Stondon Massey	début Normand	non				
St Mary, Strethall	Anglo-Saxon/Normand	non				
St Mary, Sturmer	Normand	non				
Holy Trinity, Takeley	Normand	OUI	X	X		
St Nicholas, Tillingham	Normand	non				
St Mary, Tollesbury	Anglo-Saxon/Normand	OUI	?	?	?	?
All Saints, Wakes Colne	Normand	non				
Waltham Abbey, Waltham Holy Cross	Normand	non				
St Mary the Virgin, Wendens Ambo	Anglo-Saxon/Normand	OUI		X		
St Mary & St Peter, Wennington	Normand	non				
St Peter & St Paul, West Mersea	Anglo-Saxon/début	non				
church, White Notley	Anglo-Saxon/Normand	OUI		X		
St Martin, White Roding	Normand	OUI	X			
St Peter, Wickham Bishops (old church)	Normand	OUI	X			
St Andrew, The Willingales	Normand	OUI	X	X		
All Saints, Wimbish	Normand	non				
St Andrew, Wormingford	Normand	non				
All Saints, Wrabness	Normand	non				

NORFOLK

église	période	brique?
St Mary, Alborough	Normand	non
St Margaret, Antingham	Normand	non
Broomholm Priory, Bacton	Normand	non
St Peter, Belaugh	Anglo-Saxon/Normand	non
St Mary, Bessingham	Anglo-Saxon	non
St Mary, Binham priory	Normand	non
St Nicholas, Brandiston	Normand	non
St Michael, Braydeston	Normand	non
St Nicholas, Buckenham	Normand	non
St Margaret, Burgh St Margaret	Normand	non
St Andrew, Burlingham St Andrew	Normand	non
St Edmund, Burlingham St Edmund	Normand	non
St Margaret, Cantley	Normand	non
St Peter, Clipesby	Normand	non
St John Baptist, Collishall	Anglo-Saxon	non
All Saints, East Barsham	Normand	non
St Mary, Earlham (village de Norwich)	Normand	non
St Mary, Fishlay	Normand	non
St Nicholas, Great Yarmouth	Normand	non
St Peter, Guestwick	Saxo-Normand	non
St Mary, Hassingham	Normand tardif	non
St Peter, Haveringland	Normand	non
St Lawrence, Hunworth	Normand	non
St Laurence, Ingworth	Normand	non
St Michael, Irstead	Normand	non
St Protase and St Gervase, Little Plumstead	Normand	non
St Andrew, Little Snoring	début/pré-Normand	non
St Benet's Abbey, Ludham	Normand	non
St Peter, Matlask	Decorative (début gothique)	OUI
St Peter, Melton Constable	Normand	non
All Saints, Mundesley	Normand	non
St Mary, Northrepps	Normand	non
St Etheddreda, Norwich	Normand	non
St Mary at Coslany, Norwich	Anglo-Saxon	non
St Margaret, Ormesby St Margaret	Normand	non
St Peter, Repps	Normand	non
St Mary, Roughton	Anglo-Saxon	non
St Peter and St Paul, Sustead	(pré-)Normand	non
St Edmund, Swanton Novers	Normand	non
St Edmund, Taversham	Normand	non
All Saints, Thornage	Anglo-Saxon/Normand	non
All Saints, Thwaite	Normand	non
St Nicholas, Twyford	Normand	non
St Mary, Warham St Mary	Normand	non
St John, Waxham	Normand	non
All Saints, Weybourne	Anglo-Saxon	non
St Andrew, Wickhampton	Normand	non
St Margaret, Witton	Anglo-Saxon	non
St Mary, Wroxham	Normand	non

CAMBRIDGESHIRE

église	époque	brique?
St Mary, Bartlow	Normand	non
St Peter, Boxworth	Normand	non
St Bene't, Cambridge	Anglo-Saxon	non
St Giles, Cambridge	Anglo-Saxon	non
St Margaret, Chippenham	Normand	non
St Peter, Coton	Normand	non
St Leonard, Downham	Normand	non
St Peter, Duxford	Normand	non
St Peter, Fordham	Normand	non
St Mary, Fowlmere	Normand	non
St Andrew, Girton	Normand	non
St Andrew & St Mary, Grantchester	Saxon tardif ou Normand	non
St Mary, Great Salford	Normand	non
St Nicholas, Great Wilbraham	Normand	non
St Edmund, Hauwton	Normand	non
St Mary & St John, Hinxton	Normand	non
St Mary, Ickleton	Anglo-Saxon	non
All Saints, Kirtling	Normand	non
St Catherine, Littlington	Normand	non
St Mary, Little Abington	Anglo-Saxon	non
Little Chishall	Normand	non
All Saints, Little Shelford	Normand	non
Holy Trinity, Meldreth	Normand	non
All Saints, Milton	Normand	non
St James, Newton	Normand	non
St Andrew, Orwell	XII ^e siècle	non
St John, Pampisford	Normand	non
All Saints, Rampton	Normand	non
St Mary, Sawston	Normand	non
All Saints, Shepreth	Normand	non
St Peter, Snailwell	Normand	non
St Andrew, Stapleford	Normand	non
St Andrew, Swavesey	Anglo-Saxon	non
St Giles, Tydd St Giles	Normand tardif	non
St Peter, Wentworth	Normand	non
St Mary & St Andrew, Whittlesford	Normand	non
St Peter, Wilburton	Normand	non

