

AS ARCHEOLOGIE SPERIMENTALI

TEMI · METODI · RICERCHE

Numero 2 - Anno 2021



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Archeologie Sperimentali.
Temi, Metodi, Ricerche.

II

2021

Direttore Scientifico

Vincent Serneels

Direttore Editoriale

Chiara Lebole

Comitato Editoriale

Chiara Lebole, Luca Bartoni, Valeria Cobianchi, Lara Comis, Giorgio Di Gangi, Yuri Godino, Marco Romeo Pitone.

Comitato Scientifico

Silvia Amicone, Lorenzo Appolonia, Andrea Augenti, Federico Barello, Riccardo Belcari, Rosa Boano, Enrico Borgogno Mondino, Mauro Paolo Buonincontri, Aurora Cagnana, Federico Cantini, Claudio Capelli, Maurizio Cattani, Fabio Cavulli, Lara Comis, Mauro Cortelazzo, Adele Coscarella, Annalisa Costa, Paola Croveri, Gianluca Cuniberti, Giorgio Di Gangi, Fulvio Fantino, Alessandro Fichera, Vanessa Forte, Francesca Garanzini, Enrico Giannichedda, Yuri Godino, Silvia Guideri, Chiara Lebole, Cristina Lemorini, Laura Longo, Nicolò Masturzo, Valeria Meirano, Alessandra Pecci, Marco Romeo Pitone, Francesco Rubat Borel, Marco Sannazzaro, Vincent Serneels, Fabrizio Sudano, Florian Téreygeol, Nicoletta Volante.

Archeologie Sperimentali. Temi, Metodi, Ricerche

Dipartimento di Studi Storici

Via S.Ottavio 20 – 10124 Torino

www.archeologiesperimentali.it

www.ojs.unito.it/index.php/archeologiesperimentali

redazione@archeologiesperimentali.it

Volume II, anno 2021

Tutti i contributi sono sottoposti a *peer review*

© Diritti riservati agli Autori e agli Editori (informazioni sul sito)
Torino, dicembre 2021
ISSN 2724-2501

In copertina: preparazione dei blocchi di arenaria impiegati nel cantiere di Guedelon, Francia - © Guédelon.
Elaborazione grafica *Studio Okapi*

Archeologie Sperimentali è una rivista scientifica digitale edita dall'Università di Torino e pubblicata con cadenza annuale. Nasce con l'intento di colmare il vuoto editoriale che caratterizza l'Archeologia Sperimentale italiana che, pur essendo riconosciuta come un valido strumento di conoscenza, non ha un luogo dedicato al dialogo tra l'archeologia, le scienze e la sperimentazione.

La rivista si rivolge alla comunità scientifica internazionale per accogliere contributi innovativi ed originali che approfondiscono la conoscenza delle culture antiche attraverso l'utilizzo dei metodi sperimentali. In particolare, l'attenzione è rivolta alle esperienze che operano nel campo dell'Archeologia Sperimentale, dell'Archeologia della Produzione, della Storia delle Tecnologie, dell'Artigianato Storico e dell'Esperienzialità.

L'obiettivo è quello di diffondere l'adozione di approcci pratici, sperimentali e multidisciplinari allo studio del dato archeologico, promuovendo la ripresa del dibattito sui significati e sui metodi dell'Archeologia Sperimentale e creando un luogo di incontro tra ricercatori che operano all'interno di questo ambito. *Archeologie Sperimentali* aderisce alla "Dichiarazione di Berlino" promuovendo la diffusione *online* gratuita dei dati e favorendo la comunicazione ed il dibattito scientifico; il progetto riconosce al lettore il diritto di accedere liberamente e gratuitamente ai risultati della ricerca scientifica.

È possibile pubblicare sia in inglese sia in italiano con l'obbligo di inserire un riassunto nella lingua non utilizzata nel contributo. La rivista *Archeologie Sperimentali* è connessa ai principali *repository* e *open libraries* internazionali. I contributi inviati al comitato redazionale sono valutati secondo il metodo della doppia *blind peer review*, avvalendosi di una rete internazionale di referenti specializzati.

Il dialogo tra studiosi è garantito, inoltre, dalle possibilità offerte dalla piattaforma informatica, grazie alla quale è possibile inserire *contenuti multimediali* allegati ai contributi; questa opportunità permette di integrare le informazioni con video e fotografie delle ricerche, consentendo, ad esempio, di presentare attività di scavo e di un laboratorio, fasi di protocollo sperimentale ed esperienze di artigianato e di etnoarcheologia.

Nota per gli Autori

Gli Autori possono proporre i loro contributi inviando il materiale a redazione@archeologiesperimentali.it

Indice dei contenuti

Editoriale

- L'Archeologia Sperimentale e il contributo delle Scienze Sociali. Una proposta filosofica per l'integrazione dei metodi e la disseminazione.....1**
L. Comis

Saggi

- Osservazioni preliminari sulla realizzazione sperimentale di un bulino di Ripabianca.....11**
A. Tomaselli, J. Conforti, M. Parisi
- Più di un semplice ciottolo: Un protocollo sperimentale per la comprensione del ruolo di strumenti macrolitici nella trasformazione delle risorse vegetali nel Paleolitico Superiore in Eurasia.....24**
G. Sorrentino, A. Lo Giudice, A. Re, A. Borghi, L. Longo
- Analisi multidisciplinari per la ricostruzione del processo produttivo delle ceramiche del castelliere di Guardamonte: proposte di metodo e risultati preliminari.....41**
G. Baratti, M. Sciortino
- Contributo allo studio dell'antica saldatura a colata di bronzo.....84**
M. Galeotti, A. Pacini
- Archeologia della produzione architettonica. Le regole dell'arte, il sisma e la prova sperimentale del tempo109**
I. Zamboni
- Guédelon: un chantier ouvert à l'archéologie expérimentale.....134**
N. Reveyron

Guédelon: un chantier ouvert à l'archéologie expérimentale

Autore: Nicolas Reveyron*

* Docente, Université Lumière-Lyon 2
nicolas.reveyron@univ-lyon2.fr

Abstract

Il sito di Guédelon costituisce uno straordinario esempio di come l'Archeologia Sperimentale possa essere al tempo stesso un efficace strumento di ricerca e una forma immediata di divulgazione scientifica. L'edificazione di un castello del XIII secolo costituisce il movente attorno al quale si articolano idee e progetti che comprendono ricerca, formazione, educazione, turismo e occupazione: nel cantiere si sono potute affrontare le tematiche più disparate, sperimentare approcci tanto diversi quanto innovativi, analizzare fenomeni mai osservati dal vivo e verificare la validità delle interpretazioni proposte dagli studiosi. L'attenzione si è focalizzata non soltanto sugli aspetti materiali e sulle tecniche utilizzate, ma anche su questioni di natura antropologica e sociale: la cultura artigianale dell'uomo medievale, la trasmissione del sapere, l'organizzazione della catena operativa, la capacità di recuperare un sapere quasi del tutto perduto e comunicarlo al pubblico.

The Guédelon site is an extraordinary example of how Experimental Archeology can be both an effective research tool and an immediate form of scientific dissemination. The construction of a 13th century castle constitutes the pivot around which ideas and projects are structured that include research, training, education, tourism and employment: in the construction site it was possible to deal with the most diverse issues, experimenting approaches as different as they were innovative, analyzing phenomena that had never been observed directly and verify the validity of the interpretations proposed by scholars. Attention was focused not only on the material aspects and the techniques used, but also on anthropological and social issues: the artisan culture of medieval man, the transmission of knowledge, the organization of the operational chain, the ability to recover an almost completely lost knowledge and to communicate it to the public.

Parole chiave: archeologia sperimentale, cantiere medievale, architettura, contesto storico

1. Introduction

De l'idée initiale à la mise en œuvre, l'archéologie a toujours accompagné le chantier de Guédelon. Avant même le début des travaux, en 1997, les recherches menées par N. Fauchère¹ et C. Corvisier² sur le château de Saint-Fargeau, non loin du site de Guédelon, ont mis

au jour d'importants vestiges du XIIIe siècle dans les parties basses de la forteresse du XVe siècle remaniée à l'époque moderne³. A la lecture du rapport d'étude, *Révélation d'un château englouti* (1995), M. Guyot, propriétaire de Saint-Fargeau et actif restaurateur d'architectures de défense médiévales, a imaginé de recréer de toute pièce le chantier d'un château du temps

¹ Nicolas Fauchère Professeur d'histoire de l'art médiéval à l'Université de Nantes, responsable de l'équipe de *castellologie* du Centre d'études médiévales de Poitiers.

² Christian Corvisier, historien de l'architecture et castellologue.

