

Guédélon : immersion dans

Projet hors du temps, la construction du château de Guédélon est un pari fou qui consiste à construire, ex nihilo, un château fort du XIII^e siècle, selon les techniques et avec les outils de l'époque... mais avec les règlements de sécurité actuels ! Huit ans après son démarrage, le point sur cette aventure constructive.

Longtemps décriée, l'opération de construction du château fort de Guédélon, dans l'Yonne, prouve chaque jour aux architectes, universitaires, historiens et entreprises, l'intérêt de cette aventure unique. En effet, c'est la première fois que des spécialistes des métiers du bâtiment et des historiens peuvent appréhender en temps réel la construction d'un château féodal. C'est aussi l'occasion de vérifier ou d'infirmer un certain nombre d'hypothèses, tant au niveau des métiers, des matériaux, des procédures que des temps de mise en œuvre. Sont concernés : l'extraction des pierres, leur taille et leur pose, les mortiers utilisés, le travail du fer, de la forge à la fabrication des outils, les circuits du bois, de l'abattage des arbres à la réalisation d'éléments de charpente, les autres usages du

bois : pont-levis, échafaudages, palissades, coffrages, soutènements ou manches d'outils... Au fur et à mesure de l'avancement du chantier, cette information est hiérarchisée et classée sous forme d'une banque de données, enrichie et réactualisée en permanence.

Un cas unique d'archéologie expérimentale

L'idée de ce projet revient à Michel Guyot, qui avait déjà restauré en profondeur le château voisin de Saint-Fargeau.

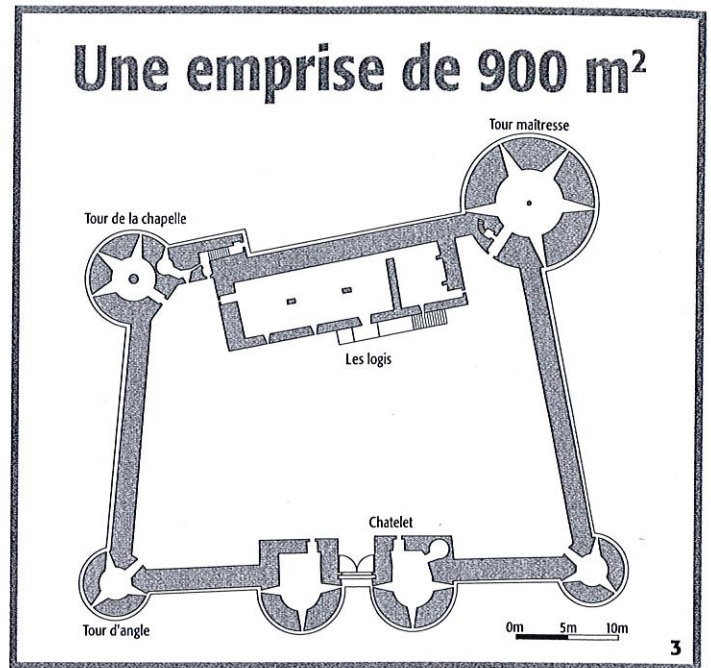
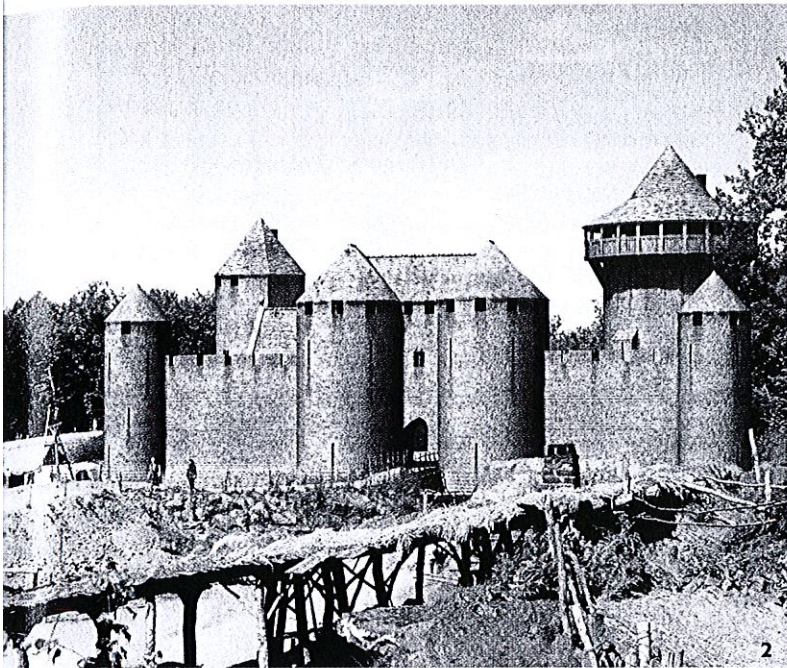
Il découvre un jour que son château comporte deux «peaux», l'une extérieure, visible, et l'autre, intérieure, qui représente la base médiévale de l'édifice. Il souhaite alors reconstruire cette base dans l'enceinte du château, ce qui sera refusé par les Monuments historiques. Il achète alors un site

(constitué d'une clairière, d'une forêt et surtout d'une carrière) qui permet de trouver sur place les matériaux nécessaires à la construction d'un château fort du XIII^e siècle : l'aventure peut alors commencer.