HERTFORDSHIRE

église	période	brique?
St Lawrence, Abbots Langley	Normand	non
St George, Anstey	Normand	non
St Margaret, Barley	Normand	non
St Margaret, Bygrave	Normand	OUI
St Mary, East Barnet	Normand	non
St Leonard, Flanstead	Normand	OUI
St John the Baptist, Great Amwell	Normand	non
St Mary, Great Wymondley	Normand	non
St Mary, Hemel Hempstead	Normand	non
St Katherine, Ickleford	XII ^e siècle	non
All Saints, Little Munden	XII ^e siècle	non
St Mary, Meesden	XII ^e siècle	non
St Mary, Northchurch	Anglo-Saxon	?
St Nicholas, Norton	Normand	non
St Mary, Redbourn	Normand	OUI
St Mary, Reed	Anglo-Saxon tardif	non
Cathedral, St Albans	Normand	OUI
St Michael, St Albans	Anglo-Saxon	OUI
St Stephen, St Albans	Anglo-Saxon	OUI
St Leonard, Sandridge	Normand	OUI
Holy Trinity, Sarratt	XII ^e siècle	non
St Margaret, Stanstead St Margaret	Normand	non
St Mary, Stapleford	Normand	non
St Nicholas, Stevenage	Normand	non
St James, Thorley	Normand	non
old parish church, Thundridge	Normand	non
St Mary, Walkern	Anglo-Saxon	non
St Mary, Westmill	Anglo-Saxon	non
Holy Trinity, Weston	Normand	non
St Helen, Wheathampstead	Anglo-Saxon	OUI

SURREY

église	période	brique?
St James, Abinger	Normand	non
St Mary, Addington	Normand	non
St Peter & St Paul, Albury	Anglo-Saxon	non
St Peter, Ash	Normand	non
St Michael, Betchworth	Anglo-Saxon tardif	non
St Mary, Betchingley	Normand	non
Holy Trinity, Bramley	Normand	non
St Bartholomew, Burtow	Normand	non
St Lawrence, Caterham	Normand	non
St Peter & St Paul, Chaldon	début Normand	non
St Nicholas, Charlwood	Normand	non
St Dunstan, Cheam	Anglo-Saxon	non
St Martha on the Hill, Chilworth	Normand	non
St Laurence, Chobham	Normand	non
St Andrew, Cobham	Normand	non
St Nicholas, Compton	Normand	non
St Martin, East Horsley	Normand	non
St Peter & St Paul, Ewhurst	Normand	non
St Mary, Farleigh	Normand	non
St Andrew, Farnham	XII ^e siècle	non
St Mary, Fetcham	pré-Conquête?	OUI
St Peter & St Paul, Godalming	Anglo-Saxon	non
St Nicholas, Godstone	Normand	non
St Nicholas, Great Bookham	Normand	non
St Mary, Guildford	pré-Conquête?	OUI
Kingston Upon Thames	Anglo-Saxon	non
St Mary, Merton	Normand	non
St Michael, Mickleham	Normand	non
St Peter, Old Woking	Normand	non
St Mary, Oxted	XII ^e siècle	non
St Nicholas, Peper Harow	Normand	non
St John the Baptist, Puttenham	XII ^e siècle	non
St Nicholas, Pyrford	Normand	non
St Mary, Ripley	Normand tardif	non
St James, Shere	Normand	non
St Mary, Stoke d'Abernon	Anglo-Saxon	OUI
St Peter, Tandridge	Normand	non
St Mary, Tatsfield	Normand	non
St Michael, Thursley	Anglo-Saxon	non
St Mary, Walton-on-Thames	Normand tardif	non
church, Wisley	Normand	non
All Saints, Witley	Anglo-Saxon	non
St John the Baptist, Wonersh	pré-Conquête (?)	non
St John, Wotton	Normand	non