³ Voir par exemple: M. GUYOT, J. GUYOT 1983, Le château de Saint-Fargeau, Cosne-Cours-sur-Loire; C. MIGNOT 1995, Mademoiselle et son château de Saint-Fargeau, in "Papers on the French Seventeenth Century Literature", t. XXII, n° 42, pp. 91-101; H. TOULHOAT 2017, Le château de Saint-Fargeau au XVIIIe siècle, Paris.

de saint Louis et de l'ouvrir au grand public, ainsi qu'aux scientifiques. Guédelon venait de naître. D'emblée ont été très intelligemment associés au projet l'enseignement et la recherche. L'enseignement, non seulement dans la dimension performative d'un spectacle évolutif à vocation pédagogique, mais aussi à travers les commentaires et explications donnés aux visiteurs par les acteurs des divers métiers attachés au chantier. La recherche, parce que le souci de vraisemblance et de véracité exigeait les avis, analyses et propositions de spécialistes - architectes, castellologues, historiens de l'art, historiens, archéologues - réunis en conseil scientifique⁴. Et poussant jusqu'au bout la logique de cette expérience, les concepteurs du projet ont proposé à ces derniers d'intervenir sur le site comme dans un laboratoire d'archéologie expérimentale, pour vérifier des hypothèses, élaborer des problématiques nouvelles ou analyser des phénomènes encore jamais observés *in vivo*. Parallèlement, pour s'inspirer au plus près des modèles de la première moitié du XIIIe siècle, mais aussi d'édifices antérieurs comme le château voisin de Saint-Sauveur-en-Puisaye (XIe-XIIe), les responsables de l'opération ont, avant l'ouverture du chantier, mené eux-mêmes de nombreuses études architecturales, archéologiques et d'histoire de l'art en bibliothèque et sur site, afin de maîtriser fermement le sujet et d'établir un solide cahier des charges techniques et stylistiques. La confrontation de toutes les données recueillies par les uns et les autres s'est avérée extrêmement riche et profitable au projet.

Le souci de vérité historique a toutefois réservé une place légitime aux exigences de notre époque en termes de communication et de réglementation (sécurité et droit du travail). Cette volonté assumée d'ancrer le chantier de Guédelon dans le présent, par nécessité autant que par choix, n'est pas restée sans conséquence sur une part, clairement identifiée et précisément

circonscrite, de l'aventure scientifique. Par exemple, l'implication des hommes de l'art dans l'information des visiteurs, qui les amène à suspendre régulièrement leur ouvrage pour donner des explications et répondre aux questions, n'a pas permis de mener des recherches sur la performance des opérateurs et sur les vitesses d'exécution des tâches⁵. De même, l'organisation légale et réglementaire de la semaine de travail, le respect de consignes de sécurité aussi utiles que contraignantes⁶ ou un calendrier des travaux libéré des nombreuses fêtes médiévales chômées⁷ ont rendu vaine toute étude sur les rythmes de travail et les délais de finalisation. Parallèlement, la vocation pédagogique de l'opération a suscité des choix fondés et bien pesés, comme celui des vêtements de travail qui, sans imiter d'hypothétiques modèles médiévaux (il fallait éviter le folklore néo-moyenâgeux), sont à la fois évocateurs d'un autre temps et bien adaptés aux activités des constructeurs, créant ainsi les conditions d'une immersion des spectateurs dans un passé restitué (BERGER 2001, p. 8).

Autre choix marquant, l'organisation des travaux par tranches verticales, qui a permis de faire surgir assez rapidement du sol des parties remarquables et visuellement significatives du château. Cette distribution des tranches de construction a répondu au besoin des visiteurs de voir des réalisations parfaitement identifiables à côté d'éléments encore à peine amorcés, réduits à des fondations ou une base de quelques assises et, partant, inévitablement décevants. Il ne s'agit évidemment pas d'une disposition de détail, mais bien d'un enjeu majeur: la dimension spectaculaire de l'opération, composante-clef de l'attrait du chantier, est au cœur du volet pédagogique de Guédelon.

⁴L'auteur de ces lignes a été accueilli dans le conseil scientifique du château de Guédelon en 1998.

⁵Sur la question du temps de travail, notamment les horaires journaliers, les sources médiévales donnent de rares indications (essentiellement l'adaptation du labeur à la lumière du jour) et il faut attendre le XVIe siècle pour disposer d'un document normatif comme l'édit de 1567 : « Ainsi, prenant peut-être le modèle sur le statut anglais réaffirmé par Elisabeth 1ere, un édit royal français légifère en 1567 sur les horaires des maçons, tailleurs de pierre, charpentiers, tuiliers, couvreurs et manœuvres : il prévoit une amplitude journalière oscillant entre 12 heures (de 6 h à 18 h) et quatorze heures (de 5 h à 19 h) ». C. MAÎTRE, D. TERRIER 2020, p. 54.

⁶Le problème de l'adaptation du chantier aux règles de sécurité en vigueur s'est posé très tôt, avec la mise en place sur la tour de la chapelle des premiers échafaudages ancrés par boulin dans les maçonneries, selon un mode d'échafaudement bien attesté dans l'Antiquité et au Moyen Âge. Le surdimensionnement des boulins et des platelages, sur un principe de précaution, était très insatisfaisant, au point qu'a été envisagé l'abandon de l'expérience, que seul un intelligent compromis entre exigences réglementaires et recherches archéologiques a permis de poursuivre et d'étendre à d'autres parties du château, notamment le donjon.

⁷En dernier lieu, voir: P. DESMETTE, P. MARTIN (éd.), 2017, *Orare aut laborare? Fêtes de précepte et jours chômés du Moyen Âge au début du XIXe siècle*, Paris.

2. Le projet de château

Le projet de château a été conçu et dessiné par J. Moulin⁸ Architecte en chef, qui s'est inspiré directement de ce type d'architecture dénommé « château philippin », c'est-à-dire une forteresse standardisée élaborée sous Philippe Auguste (1165 - 1180-1223), rapide à construire, adaptable à tout terrain et conçue pour une défense active⁹.

Le plan-masse est un trapèze de 150 m de périmètre¹⁰. Les courtines sont des murs épais de 2,50 m et hauts de 9 m, pour des longueurs allant de 47 m à plus de 52 m. Elles sont articulées aux 4 angles par 4 tours. Les tours sud-ouest et sud-est ont une hauteur de 15 m (charpente incluse). Appelée tour du logis ou tour de la chapelle, parce qu'elle est proche du bâtiment d'habitation et abrite la chapelle à l'étage, celle de l'angle nord-ouest est une tour maîtresse, haute de 23,10 m. Enfin, dans l'angle nord-est s'élève un puissant donjon. Haut de 28,50 m, il atteint un diamètre de plus de 16 m dans sa partie la plus large et ses murs ont une épaisseur d'environ 4 à 5 m, sur une base pleine capable de résister aux travaux de sape. Sur la façade sud, le castelet d'entrée est flanqué de deux tours de 18 m de hauteur. Ces dispositions renvoient à un modèle local, proche de Guédelon: le château de Ratilly (XIIIe).

A l'intérieur de l'enceinte, un vaste bâtiment appuyé contre la courtine nord assure la fonction résidentielle. Long de 23 m et large de 7 m, ce logis est composé de deux niveaux dont le second est desservi par un escalier monumental qui occupe près de la moitié de la façade; autre expression architecturale de la puissance seigneuriale, ces grands degrés sont le lieu des mises en scènes pour les réceptions des vassaux. Le rez-de-chaussée abrite la cuisine et le cellier, et l'étage, la chambre et la grande aula, espace de la vie publique dans lequel se tiennent les banquets et où le seigneur réaffirme son autorité et resserre les liens avec ses affidés. Le projet montre une parfaite maîtrise des problèmes de défense, tels qu'ils ont été réglés à cette époque: le concepteur a pris soin de rendre le logis

autonome, en déconnectant radicalement ses systèmes de déplacement (portes, couloirs escaliers) et les circulations sur les courtines et dans les tours.

Le site qui a été choisi est une clairière proche de Ratilly et de Saint-Fargeau. Les essarteurs, qui apparaissent rarement dans les textes médiévaux, si ce n'est, plus ou moins explicitement, dans les récits de fondations d'abbayes en région sauvage, ont été les premiers à intervenir sur le terrain. Ils ont coupé les arbres sur l'emprise du chantier, dessouché, puis creusé le sol pour atteindre, rapidement, une loupe de grès ferrugineux assez vaste pour tout à la fois servir de carrière et porter le château. D'emblée, les constructeurs ont choisi la formule garantie par les textes sacrés¹¹, recommandée par les spécialistes des fondations et valorisée dans les chansons de geste et les romans de chevalerie: asseoir le château directement sur le rocher (REVEYRON 2010, pp. 73-85).