Cet ambitieux projet sera orienté vers une recherche d'authenticité maximale, la limite se situant au niveau de la sécurité et de la législation du travail. Rapidement, le site de Guédélon s'impose comme un laboratoire à ciel ouvert, chaque étape étant appréhendée, étudiée et validée par un comité scientifique composé d'architectes, d'archéologues et d'historiens. Une directrice assure la gestion globale du projet, un chef de chantier – rompu aux travaux du patrimoine, mais aussi à la vie associative – est chargé de l'exécution des travaux. Tout au long du chantier, se posent des questions techniques, de ▶▶

1 & 3. VINGT-CINQ ANNÉES SERONT NÉCESSAIRES pour édifier, avec les moyens techniques du Moyen Âge, ce château d'une emprise au sol de 900 m². Étape la plus récente : en octobre dernier, les vousoirs constituant les 6 nervures de la voûte en croisée d'ogives (tour maîtresse) ont été posés.
(Doc. DR.)

2. VUE EN 3 D DU CHÂTEAU ACHÉVÉ. Le châlelet est au centre, les 2 tours de flanquement à gauche et à droite, la tour des logis au fond à gauche et la tour maîtresse au fond à droite.
(Doc. N. Gasseau.)



les techniques du XIII^e siècle



▲ LES MAÇONS assemblent les pierres à l'aide d'un mortier de chaux conçu pour supporter sans dommages le tassement progressif du bâtiment. Ils utilisent la truelle, l'archipendule pour vérifier l'horizontalité et le fil à plomb pour l'orthogonalité.

◀ LA POSE DE PIERRES MASSIVES s'effectue avec les gestes traditionnels. L'expérience acquise à Guédelon permettra à certains Compagnons de mettre en œuvre ce savoir sur des chantiers plus courants. (Docs. DR.)

Trois bruits selon la dureté de la pierre

La pierre extraite de la carrière est un grès ferrugineux qui présente différents niveaux de dureté, identifiés sous les noms évocateurs de « pif, paf et pouf », selon le bruit clair ou mat que fait l'outil en frappant la pierre.

Les variétés dites « pif et paf » sont employées comme pierres d'œuvre, tandis que le modèle dit « pouf » est utilisé pour le remplissage des murs avec tous les déchets de taille de la carrière.

Généralement, les pierres d'œuvre sont débitées dans le sens du lit, hormis pour des pièces spéciales aux formes particulières. Les blocs de petite taille sont directement traités par les maçons qui les équarrirent sur place ou les utilisent tels quels dans le mur. Les autres blocs passent d'abord dans la loge des tailleurs de pierre qui, grâce à leurs « pointerolle, bédane et chasse » façonnent les pierres destinées à être calibrées.

Les carriers et les tailleurs de pierre œuvrent sur un front de taille enterré qui doit être découvert au fur et à mesure. Le carrier « lit » d'abord le bloc de rocher, détermine ses points de rupture possibles, puis oriente le sens

de l'attaque en déjouant les pièges des failles naturelles. Il prépare ensuite les emboîtures, des trous triangulaires qui vont contenir les coins d'acier. Pour finir, des coups de masse cadencés viennent s'abattre lentement sur les coins jusqu'à la rupture parfaite du bloc suivant la ligne prévue.

Dans un but de moindre pénibilité, un essai de mécanisation avait été effectué. Cette expérience s'est soldée par un échec, car elle générait beaucoup de chutes, de dangers potentiels, de dysfonctionnements et de temps perdu.

Les maçons assemblent ensuite les blocs à l'aide d'un mortier de chaux très maigre, conçu pour supporter sans dommages le tassement progressif du bâtiment. Il est obtenu à partir de blocs de calcaire cuits dans des fours à chaux.

Après refroidissement, on obtient de petits blocs de chaux vive, qui seront ensuite éteints par barbotage dans l'eau. Le mortier est obtenu par mélange de la chaux avec deux parties de sable (2/3 de sable argileux plus 1/3 sable de rivière), le tout étant très peu mouillé de l'eau argileuse du site.