SUSSEX

église	période	brique?
SUSSEX : Ouest		
St Mary, Aldingbourne	Normand	non
St Michael, Amberley	Normand	non
St James, Ashurst	XII ^e siècle	non
church, Bargham	Anglo-Saxon	OUI
St Mary, Barnham	Normand	non
Holy Cross, Bignor	Normand	non
St Mary, Binsted	Normand	non
Holy Trinity, Bosham	Anglo-Saxon	non
St Botolph, Botolphs	Anglo-Saxon tardif	non
All Saints, Buncton	Normand	non
St Mary, Burpham	Normand tardif	non
church, Burton	Normand	non
St Mary, Chichester	Anglo-Saxon	non
church, Chithurst	Anglo-Saxon	non
St Mary, Clapham	Normand	non
St Giles, Coldwaltham	Normand	non
church, Coombes	début Normand	non
St Margaret, Eartham	Normand	non
The Assumption, East Wittering	Normand	non
St Paul, Elsted	Anglo-Saxon	non
St Andrew, Ferring	Normand	non
St John the Baptist, Findon	XI ^e siècle-XII ^e siècle	non
St Andrew, Ford	Normand	non
St Botolph, Hardham	Anglo-Saxon	OUI
St Mary, Horsham	XII ^e siècle	non
St Nicholas, Itchingfield	XII ^e siècle	non
Kingston Buci	XI ^e siècle	non
St John the Baptist, Kirdford	XII ^e siècle	non
St Mary, Lavant	XII ^e siècle	non
St Mary Magdalene, Lyminster	Anglo-Saxon	non
St Mary, North Marden	Normand	non
St Mary de Haura, New Shoreham	Normand	non
church, North Stoke	Normand	non
St Nicholas, Old Shoreham	Anglo-Saxon	non
St Thomas à Becket, Pagham	XI ^e siècle	non
St Nicholas, Poling	Anglo-Saxon	non
Holy Trinity, Rudgwick	Normand	non
St James, Selham	Anglo-Saxon	non
St Mary, Shipley	début Normand	non
St John the Evangelist, Singleton	Anglo-Saxon	non
St Mary, Sompting	Anglo-Saxon	OUI
St Leonard, South Stoke	XI ^e siècle	non
St Michael, Southwick	Anglo-Saxon	non
St Andrew, Steyning	Normand tardif	non
St Mary, Stopham	Anglo-Saxon	non
St Mary the Virgin, Storrington	XI ^e siècle	non
St Mary, Stoughton	Anglo-Saxon	non
St Mary, Sullington	Anglo-Saxon	non
St John, Sutton	XI ^e siècle	non
St Mary, Thakeham	Normand	non
St Thomas, Tortington	Normand	non

église	période	brique?
St Mary, West Chiltington	XI ^e siècle	non
St George, West Grinstead	XI ^e siècle	non
St Andrew, West Stoke	XI ^e siècle	non
St Peter & St Paul, West Wittering	XI ^e siècle	non
St Mary, Wiston	XI ^e siècle	non
All Hallows, Woolbeding	Anglo-Saxon	non
church, Broadwater, Worthing village	Normand	non
YAPTON, St Mary	Normand	non
SUSSEX : Est		
St Bartholomew, Albourne	Normand	non
St Pancras, Arlington	Anglo-Saxon	OUI
St Mary, Battle	Normand	non
St Peter, (Old) Bexhill	Normand	non
St Andrew, Bishopstone	Anglo-Saxon	non
St Mary Magdalene, Bolney	Saxo-Normand	non
St George, Brede	Normand	non
St Helen, Hangleton, Brighton village	XI ^e siècle	?
All Saints, Patcham, Brighton village	Normand	non
St Bartholomew, Burwash	Normand	non
St Laurence, Catsfield	Normand	non
St John the Baptist, Clayton	Anglo-Saxon	non
St Margaret, Ditchling	XII ^e siècle	non
St Mary, Eastbourne (old town)	Normand	non
church, East Chiltington	Normand	non
St Simon & St Jude, Eastdean	Normand	non
St Mary & St Andrew, Fletching	Normand	non
St Mary, Friston	Normand	non
St Laurence, Guestling	Normand	non
St Peter, Hamsey	Normand	non
St Peter & St Paul, Hellingly	Normand	non
All Saints, Herstmonceux	XII ^e siècle	non
St Giles, Horsted Keynes	Normand	non
All Saints, Icklesham	Normand	non
St Nicholas, Iford	Normand	non
St Margaret, Isfield	Normand	non
St Andrew, Jevington	Anglo-Saxon	non
St Anne, Lewes	Normand	non
St John-under-the-Castle, Lewes	Anglo-Saxon	non
church, Litlington	Normand	non
St Michael, Little Horsted	Normand	non
St Bartholomew, Maresfield	Normand	non
All Saints, Mountfield	Normand	non
St Michael, Newhaven	Normand	non
St Mary, Newick	Normand	non
St Mary, Northiam	Normand	non
St Wulfran, Ovingdean	Normand	non
St Peter & St Paul, Peasmarsh	Normand	non
St Nicolas, Pevensey	Normand	non
St Michael, Playden	Normand	non
St Michael, Plumpton	Normand	non
church, Pyecombe	Normand	non
St Peter, Rodmell	Normand	non
S Margaret, Rottingdean	Normand	non