La construction de Guédelon a été l'occasion d'étudier ce type de chantier qui bénéficie d'un approvisionnement direct en pierre. Les carriers ont ensuite entrepris d'extraire de grandes masses de pierre, pour les débiter en petits blocs. La technique mise en œuvre n'a pas évolué depuis l'Antiquité. Pour cette qualité de pierre, l'essentiel du travail consiste d'abord à dégager une énorme portion de grès, puis à y repérer les failles naturelles en faisant sonner la roche avec une masse. Une fois qu'il a localisé la ligne de fracture et mis en équilibre l'énorme bloc dégagé de la loupe, d'un coup sec, le carrier casse ce bloc qui bascule en deux parties. L'opération est répétée jusqu'à obtention de fractions plus facilement manipulables. Le débitage des blocs prêts à être taillés s'opère ensuite avec des coins.

⁸ Les documents produits par l'architecte - plans et élévations - donnent les dimensions prévues. Voir: P. DURAND (dir.), A. BAUD, F. FOLCHER, F. RENUCCI, N. REVEYRON 2005, Guédelon, Quintin.

⁹ Voir A. ERLANDE-BRANDENBURG, 1982, L'architecture militaire au temps de Philippe Auguste: Une nouvelle conception de la défense, in R. H. BAUTIER (dir.), La France de Philippe Auguste, Le temps des mutations, Actes du Colloque du CNRS, Paris, 29 septembre - 4 octobre 1980, pp. 595-603; P. BRAGARD, *Essai sur la diffusion du château "philippin" dans les principautés lotharingiennes au XIIIe siècle*, in "Bulletin Monumental", vol. 157-2, 1999, pp. 141-167.

¹⁰ Courtine est: 47,10 m; courtine nord: 49,50 m; courtine ouest: 50,10 m; courtine sud: 52,50.

¹¹ Au thème évangélique de la maison construite sur le roc (Mt 7, 24-25) répond le verset *Haec est domus Domini firmiter edificata; bene fundata est super firmam petram* chanté pour la consécration d'une église.



Figure 1: Cathédrale de Lyon, tas de charge dans les voûtes sexpartites de la nef centrale (ogive centrale). Le tas de charge atteint ici une hauteur considérable de quelque 2 m. Cliché N. Reveyron.

3. De la lecture d'un mur à la sémio-archéologie du bâti

L'intervention des archéologues dans le chantier de Guédelon s'est logiquement faite dans le cadre de l'archéologie du bâti. Il s'agit d'une branche nouvelle de l'archéologie qui, depuis les années 1980-1990 en France¹², s'intéresse aux édifices conservés en élévation, pour en restituer l'histoire monumentale, de la construction initiale aux modifications et aux restaurations, et en étudier les techniques de

construction. Dès le début de notre siècle et à la faveur des grands chantiers de restauration qui lui ont offert un champ toujours plus large de recherche, mais aussi de conseil, elle s'est ouverte à des problématiques innovantes comme les implications du contexte naturel (géomorphologie, résistance des sols, altération des matériaux, sismologie, météorologie *etc.*) ou anthropique (environnement urbain, réseaux viaires, géographie politique *etc.*), la mise en œuvre des ressources matérielles et techniques (matériaux primaires ou transformés, transmission des savoirs, éclairage naturel, acoustique *etc.*) et l'adaptation de l'architecture et des édifices aux besoins des commanditaires (défense, liturgie, hiérarchie sociale, vie régulière, structure familiale *etc.*). Ces différents aspects de la construction sont directement perceptibles dans le bâti-même, sous la forme de marques laissées dans les matériaux, dans les éléments architecturaux et dans les bâtiments et qui relèvent ipso facto d'une sémiologie objective. C'est pourquoi l'affinement des méthodes d'observation, de relevé et d'analyse a suscité la naissance d'une 'sémiologie du bâti'.

L'approche sémiologique de l'édifice est opérante dans toutes les dimensions du bâti¹³. Au niveau du matériau, les signes manifestes sont les traces d'outils¹⁴ qui, pour les matériaux lithiques par exemple, nous renseignent aussi bien sur l'outillage, son maniement et la puissance de percussion, que sur le degré de maîtrise du tailleur de pierre, sa latéralisation (gaucher ou droitier), sa position face au bloc, son attitude (fixe ou mouvante), voire son statut de travailleur (production massive, à façon, de spécialiste reconnu *etc.*); les tracés préparatoires à la taille d'un bloc ou à un élément sculpté; les marques lapidaires qui peuvent être des signatures de tailleurs de pierre, des signes de pose ou des marquages économiques¹⁵. Au niveau du mur (et des éléments d'architecture), l'analyse sérielle et l'analyse systémique permettent d'interpréter les divers accidents repérés dans le bâti comme autant de signes

¹² Voir par exemple : Y. ESQUIEU, 1997, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'architettura", pp. 133-140 ; C. ARLAUD, 1998, *L'archéologie du bâti*, in Y. ESQUIEU, J. M. PESEZ (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XIe au XVIe siècle*, Paris, pp. 27-29 ; F. JOURNOT, 1999, *Archéologie du bâti*, in *La construction, la pierre*, Paris, pp. 133-162 ; I. PARRON, N. REVEYRON (éd.), 2005, *Archéologie du bâti, Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde de Saint-Romain-en-Gal, 9 et 10 novembre 2001 Paris ; N. REVEYRON, 2011, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'architettura", pp. 27-42 ; A. VANETTI, 2021, *Archéologie du bâti, histoire et épistémologie, des origines à nos jours (France, Italie, Suisse)*, Dijon

¹³ Sur les différents aspects de la sémio-archéologie du bâti exposés plus loin, voir: N. REVEYRON, 2019, *L'archéologie du bâti*, in "Hortus Artium Medievalium", vol. 25, pp. 52-69.

¹⁴ Nous renvoyons aux nombreuses publications de J.-C. Bessac, notamment: J. C. BESSAC, 1986, *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre, de l'Antiquité à nos jours*, Paris. En dernier lieu, voir: F. DOPERE, 2018, *Dater les édifices du Moyen Age par la pierre taillée*, Bruxelles.

¹⁵ Voir par exemple les publications du Centre International de Recherches Glyptographiques (Braine-le-Château, Belgique).

d'événements passés. Au niveau de l'édifice, l'analyse morpho-spatiale traite les déformations de l'architecture comme autant de signes laissés par l'histoire de l'édifice. Dans ces conditions, on comprend aisément qu'à côté de l'étude des matériaux, des techniques de construction et de l'organisation matérielle du chantier, l'approche sémiologique de l'édifice donne aussi un accès exceptionnel à la réalité immatérielle de la construction, depuis l'identité professionnelle des tailleurs de pierre jusqu'à la hiérarchisation de tâches.

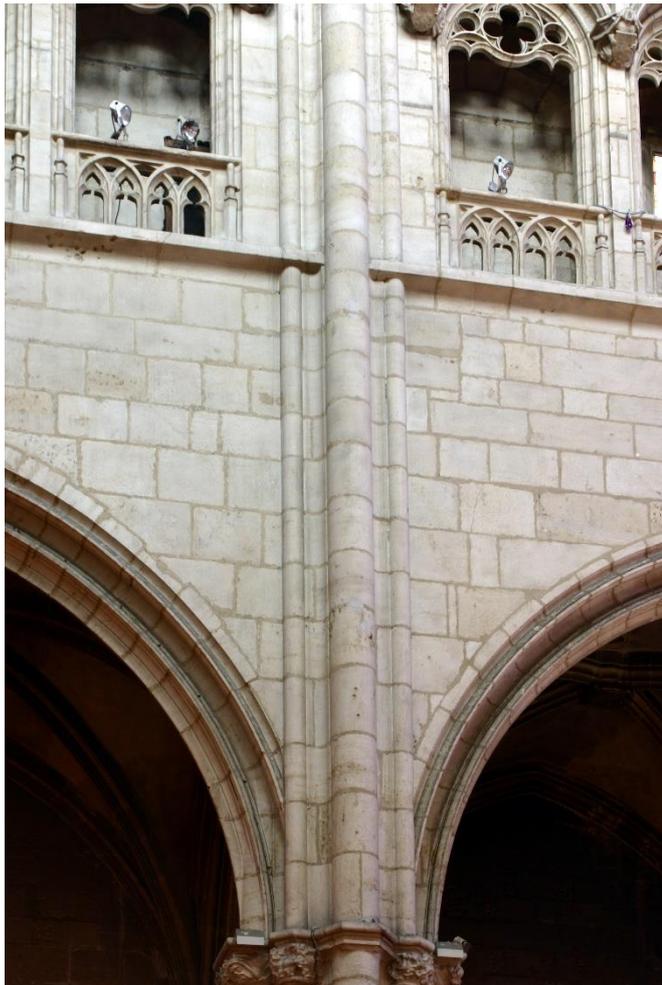


Figure 2: Saint-Nizier de Lyon, tas de charge en 3 blocs dans les arcades de la nef centrale (XVe). Cliché J.-P. Gobillot.