De l'exploitation forestière aux éléments achevés

Les ouvrages en bois, quelle que soit leur destination, sont façonnés sur le chantier. Ils proviennent de la forêt du site, majoritairement constituée de chênes et de châtaigniers. Les troncs d'essences nobles sont destinés à des usages multiples. Débités en poutres et en planches, ils sont assemblés en charpentes. Le chêne est également retenu pour la réalisation de soutènements, d'échafaudages et de menuiseries. Le châtaignier, transformé en tavaillons, assurera la couverture de plusieurs constructions.

Tous les éléments en bois trouvent un

usage. Selon leurs caractéristiques, ils deviennent brouettes, traineaux, brancards, seaux et tonneaux pour l'eau. Les appareils de contrôle ainsi que les manches d'outils sont issus de bois sélectionnés en fonction de leur souplesse, de leur dureté ou de leur indéformabilité. Le bois est également utilisé pour la construction des machines : cages à écureuil, cabestans et leviers mobiles. Les essences les moins nobles deviennent fagots de charbon de bois, combustibles pour le forgeron, la potière... mais aussi moyen de chauffage pour l'ensemble du chantier.

Les compagnons qui travaillent le bois sont présents sur l'ensemble du site. En forêt, les essarteurs abattent les arbres, dessouchent, préparent la future clairière de culture. Ils pilotent une véritable exploitation forestière avec plans de coupes annuelles, mise en réserve de certains arbres, organisation des débits et transport de bois. Ils sont également responsables du fagotage, de la fabrication du charbon de bois et de la récolte des écorces pour le tannage des peaux. Les scieurs de long débitent les troncs de chênes et de châtaigniers en poutres et planches.

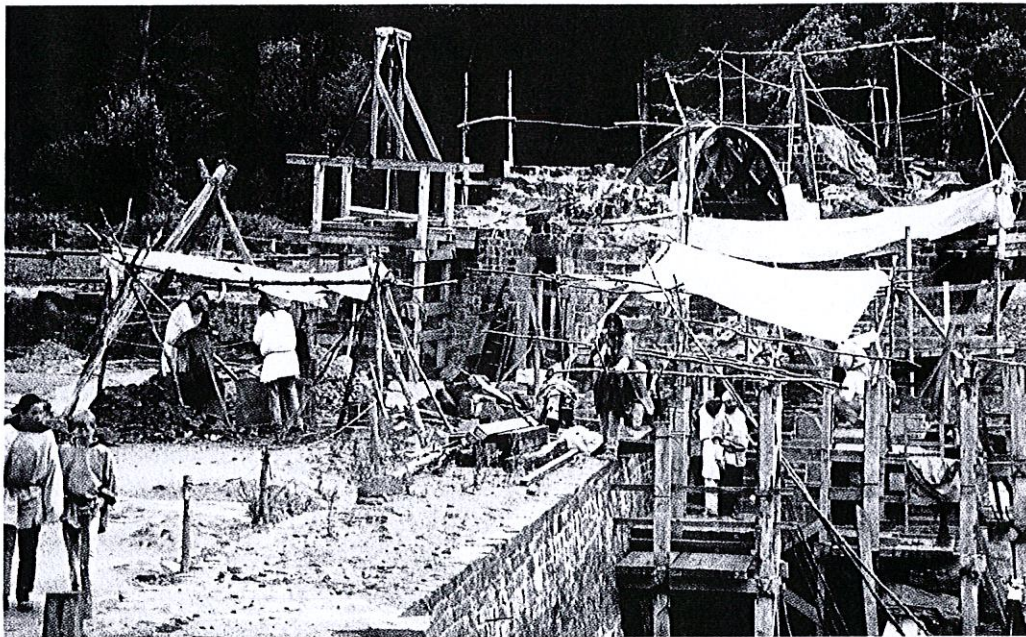
Ils réalisent aussi les tavaillons en châtaignier destinés aux couvertures. Les charpentiers utilisent pendant les premières années les bois nobles : chêne, hêtre et frêne pour construire les échafaudages, les boulines qui servent à les conforter, les chariots, les ponts, les engins de levage, les brouettes, les établis, les manches d'outils et les coffrages. Progressivement, le travail de fabrication des charpentes, des planchers et des menuiseries vient compléter ces premières fabrications, en prévision des besoins à venir.



▲ L'ESSARTEUR sélectionne les différentes essences en fonction de leur utilisation finale.

► CHÊNE, HÊTRE ET FRÊNE sont employés à la confection des échafaudages et des boulines qui servent à les conforter. La sécurité de ces ouvrages est une priorité.

▼ LE TAVAILLON EN CHATAIGNIER, utilisé ici sur l'atelier du vannier, assurera également la couverture d'autres bâtiments. (Docs. DR.)