église	période	brique?
St Mary, Rye	Normand	non
St Leonard, Seaford	Normand	non
St Mary, Slaugham church, Southease	Normand	non
St Lawrence, Telscombe	Normand	non
St Mary, Udimore	Normand	non
St Peter & St Paul, Wadhurst	Normand	non
St John Baptist, Westfield	Normand	non
St Peter, West Firle	Normand	non
St Mary, Westham	Normand	non
St Margaret, West Hoathly	Normand	non
St Martin, Westmeston	Normand	non
St Mary & St Peter, Wilmington	Normand	non
St Nicholas, Worth	Anglo-Saxon	non
St Mary, Rumboldswhyke	Anglo-Saxon	OUI
St Helena, Westhampnett	Anglo-Saxon	OUI
St John the Baptist, Wivesfield	Anglo-Saxon	non

Résumé

Parmi les méthodes de datation qui peuvent contribuer à l'archéologie du bâti, la luminescence stimulée appliquée aux matériaux de construction de terre cuite a été mise en œuvre ici. Les recherches restituées dans cette thèse portent sur la révision d'une hypothèse archéologique concernant l'origine des terres cuites architecturales (TCA) dans les édifices religieux des IX^e, X^e et XI^e siècles de Normandie et de Pays de Loire en France et du Kent et de l'Essex en Angleterre. En effet, les briques utilisées dans les maçonneries constituent-elles des *spolia* romaines ou procèdent-elles de productions *a novo* ?

Les techniques de datation ont été testées dans le cadre d'un travail d'intercomparaison entre deux laboratoires de luminescence. Cette étude a montré l'importance de bien connaître l'environnement dont est issu l'échantillon et la nécessité d'examiner les espèces minérales utilisées dans le processus de datation.

Les résultats de la datation par thermoluminescence (TL) ou luminescence stimulée optiquement (OSL) obtenus sur une cinquantaine de TCA provenant de douze églises du nord-ouest de la France et du sud-est de l'Angleterre ont montré que la pratique de remploi de briques romaines était courante pour les petites églises paroissiales, mais que la production des TCA n'était pas un savoir-faire totalement inconnu des artisans du haut Moyen Âge, comme on l'a longtemps supposé. Dans ce dernier cas, la contemporanéité du matériau de construction et de l'édifice a également permis d'en préciser la chronologie et les datations obtenues ont fourni de nouveaux jalons chronologiques essentiels à l'histoire de l'architecture antérieure à l'an mil.

Mots-clés : archéologie du bâti, haut Moyen Âge, terres cuites architecturales, datation, luminescence.

Abstract

Amongst the dating methods that can contribute to building archaeology, it is the technique of stimulated luminescence applied to ceramic building materials (CBM) that is the focus of this study. The research reported in this thesis concerns the re-evaluation of an archaeological assumption surrounding the origin of CBM used in 9th, 10th and 11th century religious buildings of Normandy, Pays de Loire in France and Kent and Essex in England. Are the bricks used in the masonry structures Roman spolia or *a novo* productions?

Dating techniques were scrutinized through a process of intercomparison work between two luminescence laboratories. This study highlighted the importance of knowing precise details of the sample's original environment and the need for close examination of the mineral species used in the dating process.

Results from thermoluminescence (TL) and optically stimulated luminescence (OSL) dating performed on 53 CBM samples from 12 churches of north-west France and south-east England showed that the practice of reusing Roman brick was commonplace in small parish churches, but also that brick/tile-making was not a totally unknown skill of the early medieval craftsmen as has long been supposed. Most importantly, by identifying that the building material is contemporary to the church, a defined chronology emerges resulting in a new and extremely useful reference point in the history of early medieval architecture.

Key-words: building archaeology, early middle ages, ceramic building materials, dating, luminescence.