4. Archéologie des aspects socio-culturels du chantier: le contexte historique

De quelle légitimité épistémologique dispose l'archéologie pour rechercher dans des maçonneries des signes des réalités socio-culturelles d'un chantier? Les archéologues ne risquent-ils pas de transposer au Moyen Âge une vision des choses de leur temps et fausser ainsi la démarche qui est celle des concepteurs du projet? Sur ces sujets, les sources médiévales ne sont heureusement pas muettes. Des auteurs comme l'historien de l'art J. Adhémar ou le professeur de philosophie E. de Bruyne ont recueilli bon nombre de textes traitant des techniques et des matériaux de construction, parmi lesquels la pierre occupe une place majeure (ADHEMAR 1996, DE BRUYNE 1998). Il ne s'agit pas seulement de réflexions philosophiques sur les beautés de l'architecture ou d'interprétations théologiques solidement fondées sur l'Ancien et le Nouveau Testament - les métaphores de la pierre angulaire¹⁶ ou des pierres vives¹⁷, par exemple -, mais aussi de discours plus triviaux, relevant de la culture courante, comme ces vers du sirvente S'abrils e fuoillas e flors¹⁸ composé par Bertrand de Born quelques décennies avant l'ouverture supposée du chantier de Guédelon. Le troubadour y explique, non sans une certaine causticité, que les seigneurs puissants sont des «bâtisseurs, riches hommes de grand pouvoir, qui savent tenir la terre, font des portes et des bistours, de chaux et de sable avec de la pierre de taille, et construisent des tours avec des voûtes et des escaliers à vis»¹⁹: on croirait lire une description de notre château de Puisaye. Et cette culture technique est à ce point familière au Moyen Âge que l'expression «à chaux et à sable» est utilisée dans le langage du droit coutumier pour désigner les immeubles, par opposition aux meubles²⁰.

La réalité immatérielle de la construction, c'est précisément le tout premier point qui a été abordé par les archéologues à Guédelon. Le projet initial prévoyait pour le donjon une hauteur supérieure à celle finalement

¹⁶ Esaïe 18, 16; Ps 118, 22; Mt 21, 42; Mc 12, 10; Lc 20, 17.

¹⁷ 1 Pierre 2, 4-8.

¹⁸ Le *sirvente*, ou *sirventès*, est un poème satirique, genre en vogue dans le Midi de la France aux XIIe et XIIIe siècles. Sur les *sirventès* de Bertrand de Born, voir: G. GOUIRAN 1985, *L'amour et la guerre, L'oeuvre de Bertran de Born*, Aix-en-Provence (not. pp. 128 sq).

¹⁹ « D'autres n'i a bastidors, Rics homes de gran poder Que sabon terra tener E fant portals e bestors De cauz, d'arena ab caire. E fant tors, voutas ab vitz ». Cité par H. DEBAX 2006, *Les clés de la féodalité: l'enceinte du castrum en Languedoc au XIIe siècle*, in "Mémoires de la Société archéologique du Midi de la France", LXVI, pp. 89-100 (90).

²⁰ A. CASTALDO 2008, *Les constructions en droit coutumier*, in O. VERNIER, M. BOTTIN, M. ORLANI (dir.), *Etude d'histoire du droit privé en souvenir de Maryse Carlin*, Paris, pp. 153-180. Je remercie R. Carvais de m'avoir communiqué cette référence.

retenue. Ce point a fait rapidement débat: de quelle puissance politique et militaire se prévalait un petit seigneur qui prétendait élever une tour répondant aux normes d'une forteresse royale²¹? D'une manière générale, on s'est vite aperçu que les difficultés rencontrées dès le début du chantier avaient pour origine une absence de contextualisation historique. Qui était ce commanditaire qui se lançait dans une telle entreprise au cœur d'un pays aussi démuni que la Puisaye, et pour quelles raisons? Sur quels appuis pouvait-il compter? Quelles étaient ses sources de revenu, pour édifier un château en opus quadratum, «à chaux et à sable», avec son châtelet, son donjon, son logis, ses salles voûtées, ses escaliers? Comment avait-il organisé son budget sur plusieurs décennies? Ces questionnements ont introduit Guédelon dans le champ de l'anthropologie historique. Implication d'autant plus nécessaire que, dépourvu d'une histoire vraisemblable, le chantier ne fonctionnait pas comme on était en droit de l'espérer et, de fait, les maçonneries elles-mêmes - c'est une donnée tout à fait remarquable - ne prenaient pas l'apparence et n'offraient pas les caractéristiques qu'elles auraient dû afficher pour des ouvrages du XIII^e siècle. Elles devenaient le signe perceptible de cette absence de contexte.



Figure 3: Milan, basilique Saint-Eustorge, chapelle Portinari (XVe): coupole côtelée de la travée abritant le tombeau de saint Pierre de Vérone. Cliché N. Reveyron.

Il a donc fallu inventer le personnage de Guilbert de Courtenay, appelé aussi Guilbert de Guédelon. De retour des croisades où il aurait acquis les moyens de ses

ambitions, Guilbert aurait obtenu de son suzerain, Jean de Toucy, sire de Saint-Fargeau et maître de la Puisaye, l'autorisation de bâtir son château. La région bénéficiant d'une paix générale, le niveau de fortification du château ne se justifiait que s'il servait effectivement de résidence à Guilbert et que les moyens de défense étaient adaptés à cette fonction. En outre, la minorité de Louis IX - il devient roi à 12 ans, en 1226, deux ans avant l'ouverture supposée du chantier de Guédelon - et la régence de Blanche de Castille ont rendu la période propice à des entreprises locales sans grandes conséquences pour le pouvoir central. Ces conditions nouvelles ont modifié sensiblement la hiérarchie des bâtiments et conféré un rôle accru à la fonction résidentielle du château, dévolue au grand bâtiment prévu contre la courtine nord²². Pour le donjon, qui conservait sa valeur de réduit défensif, sa dimension symbolique en sortait renforcée.

5. Archéologie des aspects socio-culturels du chantier: les maçonneries

Les « traces sémiologiques » imprimées dans le bâti par l'organisation immatérielle du chantier se sont affichées aussi à l'échelle des appareils. Les premiers essais de parement, menés sur les bases de plusieurs tours, se sont révélés insatisfaisants, aussi bien pour les hommes de l'art qu'aux yeux des archéologues. Les premières assises montées sont apparues très uniformes. Par leurs dimensions trop régulières, la planéité bien réglée des surfaces apparentes, leur forme exactement parallélépipédique et la finesse induite des joints, les blocs mis en œuvre s'apparentaient plus à un appareil du XIX^e siècle qu'à un ouvrage des années 1230-1240. Réponse instinctive et spontanée à la rigidité de ces parements, le guillochage des faces visibles des blocs, à la pointerolle ou au pic, tentait de redonner une certaine rusticité à un appareil qui ne l'était pas. Cette tentative de vieillissement visuel des pierres, parce qu'il était artificiel, a manqué son but: elle n'était en fait rien d'autre qu'une manifestation du trouble esthétique ressenti par les tailleurs de pierre eux-mêmes, une gêne

²¹ Sur la symbolique de l'architecture castrale au Moyen Âge, voir les travaux de d'A. Salamagne, notamment: A. SALAMAGNE 2001, *Archères, mâchicoulis et tours dans l'architecture militaire du Moyen Âge (XIIIe-XVe siècle) : éléments fonctionnels ou symboliques ?*, in A. RENOUX (dir.), *Aux marches du Palais, Qu'est-ce qu'un palais médiéval ? Données historiques et archéologiques*, Actes du VII^e Congrès international d'Archéologie Médiévale, Le Mans - Mayenne, 9-11 septembre 1999, pp. 77-85 (not. pp. 82-53: *La hauteur des tours et des murailles*).

²² Sur la question des espaces résidentiels dans le château au Moyen Âge central, voir par exemple: J. M. POISSON (dir.), 1992, *Le château médiéval, forteresse habitée (XIe-XV^e siècle)*, *Archéologie et histoire: perspectives de la recherche en Rhône-Alpes*, Paris; A. SALAMAGNE 2012, *La distribution des espaces dans le château français XII^e-XIV^e siècle*, in G. DANET, J. KERHERVE, A. SALAMAGNE (dir.), *Châteaux et modes de vie au temps des ducs de Bretagne*, Tours, pp. 177-196.

d'autant plus déstabilisante que son origine restait confuse et difficile à appréhender. Et la solution du problème était ailleurs: dans le retour à la culture technique du XIII^e siècle.