►► mise en œuvre ou de matériaux employés. L'étude des documents de référence, issus de la banque de données mise en place par les différents experts, permet de définir une proposition argumentée.

Elle est directement retenue ou envoyée à un comité d'éthique, pour être entérinée ou modifiée. Ainsi, de l'étude comparée des archères (meurtrières), il ressort que les châteaux philippiens privilégiaient la solidité de la structure des murs et des tours (épaisseur moyenne comprise entre 1,80 m et 2,50 m), au détriment de l'ouverture de l'angle de tir, imposant ainsi un tir quasi unidirectionnel. Cette forme à angle fermé sera donc le modèle de base de Guédélon: des archères simples, sans étriers ni chanfrein.

Matériaux et outils proviennent du site

À Guédélon, il est impératif d'oublier notre perception du temps. En effet, ce chantier d'une surface au sol de 900 m² doit durer...un quart de siècle. Après huit ans de travaux, les volumes sont en place. L'aspect final du château devient imaginable.

De même, cette année, la tuilerie a été construite. À partir de 2007, elle fabriquera des tuiles qui seront utilisées dès 2009. Le cycle du bois prend en compte des temps de séchage assurant à terme une parfaite stabilité des ouvrages.

Certains éléments de structure et de charpente, débités en 1998, commencent à être mis en œuvre. Les essarteurs gèrent sur une durée longue une exploitation forestière avec plans de coupes annuels et mise en réserve de certains arbres. L'exemple de la chaux grasse éteinte fabriquée sur le site est également significatif: le produit obtenu présente l'atout d'une prise lente (la prise à cœur peut nécessiter des dizaines d'années). Ce qui permet aux pierres des prises d'assises sans tensions internes.

En terme d'organisation:

- 1997 représente «l'année zéro» des travaux. Jacques Moulin, architecte en chef des Monuments historiques, réalise les plans, pendant que l'on défriche et prépare le site. L'année sui-

Fiche technique

Site géré par une association qui emploie l'ensemble des Compagnons participant à la construction du château.

► **Directeur de l'association:** Michel Guyot.

► **Directrice du chantier:** Maryline Martin.

► **Chef de chantier:** Florian Renucci.

► **Architecte en chef des Monuments historiques:** Jacques Moulin.

► **Début des travaux:** 1997.

► **Durée du chantier:** 25 ans.

► **Effectif moyen du chantier:** 55 compagnons.

vante, le château est implanté, le périmètre construit s'élève d'un mètre, la cour est remblayée.

- Dès 1999, les contours du château sont plus visibles. La tour de la chapelle prend forme, le périmètre du château bâti atteint une hauteur de 1,50 m. La courtine ouest se situe à 1 m au-dessus du niveau de la cour.

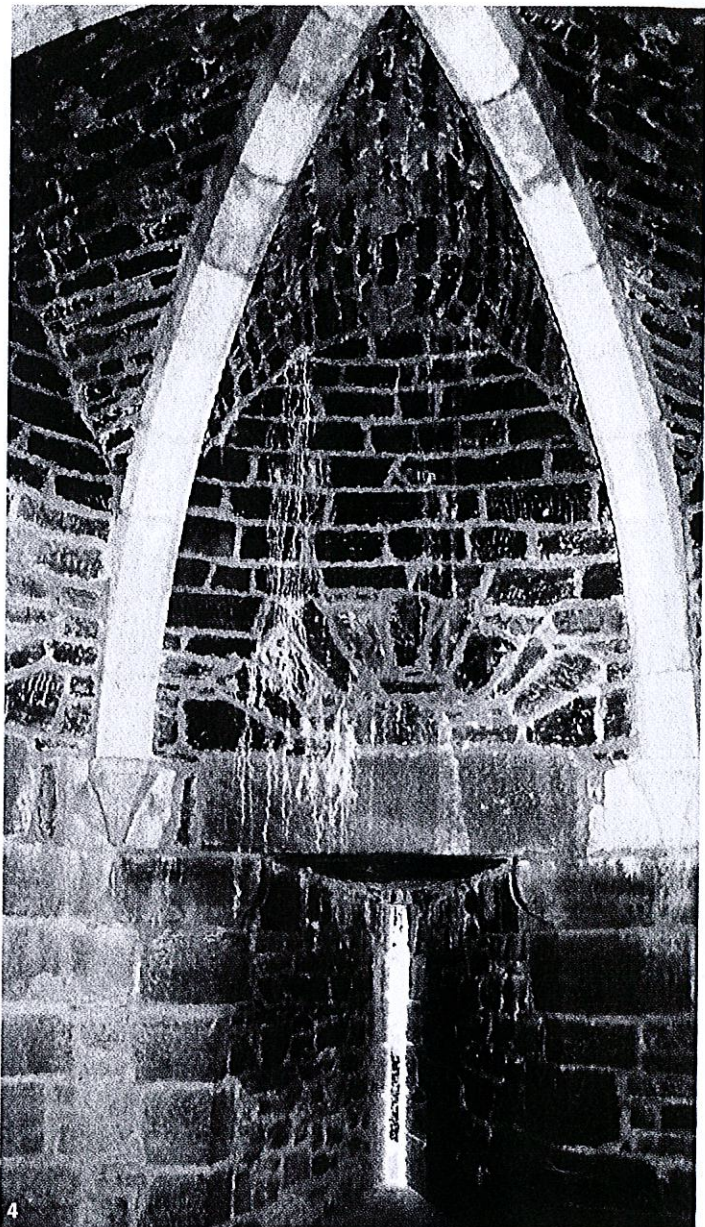
- En 2001, le périmètre du château monte à 3 m, le pont dormant est achevé. L'escalier à vis de la tour de la chapelle comprend 12 marches, les travaux de l'escalier rampant de la tour maîtresse débutent.