Les causes de cet état de fait étaient donc à rechercher dans la culture technique de notre époque. Tout d'abord, l'apprentissage de l'excellence, dont le compagnonnage est une forme aboutie, nous a habitués, dans tous les domaines, à produire des objets parfaitement calibrés et finis. Ensuite, des financements plus abondants qu'au Moyen Âge nous permettent de valoriser la forme des blocs au détriment de l'économie d'une matière qui est facilement sacrifiée au profit d'un meilleur parachèvement de l'objet. Enfin, les relations entre les tailleurs de pierre et l'architecte n'ont cessé d'évoluer: depuis le XIX^e siècle, ceux-là s'appliquent à retranscrire dans la pierre le projet que celui-ci a défini dans ses moindres détails, y compris le calibrage des blocs, et ce qu'ils ont perdu en autonomie de travail, les tailleurs de pierre l'ont regagné en reconnaissance de leur excellence. Au Moyen Âge²³, les hommes de l'art bénéficiaient au contraire d'une réelle liberté dans leur travail. Grâce à leur compétence et leur expertise, ils prenaient en charge techniquement et pratiquement un projet plus global, l'adaptant aux possibilités de matériaux dont ils maîtrisaient les réponses à leurs sollicitations. Parallèlement, le respect de « la pierre capable », c'est-à-dire le souci de limiter au mieux les déchets de taille par souci d'économie, créait une grande variété formelle de blocs et, partant, de parements. Ces données socio-culturelles se lisent directement dans les maçonneries du XIII^e siècle. Celles de Guédelon ont

acquis la même apparence, après que le travail de taille eut été réorganisé selon les critères du XIII^e siècle.

6. Archéologie des pratiques de chantier

Pour ce qui est des pratiques de chantier et des savoir-faire, Guédelon s'est révélé un formidable laboratoire. L'archéologie expérimentale a pu y étudier in vivo des gestes et des recettes qui, en général, sont peu ou mal transmis par les sources écrites ou l'iconographie et restent difficilement accessibles à l'archéologie du bâti. Les études ont concerné d'abord, et par nécessité, la production et l'utilisation du mortier²⁴. Les premières maçonneries ont été montées avec un mortier produit à partir d'une chaux hydraulique commercialisée, très fine et sans défaut, et un sable fin extrait de la Loire, qui est aussi blanc que la chaux²⁵. Le contraste entre des joints d'une blancheur éclatante et des blocs de grès ferrugineux aux teintes nuancées de rouille était choquant: ici encore, le raffinement des matériaux est, comme l'excellence dans la taille de pierre, un marqueur de notre culture technique²⁶. Mais les parements ainsi réalisés ne correspondaient à aucune tendance esthétique du Moyen Âge et les effets visuels induits menaçaient la cohérence du projet. Pour résoudre ce problème, après intervention de C. Le Barrier, archéologue spécialiste des mortiers, l'approvisionnement en composants a été modifié. Le chantier a fait appel à une chaux aérienne produite artisanalement²⁷ et, pour l'agrégat, à l'arène gréseuse du site, c'est-à-dire les granulats de grès issus directement

²³Parallèlement, dès le XIII^e siècle, les premières tendances à la standardisation, mises en évidence par D. Kimpel dans le chantier de la cathédrale d'Amiens, a induit une nouvelle organisation du travail, avec une production de blocs en série et une simplification radicale des types de blocs. Mais le phénomène est resté circonscrit à quelques chantiers prestigieux. Voir par exemple: D. KIMPEL 1977, *Le développement de la taille en série et son rôle dans l'histoire économique*, in "Bulletin Monumental", pp. 195-222; *idem*, 1996, *Structures et évolution des chantiers médiévaux*, in *Chantiers médiévaux*, La Pierre qui vire-Bruges, pp. 11-51.

²⁴Sur les mortiers médiévaux, en dernier lieu, voir: B. PALAZZO-BERTHOLON 1999, *Archéologie et archéométrie des mortiers et des enduits médiévaux. Étude critique de la bibliographie*, in "Archéologie médiévale", tome 29, pp. 191-216; A. COUTELAS (dir.), 2009, *Le mortier de chaux*, Paris; A. KERSUZAN 2020, *La fabrication de la chaux et du mortier dans les grands chantiers de Savoie (XIII^e-XIV^e siècles)*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *Chantiers et matériaux de construction, De l'Antiquité à la Révolution industrielle en Orient et en Occident*, Lyon, pp. 143-158.

²⁵P. DELAGE, F. RENUCCI 2014, *Mise en œuvre de la pierre et des mortiers à Guédelon (Le chantier dans la ville et la ville en chantier, séminaire de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée-Lyon 2, 18 janvier 2013)*, in "Traverse" (Carnet Hypothèse de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée).

²⁶Contrairement aux chaux industrielles, raffinées et calibrées, la chaux aérienne artisanale conserve des impuretés qui donnent aux mortiers un aspect spécifique. Elle est en effet caractérisée par la présence de non-cuits (petits noyaux de calcaire épargnés par la cuisson) et de fragments de charbons de bois issus de la combustion.

²⁷« Cette chaux est fabriquée par M. Pinel, chauxfournier traditionnel, situé à Ebreuil, dans l'Allier. Il cuit un calcaire pur (appelé carbonate de calcium, moins de 5% d'argile) extrait sur son terrain, dans un four à chaux, avec une température de 900°C. La cuisson des roches calcaires pures donne un oxyde de calcium, appelé chaux vive. Puis elle est éteinte par saturation d'eau, et reste hydratée 3 à 6 mois avant utilisation », P. DELAGE, F. RENUCCI 2014, *op. cit.*

de la carrière²⁸ et, pour notre site, naturellement mêlés d'argile. Le mortier ainsi obtenu s'est parfaitement marié mécaniquement et visuellement avec les blocs de grès ferrugineux. Pour étudier les qualités physiques de ce nouveau produit et les comparer avec celles de mortiers médiévaux, des échantillons ont été prélevés à Guédelon et dans les châteaux de Saint-Fargeau et de Ratilly, puis envoyés en laboratoire: ils présentaient tous les mêmes caractéristiques, preuve du succès du changement de formule qui avait autorisé un retour aux matériaux et savoir-faire du Moyen Âge.

La deuxième question posée lors des premiers essais de maçonnerie a concerné la réalisation des joints des parements²⁹. Il existe, dans ce domaine, un large vocabulaire formel prouvant toute l'attention et le soin qui étaient accordés à cet aspect de la construction³⁰. Selon une hypothèse assez répandue, par comparaison avec la réalisation d'enduits muraux³¹ et sur la foi de constats faits sur les chantiers de restauration³², on imaginait qu'au Moyen Âge, la réalisation des joints était traitée en plusieurs passes. Tout d'abord, le maçon, après avoir posé les blocs de la nouvelle assise, essayait à la truelle le surplus de mortier débordant sur le nu du mur, puis serrait le mortier à l'intérieur du joint, afin de renforcer l'adhérence. Le mortier reflue alors entre les pierres et dans l'espace ainsi creusé, le maçon, dans un deuxième temps, rechargeait le joint encore humide, avant de le serrer à nouveau, puis, le cas échéant, de le renforcer par une dernière charge. Ce traitement, qui est pratiqué pour les enduits, s'est avéré inutile pour les joints, et inutilement chronophage. Dans le chantier de Guédelon, les joints de mortiers ont été réalisés et serrés au moment-même de la mise en place de l'assise.

La troisième question, qui s'est posée à l'approche de l'hiver, au moment de la fermeture du chantier, a porté

sur la protection de l'arase des murs. On sait, suivant des traditions bien attestées, que pendant la morte saison, le faite des murs en construction était protégé du froid, du gel et des intempéries par divers matériaux, principalement de la paille ou du fumier. C'est le fumier qui a donné les meilleurs résultats, parce qu'il est très couvrant et relativement imperméable, qu'il résiste mieux aux assauts des vents et qu'en ralentissant le refroidissement des maçonneries soumises à de brusques baisses de température, sa chaleur persistante évite des coups de froid destructeurs. A la réouverture du chantier, les couvertures végétales sont ôtées, le faite des murs nettoyé et la croûte supérieure de mortier piquée, pour qu'en soit enlevée toute l'épaisseur inévitablement désagrégée par les intempéries et le gel. L'utilisation du fumier permet donc de réduire sensiblement les détériorations hivernales. Elle s'avère performante aussi pour protéger les joints eux-mêmes. En effet, les couvertures de paille, moins étanches que celles de fumier, protègent mal les joints verticaux des parements qui canalisent spontanément les infiltrations de pluie.

²⁸ Comme cela se pratiquait déjà au Moyen Âge.

²⁹ Sur les pratiques médiévales, voir: S. BÜTTNER 2020, *L'étude archéologique des mortiers de chaux médiévaux: vers une meilleure compréhension des gestes du maçon*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *op. cit.*, pp. 129-141.

³⁰ Joints affleurant le parement, joints en léger retrait, joints dits « au fer » (marqués par une incision médiane à la truelle), joints imitant un solin (serrés en biais à la truelle), joints creux ayant un profil en « V », joints rubanés qui font une saillie régulière, joints beurrés, joints à pierre vue, joints soulignés d'ocre rouge ...

³¹ L'enduction d'un mur est une opération complexe qui commence par le *gobetis*, première couche de mortier riche en liants (couche d'accrochage), ayant pour fonction de renforcer l'adhésion de l'enduit sur le nu du mur. Ensuite est appliqué le corps d'enduit qui peut lui-même recevoir une ou plusieurs couches de finition, réalisées avec un sable de plus en plus fin et serrées en plusieurs passes, chaque fois après réhumidification.

³² Lors des restaurations d'édifices médiévaux, il a été constaté que les joints extérieurs pouvaient se désagréger en surface seulement, preuve archéologique qu'ils avaient été rechargés dans une deuxième passe. Le constat reste valide, mais la chronologie des interventions demande à être précisée. Les recharges de mortier qui ont été repérées dans les joints n'ont pas été appliquées au moment de la construction, mais longtemps après, lors des restaurations. En effet, une des premières opérations menées dans ce contexte de reprise tardive consiste à renouveler les joints extérieurs sur une faible profondeur, parce que les eaux atmosphériques et le gel, sur le long terme, en ont fragilisé la surface, lessivée et vidée de leur chaux.



Figure 4: Saint-Nizier de Lyon, voûtes de l'abside et du chœur (fin XVe): un défaut d'implantation dans le pan sud de l'abside a occasionné un gauchissement vers le sud de la clef de la voûte, gauchissement mis en évidence visuellement par le lierne. Cliché N. Reveyron.

7. Archéologie des techniques de construction: le blocage

Dans le domaine des techniques, l'archéologie expérimentale a bénéficié à Guédelon de tous les aspects de la construction, depuis les pratiques apparemment les plus évidentes - la mise en œuvre du blocage entre deux parements par exemple, jusqu'aux opérations les plus complexes, comme l'installation d'une voûte d'ogives. La mise en œuvre du blocage (appelé aussi fourrure) a été la dernière question sur les maçonneries simples abordée dans les débuts du chantier. Dans les ruines d'édifices médiévaux ou dans les vestiges de murs retrouvés en fouilles, le blocage apparaît comme un amoncellement désordonné de blocs informes jetés dans un bain de mortier. Dans la construction des premiers murs commencés à Guédelon, le blocage a été, en réalité, véritablement maçonné en suivant la progression des assises des parements, afin de maintenir une ferme cohérence entre toutes les composantes du mur; en outre - et c'est là le point important -, les blocs internes ont été régulièrement disposés selon un principe d'autoblocage, à la fois horizontalement et verticalement.

Il y a à cela deux raisons. D'un part, la stabilité de la fourrure ne doit pas dépendre du mortier, mais directement de l'agencement des pierres qui sont patiemment calées les unes avec les autres, mais sans souci de respecter des plans horizontaux, contrairement au montage des parement; cette liberté permet d'utiliser toutes sortes de blocs indépendamment de leur forme, de leurs dimensions et de leur encombrement. D'autre

part, noyer entre deux parements des pierres informes prises dans du mortier reviendrait à créer une sorte de béton de chaux à très forte charge: le procédé serait très consommateur de mortier, donc très onéreux, et sans grand intérêt pratique ou mécanique. Mais parce qu'elles ne sont pas visibles, les pierres sont sélectionnées parmi les matériaux difformes, donnant ainsi l'occasion de recycler le tout-venant de carrière. C'est pourquoi l'arase du blocage, offre à chaque phase des travaux, une apparence très irrégulière qui donne l'impression d'un grand désordre. L'étude minutieuse des blocages médiévaux confirme toutes ces données, notamment le soin mis à réaliser les blocages. Il arrive même, comme l'a montré C. Moulis pour plusieurs donjons de Lorraine (XIe-XIIe), que le blocage soit monté partiellement (type 3) ou majoritairement (type 4) en opus spicatum, preuve d'un savant travail de mise en œuvre (MOULIS 2015, pp. 191-200).

8. Archéologie des techniques de construction: le voûtement

Pour ce qui est des opérations complexes, la construction de la première voûte d'ogives, sur la salle basse de la tour maîtresse, a été, pour l'archéologie expérimentale, une occasion exceptionnelle d'étudier non seulement les techniques spécifiques de mise en œuvre et la géométrie des voûtes d'ogives, mais aussi, à l'échelle du site, l'implication de l'ensemble du projet dans la conception de cette couverture de pierre. La voûte a été prévue en effet pour couvrir une salle cylindrique de 3,90 m de diamètre, c'est-à-dire, en plan, une surface équivalant à un disque de près de 12 m². Le choix s'est porté sur le modèle de la voûte sexpartite, composée donc de 3 ogives (soit 6 branches d'ogives rayonnant depuis la clef), une formule courante dans le second quart du XIIIe siècle pour ce type de volume. Les ogives ont été distribuées dans l'espace en fonction du contexte castral, c'est-à-dire en tenant compte des ouvertures susceptibles d'être coiffées par les voûtains. Ce fut le cas de la porte donnant dans le couloir d'accès à la salle, la seule grande ouverture du lieu: il n'était évidemment pas possible de faire porter une ogive sur le linteau de la porte - la descente de charge aurait risqué de fendre le linteau -, il était nécessaire que la porte soit au milieu de l'emprise d'un voûtain et encadrée par deux ogives.

Les autres ouvertures ménagées dans le mur circulaire, épais de quelque 2,30 m, sont 3 meurtrières, que leurs

petites dimensions autorisaient à être localisées plus librement. Mais il est apparu préférable de les installer chacune aussi dans l'emprise d'un voûtain. Cette prudente disposition explique en partie le succès des châteaux philippiens. A Guédelon, en effet, le plan régulier induit une distribution régulière des organes de défenses, notamment des meurtrières, dont la position dans les tours est déterminée en fonction du rôle qu'elles ont à jouer: affronter l'ennemi de face ou battre les murailles latéralement. Les directions de tir sont donc contraintes par la géométrie du château, et si l'organisation générale de ce dernier est ipso facto standardisée, parce qu'elle répond à une géométrie simple, la distribution des éléments de défense sera par conséquent semblablement standardisée. Dans une forteresse complexe dont le plan est conçu en fonction du substrat, de l'assiette et du site (en moyenne montagne, par exemple), les meurtrières sont toutes localisées dans un emplacement unique, chaque fois défini par la géométrie du système de défense, et il est impossible de standardiser leur position; dans un château de plan carré, doté de 4 tours aux angles, la distribution des meurtrières est exactement la même dans chaque tour, parce que d'une tour à une autre chacune a la même fonction que son homologue. Le plan des châteaux philippiens peut ainsi être standardisé dans ses grandes lignes et dans ses détails.

Concernant le montage de la couverture de pierre, les découvertes faites dans ce chantier expérimental ont été nombreuses et éclairantes. Pour construire la voûte sexpartite de la salle, il a d'abord fallu vérifier l'horizontalité de l'assise portant les 6 culots des 6 branches d'ogive: l'érection des murs ayant été toujours parfaitement calibrée, il n'a pas été besoin de mettre en place une assise de réglage³³. Il a fallu ensuite repérer la position exacte des culots, afin de respecter une géométrie régulière de la voûte et, partant de simplifier le montage des ogives. Enfin, il a fallu continuer de monter les murs, non plus en continu, mais en segments: dans l'emprise des futurs voûtains, les murs (du moins le parement interne et une partie du blocage, le parement extérieur étant toujours construit en continu) ont été montés sous la forme de 6 paraboles adaptées au dessin des voûtains (à installer par la suite), afin de les porter à leur extrémité, et entre ces surfaces

courbes, la place a été laissée libre pour accueillir les premiers blocs des ogives, appelés « tas de charge ».

Ce demi-oval correspond à un type, d'arc appelé « en chaînette ». Un arc en chaînette est défini en mathématique (c'est-à-dire dans des conditions idéales) comme la forme que prend une chaîne suspendue par ses deux extrémités à deux axes. Proche en apparence de la parabole, la courbe dessinée par la chaîne sous son propre poids (dans le cas idéal d'une force gravitationnelle autonome, évidemment) est à mi-chemin, pour ce qui est de l'architecture, entre le plein-cintre et l'arc brisé. Le faîte de chacun des 6 segments muraux ne dessine pas un arc brisé, mais se termine donc en courbe. L'intérêt est essentiellement pratique. D'une part, ce dessin est plus facile à réaliser en pierre et moins contraignant qu'un dessin d'arc brisé qui oblige à former un voûtain brisé: toute erreur initiale, qui aboutit à des déviations de direction, prend alors des proportions importantes, qui deviennent progressivement très visibles, et fragilisent l'ensemble, alors qu'un voûtain avec un profil en arc en chaînette absorbe sans difficulté les erreurs, qu'il dissimule dans son volume plus enveloppant. D'autre part, la réalisation de cintres en courbes simples est plus aisée que celle de cintre déterminant une brisure, de même que la mise en œuvre de voûtains profilés « en chaînette » est plus aisée que celle de voûtains brisés.