- En 2002, mise en place d'une voûte à croisée d'ogives sur la tour de la chapelle. 24 marches de l'escalier à vis sont réalisées, la construction de la poterne débute.

- En 2003, démarre l'édification du pignon ouest du logis. La voûte de la tour maîtresse est mise en charge.

Mieux comprendre les 30 000 ouvrages médiévaux du territoire français

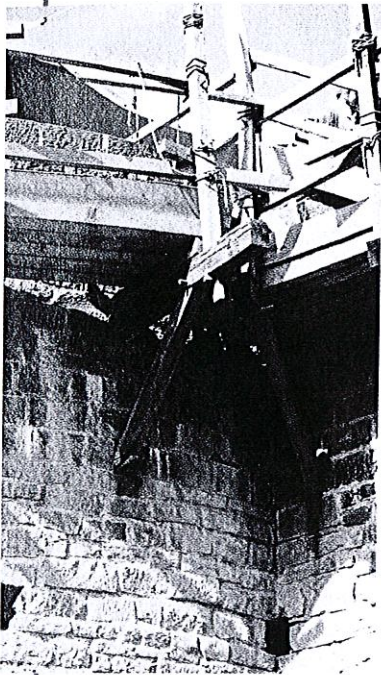
- En 2004 et en 2005, les travaux se poursuivent dans l'élévation du logis seigneurial, ainsi qu'au rez-de-chaussée de la tour maîtresse: dallage du sol, réalisation d'archères, d'une porte en arc brisé, de l'assommoir du couloir, poursuite de l'escalier rampant, de l'élévation des murs, taille de parements en arc, etc. Démarrage également de la construction d'une tuilerie qui fournira les tuiles nécessaires à la couverture du château et de quelques bâtiments annexes. Elle comprendra un séchoir, un four et un atelier. Cette ►►



4. LE CALCUL DE RÉPARTITION DES CHARGES a exigé une très grande rigueur lors de la taille et de l'assemblage des pierres.

5. DES COFFRAGES EN CHÊNE supportent les 40 tonnes de la voûte à croisée d'ogives de la tour de la chapelle. Le décoffrage s'est déroulé conformément aux prévisions. (Docs. DR.)

Sécurité : un compromis pragmatique



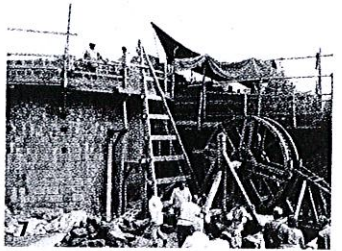
▲ LES ÉCHAFAUDAGES doivent conserver l'aspect de l'époque, tout en répondant à des conditions de sécurité actuelles.

▼ LA NÉCESSITÉ D'APPROVISIONNER DES MATÉRIAUX en hauteur a abouti à la réalisation de cette « cage d'écureuil », un système fiable et sécurisé permettant sans fatigue le levage. (Docs. DR.)

Travailler avec les outils du Moyen Âge tout en respectant la réglementation actuelle du travail n'est guère évident. De fait, des compromis réalistes ont permis, dans la plupart des cas, de répondre à des contraintes a priori antinomiques. La sécurité est au centre des débats. Sur les chantiers modernes, l'outillage et la mécanisation représentent, avec les chutes de hauteur, les premières causes d'accidents. Le chantier de Guédélon ne comporte aucun de ces outils : aucune scie circulaire, ébarbeuse, tronçonneuse, aucun matériel lourd comme les coffrages métalliques, les banches, les étais, les grues ou les nacelles. Tout moyen moderne est ici exclus, sauf lorsque la sécurité du personnel est en jeu. Tout d'abord, cela concerne les EPI (1). Les compagnons ont des chaussures de sécurité. Le port du casque est obligatoire pour les situations de coactivité « verticale ». Le port des lunettes est également prévu pour les tailleurs de pierre et le forgeron, mais ces équipements restent difficiles à supporter en période de forte chaleur. Jusqu'en 2003, les pierres nécessaires à la construction furent hissées sur les maçonneries à main d'hommes ou à l'aide de petits engins de levage. Les courtines et les tours du château s'élevant davantage, des engins conséquents deviennent indispensables pour hisser les pierres au-delà de 3,50 m. La direction du chantier

décide alors la construction de cages à écureuil composées d'un grand tambour mobile tournant autour d'un axe. Un homme marche à l'intérieur du tambour, et entraîne ainsi sans effort l'enroulement de la corde autour de l'axe. Des réunions entre la direction du chantier et l'inspection du travail permettent la mise au point d'engins fiables et efficaces, une personne seule arrivant à soulever sans fatigue une charge d'environ 180 kg à plus de 4 m de hauteur. Certains outils d'époque sont interdits, car jugés trop dangereux. Le port des charges est mécanisé dans le respect des moyens de l'époque, avec, par exemple pour le transport des pierres, l'usage de tombereaux, la mise en œuvre de chemins de roulement, ou encore de quais de déchargement à hauteur. Enfin, bien que d'aspect médiéval, les échafaudages doivent assurer une sécurité d'actualité. Dans le même esprit que pour les cages à écureuil, la direction du chantier, en collaboration avec l'inspection du travail, la Cram et l'OPPBTP, a décidé de renforcer les échafaudages sur boulins par des jambes de force. Ce renforcement concerne également les plateaux et les garde-corps, le respect de ces points devenant incontournable au fur et à mesure de la progression de l'ouvrage.

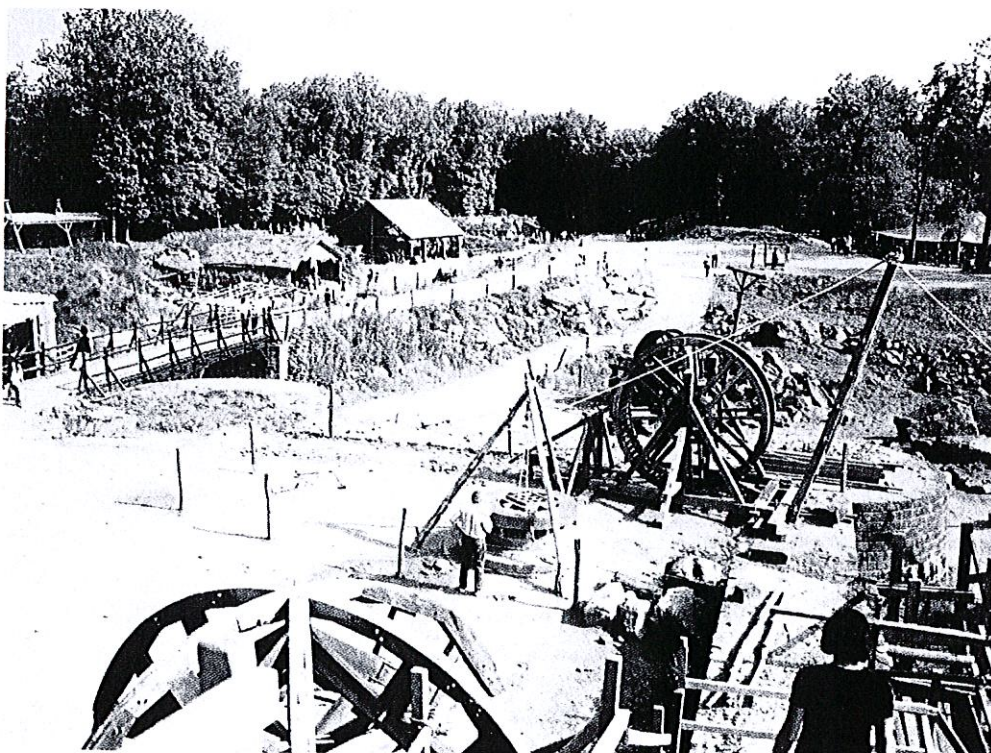
1- EPI : équipements de protection individuelle