La mise en place des tas de charge est le second point essentiel de la mise en œuvre. On appelle tas de charge un ensemble de claveaux horizontaux (c'est-à-dire non rayonnants) disposés au départ des ogives: les blocs horizontaux - trois pour chaque branche dans la salle basse - s'enfoncent profondément dans le mur, mais leur petit côté visible amorce déjà la courbure de l'arc (figg. 1 et 2). Le dernier bloc du tas de charge se termine par un angle abattu, c'est-à-dire que l'angle a été recoupé pour former une surface biaise et c'est sur cette surface biaise que vient se poser le premier claveau rayonnant, complètement indépendant du mur, comme, par la suite, tous les autres claveaux rayonnants. Culot, tas de charge, claveaux rayonnants et clef composent les ogives. Dans le chantier expérimental de la salle basse, on a découvert que le souci de conserver à toutes les ogives leur direction exacte vers le centre a obligé d'organiser la pose des claveaux rayonnants différemment de ce que l'on imaginait jusqu'ici.

³³L'assise de réglage intervient dans le cas d'un gauchissement des maçonneries, qui finissent par accuser une pente marquée, lorsque l'horizontalité des assises n'a pas été assez fréquemment vérifiée. L'assise de réglage est une assise dont la hauteur dégressive des blocs permet de compenser le pendage de l'assise inférieure.



Figure 5: Cathédrale de Lyon, arcs-boutants du côté nord de la nef: à droite, les culées des 2 derniers arcs-boutants ont été recalées sur la diagonale des travées correspondantes, légèrement trapézoïdales. Cliché J.-P. Gobillot.

Ainsi, la clef de voûte ne doit pas être posée à la fin du montage, comme pourrait le laisser imaginer sa fonction de verrou final³⁴, mais très tôt, après le montage des tas de charge et avant l'installation des claveaux. D'une part, en effet, le poids de la clef joue sur les cintres et détermine d'éventuelles corrections dans la longueur des claveaux. D'autre part, les 6 départs d'ogive sculptés dans la clef constituent 6 points de repère exacts pour préserver la rectitude des ogives et fonder d'éventuelles corrections. Si le point de départ des ogives est légèrement faussé - l'erreur est très difficile à repérer au début de la réalisation de l'ogive -, le gauchissement de l'ogive ne va cesser de s'amplifier au fur et à mesure du montage, et lorsqu'elle sera repérée, il sera trop tard pour la corriger discrètement. Dans la rotonde du château de Simiane, en Provence rhodanienne (Vaucluse), dont le mur est intérieurement divisé en 12 pans (dodécagone), les ogives ne sont pas rayonnantes, mais girantes; la multiplicité des pans n'a pas permis de corriger minutieusement les mauvaises directions prises par les ogives, et si certaines sont rayonnantes, la plupart rejoignent de biais l'oculus central.

Même à des époques de haute technicité, comme la Renaissance, le montage exact des ogives n'est pas sans poser problèmes, lorsque le projet de voûte est très ambitieux, comme dans les coupes côtelées à 16 ogives rayonnantes de la chapelle construite par Pigello Portinari contre la basilique Saint-Eustorge, à Milan,

entre 1462 et 1468 (fig. 3). De fait, la voûte n'est que l'aboutissement de toute la construction, depuis les fondations qui déterminent le périmètre exact du volume et le bon positionnement de toutes les sections de mur; les erreurs survenues dès les fondations ont des répercussions jusque dans le voûtement (fig. 4). Quand il s'agit d'ogive, le tracé géométrique de la travée à couvrir doit être très précis. A la cathédrale de Lyon, par exemple, l'infléchissement vers le nord de la moitié ouest de la nef, qui apparaît évidemment dès les fondations, a obligé les constructeurs à réorienter les culées des arcs-boutants qui, à cause de ce défaut de géométrie, ne se trouvaient pas exactement dans le prolongement des ogives (fig. 5).

9. Conclusion

Dans le chantier de Guédelon, l'archéologie expérimentale a pu aborder de nombreuses problématiques, tester des démarches nouvelles, vérifier la validité de pratiques réputées anciennes, voire médiévale. Ce travail scientifique a porté sur la construction elle-même, sur la culture technique des hommes de l'art, sur des données immatérielles du chantier comme les relations de travail, la transmission des savoirs ou les hiérarchies au sein des équipes, sur le langage de chantier perceptible dans les marques lapidaires utilisées pour signer les blocs taillés, indiquer la position d'un bloc dans le mur (marques de pose) ou renseigner l'ordre de montage des claveaux d'un arc, enfin sur l'organisation humaine et matérielle du chantier, notamment les ouvrages d'ingénierie comme les trois grues dont les constructions successives ont permis une amélioration des techniques et des performances. Aujourd'hui que l'érection des premiers bâtiments atteint le toit, il devient possible d'intéresser l'archéologie expérimentale à la préparation et le montage des charpentes, depuis l'abattage des arbres (fait-on préalablement sécher les poutres ?) jusqu'au traçage des repères de montage.

L'auteur remercie chaleureusement le chantier de Guédelon de l'avoir autorisé à publier les photographies formant un carnet de chantier très détaillé.

³⁴Sur le plan épistémologique, cette vision des choses correspond à une démarche intellectuelle, mais non pas pratique. La fonction de verrou de la clef, qui est effective et réelle, n'intervient qu'au moment du décintrage, quand on enlève les cintres où ont été posés les éléments de la voûte, mais pas avant. En revanche, en phase montage, la clef n'exerce aucune fonction de verrouillage, elle n'est qu'un élément du puzzle, au même titre que les autres.

Bibliografia

- ADHEMAR J. 1996, *Influences antiques dans l'art du Moyen Âge français*, Paris (1^e édition, Londres, 1937); E. DE BRUYNE 1998, *Etudes d'esthétique médiévale*, Paris, 2 vol. (1^e édition, Bruges, 1946).
- ARLAUD C. 1998, *L'archéologie du bâti*, in Y. ESQUIEU, J. M. PESEZ (dir.), *Cent maisons médiévales en France du XIIe au XVIe siècle*, Paris, pp. 27-29.
- BERGER L. 2001, *Guédelon, un chantier en question: les interrogations de Sapin, l'enthousiasme de Reveyron*, in "L'Yonne Républicaine", vendredi 31 août 2001, p. 8.
- BESSAC J. C., 1986, *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre, de l'Antiquité à nos jours*, Paris.
- BRAGARD P. 1999, *Essai sur la diffusion du château "philippin" dans les principautés lotharingiennes au XIII^e siècle*, in "Bulletin Monumental", vol. 157-2, pp. 141-167.
- BÜTTNER S. 2020, *L'étude archéologique des mortiers de chaux médiévaux: vers une meilleure compréhension des gestes du maçon*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *op. cit.*, pp. 129-141.
- CASTALDO A. 2008, *Les constructions en droit coutumier*, in VERNIER O., BOTTIN M., ORLANI M. (dir.), *Etude d'histoire du droit privé en souvenir de Maryse Carlin*, Paris, pp. 153-180.
- COUDELAS A. (dir.), 2009, *Le mortier de chaux*, Paris.
- DEBAX H. 2006, *Les clés de la féodalité: l'enceinte du castrum en Languedoc au XIIe siècle*, in "Mémoires de la Société archéologique du Midi de la France", LXVI, pp. 89-100 (90).
- DELAGE P., RENUCCI F. 2014, *Mise en œuvre de la pierre et des mortiers à Guédelon (Le chantier dans la ville et la ville en chantier, séminaire de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée-Lyon 2, 18 janvier 2013)*, in "Traverse" (Carnet Hypothèse de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée).
- DESMETTE P., MARTIN P. (éd.), 2017, *Orare aut laborare? Fêtes de précepte et jours chômés du Moyen Âge au début du XIXe siècle*, Paris.
- DOPERE F., 2018, *Dater les édifices du Moyen Age par la pierre taillée*, Bruxelles.
- DURAND P. (dir.), BAUD A., FOLCHER F., RENUCCI F., REVEYRON N. 2005, *Guédelon*, Quintin.
- ERLANDE-BRANDENBURG A. 1982, *L'architecture militaire au temps de Philippe Auguste: Une nouvelle conception de la défense*, in BAUTIER R. H (dir.), *La France de Philippe Auguste, Le temps des mutations*, Actes du Colloque du CNRS, Paris, 29 septembre - 4 octobre 1980, pp. 595-603.
- ESQUIEU Y. 1997, *L'archéologie du bâti en France*, in "Archeologia dell'Architettura", pp. 133-140.
- JOURNOT F. 1999, *Archéologie du bâti*, in *La construction, la pierre*, Paris, pp. 133-162.
- GOUIRAN G. 1985, *L'amour et la guerre, L'oeuvre de Bertran de Born*, Aix-en-Provence (not. pp. 128 sq).
- GUYOT M., GUYOT J. 1983, *Le château de Saint-Fargeau*, Cosne-Cours-sur-Loire ; C. MIGNOT 1995, *Mademoiselle et son château de Saint-Fargeau*, in "Papers on the French Seventeenth Century Literature", t. XXII, n° 42, pp. 91-101 ;
- MOULIS C., 2015, *La maçonnerie en épi: une technique de construction spécifique aux ouvrages militaires des Xe-XIIIe siècles?*, in JALABERT L, MULLER V. (dir.), *Conflits et progrès scientifiques et techniques en Lorraine à travers les siècles*, Actes du colloque de Metz (17-18 octobre 2014), pp. 191-200.
- KERSUZAN A. 2020, *La fabrication de la chaux et du mortier dans les grands chantiers de Savoie (XIIIe-XIVe siècles)*, in A. BAUD, G. CHARPENTIER (dir.), *Chantiers et matériaux de construction, De l'Antiquité à la Révolution industrielle en Orient et en Occident*, Lyon, pp. 143-158.
- KIMPEL D. 1977, *Le développement de la taille en série et son rôle dans l'histoire économique*, in "Bulletin Monumental", pp. 195-222; *idem*, 1996, *Structures et évolution des chantiers médiévaux*, in *Chantiers médiévaux*, La Pierre qui vire-Bruges, pp. 11-51.
- MAÎTRE C., TERRIER D. 2020, *Les rythmes du travail, Enquête sur le temps de travail en Europe occidentale, XIVe-XIXe siècle*, Paris, p. 54.