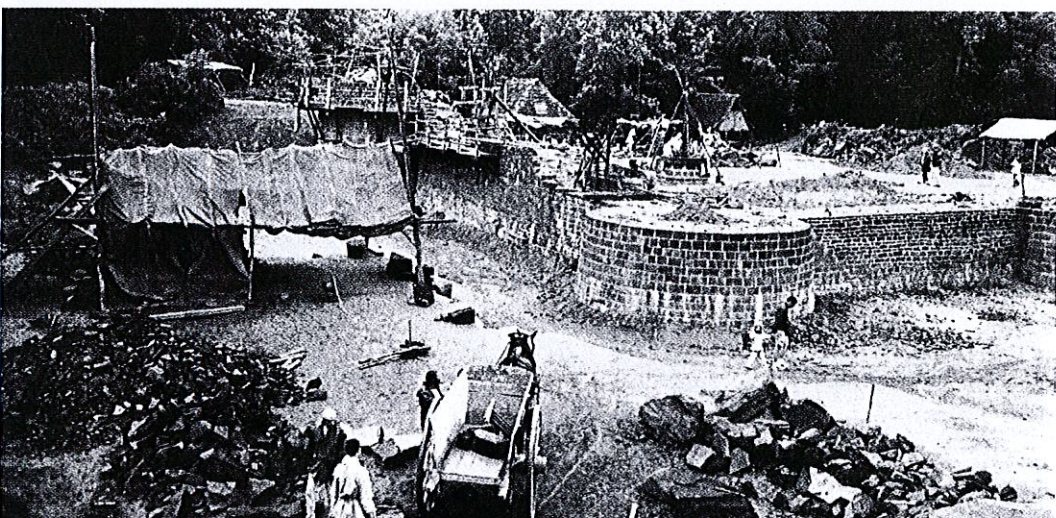
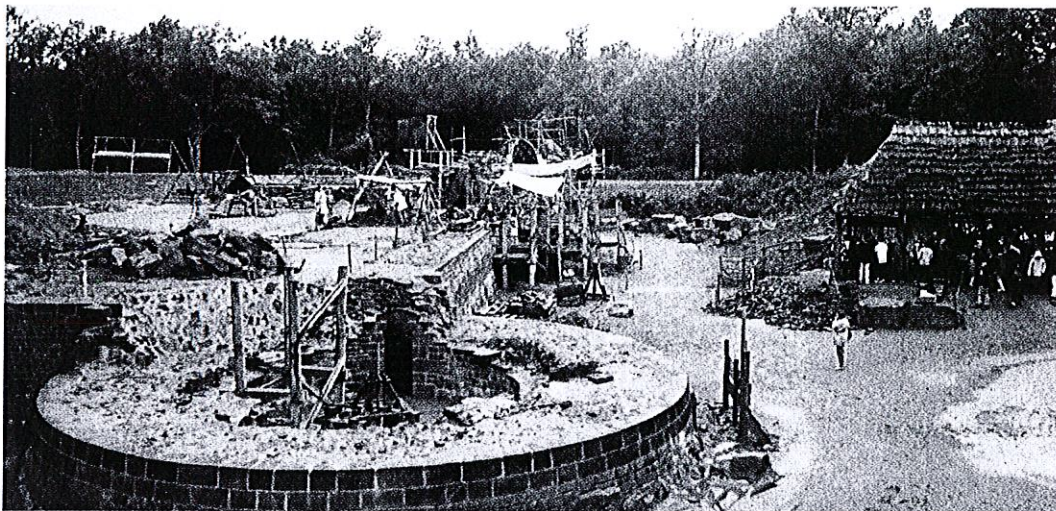


6. LA CHAUX est obtenue à partir de blocs de calcaire cuits à 800° durant trois jours. Après refroidissement, on obtient de petits blocs de chaux vive qui sont ensuite éteints par barbotage actif dans l'eau, jusqu'à obtention d'une chaux grasse éteinte.

7. POUR DES HAUTEURS AU-DELÀ DE 3,50 M, la direction du chantier décide la construction des « cages d'écureuils » composées d'un grand tambour mobile tournant autour d'un axe. (Docs. DR.)

►► construction se prolongera en 2006. Ainsi, huit ans après le début des travaux, le projet avance conformément aux prévisions. Et comme le précise le chef de chantier Florian Renucci : « En ce début de XXI^e siècle, les gens qui peuvent prétendre avoir taillé, coffré et bâti une voûte d'arêtes en pierre, bois et mortier, puis qui l'ont mise en charge, ne sont pas légion. Guédélon nous permet de mieux comprendre les quelque 30 000 ouvrages médiévaux construits sur le seul territoire français, et ce sans aucun écrit. Cette expérience intéresse les Monuments historiques et les historiens, mais également le maçon qui restaure une maison traditionnelle et qui doit être en mesure de travailler la chaux ou de comprendre la pierre. » Contrairement aux apparences, Guédélon est un chantier très actuel. Il apporte quelques réponses pertinentes dans le cadre des concepts de développement durable, de haute qua-





UN CHÂTEAU PHILIPPIEN est constitué de quatre tours d'angle, dont une tour de logis (tour maîtresse) qui s'élèvera à 28 m sur 4 niveaux (1^{re} photo). À dater du XIII^e siècle, la configuration du château fort se transformera : l'enceinte assurera l'essentiel de la défense et le donjon quittera sa position protégée pour s'y intégrer. (Docs. DR.)

lité environnementale et de coût global. Cette construction, réalisée en autarcie complète avec les matériaux disponibles sur le site, fait revivre des techniques oubliées, limite le gaspillage et la consommation d'énergie. Elle met également en exergue des logiques de mise en œuvre ou de filières, qui pourraient être sans difficulté appliquées à la construction moderne.

Elle apporte également une réflexion de fond sur les moyens techniques. Dans les premiers mois du chantier, différentes méthodes ont été testées, en termes d'outils et de moyens d'extraction de la pierre.

Dans certaines circonstances, il sera démontré que la mécanisation, envisagée pour des raisons de moindre pénibilité, procure parfois davantage d'inconvénients. Enfin, ce chantier revalorise les professions du bâtiment, qui manque de plus en plus de main d'œuvre qualifiée. Maryline Martin, la directrice du site, confirme que « 80 000 enfants visitent ce site chaque année, nous passons des partenariats avec des CFA, certaines personnes ont appris un nouveau métier, des vocations naissent... Guédélon donne une image positive du bâtiment. C'est une aventure humaine et technique unique ». **G. G.**

Lexique

- **Archère** : meurtrière en forme de fente verticale étroite et longue, aménagée dans un mur pour permettre de tirer à l'arc ou à l'arbalète.
- **Abreuvoyer** : rainures creusées dans les pierres, pour recevoir le mortier.
- **Bédane** : burin étroit dont le tranchant est dans le sens de l'épaisseur de la barre d'acier qui le constitue.
- **Boulin** : pièce de bois horizontale fixée provisoirement dans la maçonnerie pour poser des échafaudages. Le trou de boulin est laissé libre après leur dépose.
- **Cabestan** : petit modèle de cage d'écureuil, entraîné à la main et souvent placé à cheval sur un mur. Force de levage : environ 100 kg.
- **Cage d'écureuil** : ancêtre de la grue, constitué d'un tambour à l'intérieur duquel un homme en marche enroule, par son mouvement, le câble de levage.
- **Chasse** : outil de tailleur de pierre à plateau large, comme un burin élargi.
- **Chaufourniers** : spécialistes de la préparation de la chaux.
- **Claveau** : synonyme de vousoir. Pierre biseautée servant à former un arc, une voûte... Les faces d'assemblage sont parfois creusées de rainures, appelées abreuvoyers, destinées au mortier.
- **Contrescarpe** : paroi du fossé côté extérieur (par opposition à l'escarpe) qui peut être en terre ou en pierres.
- **Courtine** : mur épais entre deux tours ou deux angles.
- **Créneau** : élément du crénelage en haut des courtines correspondant aux parties creuses, par opposition aux merlons (parties pleines)
- **Doloire** : outil de charpentier
- ou d'essarteur, servant notamment à l'équarrissage des troncs.
- **Escarpe** : paroi du fossé du côté des constructions (par opposition à la contrescarpe) Elle peut être en terre ou en pierres de parement.
- **Fourrure** : partie intérieure d'un mur, comprise entre deux parements, composée de pierres et de mortier.
- **Gâcheur** : ouvrier mélangeant la chaux, le sable et l'eau pour constituer le mortier.
- **Glacis** : surface inclinée d'un mur.
- **Grès ferrugineux** : pierre utilisée pour la construction du château de Guédélon. Roche sédimentaire contenant des particules de fer. Bleue à l'extraction, elle s'oxyde ensuite très vite et devient rouge.
- **Hourd** : galerie en bois et en
- surplomb, disposée au sommet d'un ouvrage fortifié.
- Elle dispose d'ouvertures en façade pour le tir et de trous au sol permettant de jeter huile et projectiles.
- **Marque** : signe ou repère gravé sur le matériau de construction. Marque « lapidaire » pour la pierre, de charpente pour le bois.
- **Merlon** : partie pleine d'un crénelage (par opposition créneaux, parties creuses).
- **Môle ou gabarit** : pièce de bois reproduisant, à l'échelle, la géométrie d'une pierre à tailler.
- **Pointerolle** : ciseau de tailleur de pierre à pointe fine.
- **Scieurs de long** : ouvriers qui scient à deux les troncs d'arbre dans le sens du fil pour en faire des poutres et des planches.