PALAZZO-BERTHOLON B. 1999, *Archéologie et archéométrie des mortiers et des enduits médiévaux. Étude critique de la bibliographie*, in "Archéologie médiévale", tome 29, pp. 191-216.

PARRON I. ET REVEYRON N. (éd.), 2005, *Archéologie du bâti, Pour une harmonisation des méthodes*, Actes de la table ronde de Saint-Romain-en-Gal, 9 et 10 novembre 2001, Paris.

POISSON J. M. (dir.), 1992, *Le château médiéval, forteresse habitée (XIe-XVIIe siècle)*, *Archéologie et histoire: perspectives de la recherche en Rhône-Alpes*, Paris.

REVEYRON N. 2010, *Bene fundata est super firmam petram. La valeur mémorielle d'une formule médiévale entre texte et contexte (XIe-XIIIe siècle)*, in M. F. ALAMICHEL, R. BRAID (éd.), *Texte et Contexte, Littérature et Histoire de l'Europe médiévale*, Actes du colloque international de l'Université Paris-est Marne-la-vallée, 23-24 octobre 2009, pp. 73-85.

REVEYRON N. 2019, *L'archéologie du bâti*, in "Hortus Artium Medievalium", vol. 25, pp. 52-69.

SALAMAGNE A. 2001, *Archères, mâchicoulis et tours dans l'architecture militaire du Moyen Âge (XIIIe-XVe siècle): éléments fonctionnels ou symboliques ?*, in A. RENOUX (dir.), *Aux marches du Palais, Qu'est-ce qu'un palais médiéval ? Données historiques et archéologiques*, Actes du VIIe Congrès international d'Archéologie Médiévale, Le Mans - Mayenne, 9-11 septembre 1999, pp. 77-85 (not. pp. 82-53).

SALAMAGNE A. 2012, *La distribution des espaces dans le château français XII^e-XIV^e siècle*, in G. DANET, J. KERHERVE, A. SALAMAGNE (dir.), *Châteaux et modes de vie au temps des ducs de Bretagne*, Tours, pp. 177-196.

TOULHOAT H. 2017, *Le château de Saint-Fargeau au XVIIIe siècle*, Paris.

VANETTI A. 2021, *Archéologie du bâti, histoire et épistémologie, des origines à nos jours (France, Italie, Suisse)*, Dijon.



Figure 6: Débitage à la masse des blocs de grès sur le site du chantier.
© Guédelon



Figure 7: La tour d'entrée est de l'enceinte. En arrière-fond, la tour de la chapelle (fenêtre à remplage) et la toiture du logis. On remarque la très grande régularité des assises formant le fruit de la base. © Guédelon



Figure 8: Insertion des culots des ogives dans les maçonneries. L'installation de ces premiers blocs répond à une géométrie très précise, puisque la position des culots détermine la régularité de toute la voûte, à la fois dans le tracé exact des ogives, dans le tracé des 4 demi-disques de maçonnerie où reposeront les 4 vouôtains. © Guédelon



Figure 9: Montage des tas de charge à partir d'un plateau installé au niveau des culots. © Guédelon



Figure 10: Montage des cintres destinés à porter les ogives. Implantés sur un échafaudage intérieur (cf. infra), les cintres sont mis en place à la hauteur du dernier bloc des tas de charge. Contrairement à ce que l'on représente couramment, ils dessinent donc un segment de cercle inférieur au demi-cercle formé par les ogives. Ils sont articulés avec deux platelages qui mettent les maçons à la bonne hauteur pour installer la clef de voûte (dernier platelage) et les claveaux (platelage inférieur). © Guédelon



Figure 11: Réception de la clef de voûte. Le bloc est déposé par-dessus le mur, sur un long bastaing, puis sera tiré par glissement jusqu'à son emplacement. © Guédelon



Figure 12: Transport de 4 claveaux par charroi. Les déplacements de charges lourdes à l'intérieur du chantier exigent un sol plat, exempt de ces irrégularités de terrain qui occasionneraient des accidents graves. Le chantier de Guédelon a permis de comprendre pourquoi, sur certains édifices, les premiers trous de boulin apparaissent très bas, à quelques dizaines de centimètres du sol: les platelages qu'ils supportaient offraient une surface de circulation sécurisée, contrairement au sol naturel, trop irrégulier. © Guédelon



Figure 13: Installation d'un claveau. On remarque que la clef a été le premier élément de la voûte mis en place. © Guédelon



Figure 14: Montage des ogives. Les claveaux sont librement mis en place (ils peuvent être déplacés dans tous les sens pour faciliter le travail). Seule l'installation du dernier claveau de chaque ogive est une opération difficile, car le maçonnerie se fait sur des blocs mis en position définitive. © Guédelon



Figure 15: Humidification d'un claveau, destinée à assurer une bonne prise en main (en éliminant la poussière) et une bonne prise du mortier. © Guédelon



Figure 18: Vérification des alignements. © Guédelon



Figure 16: Dépose du mortier de joint. © Guédelon



Figure 19: Mise en place du dernier joint, entre deux blocs - le dernier claveau et la clef - déjà en place. © Guédelon



Figure 17: Tassement par percussion du mortier du joint. © Guédelon



Figure 20: Vérification des verticales. Opération très délicate, parce qu'elle prend appui sur une surface très étroite, mais essentielle, pour éviter que l'ogive ne vrille, défaut qui nécessiterait un démontage. © Guédelon



Figure 21: Installation sur l'ogive et un cintre des planchettes du coffrage devant porter le voûtain à réaliser. © Guédelon



Figure 22: Cintres des ogives et coffrages des voûtaines vus par-dessous. A noter le renforcement de l'assiette de la clef de voûte. © Guédelon



Figure 23: Le coffrage achevé. On notera qu'il n'est pas nécessaire de faire joindre exactement les planchettes. On remarquera aussi que la forme donnée à la voûte d'ogives est encore légèrement bombée, caractère qui disparaîtra dans le courant du XIIIe siècle. © Guédelon



Figure 24: Mise en place des blocs formant les voûtaines. Il s'agit de dalles petites et étroites, disposées en éventail. Elles n'ont pas nécessairement de forme trapézoïdale, pour assurer le clavage: c'est le mortier posé au montage qui les bloque les unes les autres et assure la fonction de clavage. Puis la chape de mortier qui recouvrira

l'extrados des voûtains renforcera la cohésion de cette maçonnerie.
© Guédelon



Figure 25: Démontage des cintres. Les planchettes positionnées près du sommet de la voûte restent bloquées. © Guédelon



Figure 26: La voûte achevée. © Guédelon