



LA TERRE CRUE EN ARCHITECTURE

MIEUX CONNAITRE LE MATERIAU POUR MIEUX L'ADAPTER ET L'UTILISER

SOMMAIRE

I - PRESENTATION & HISTOIRE

II - PROPRIETES & CARACTERISTIQUES

III - TECHNIQUES D'UTILISATION DE LA TERRE CRUE

IV - ARCHITECTURES TRADITIONNELLES EN TERRE

V - ARCHITECTURES MODERNES & CONTEMPORAINES EN TERRE

VI - ANNEXES

I - PRESENTATION & HISTOIRE

Terre crue, banco ou adobe sont les termes utilisés pour désigner la terre, utilisée avec le moins de transformations possible en tant que matériau de construction.

Le terme terre crue permet surtout de marquer la différence avec la terre cuite : en effet, dans la construction occidentale contemporaine, le matériau terre se trouve le plus couramment sous sa forme cuite (briques de terre cuite, tuiles). Plusieurs techniques de construction utilisant la terre crue comme matériau structurel existent : le pisé, la bauge, l'adobe, la brique de terre compressée.

La terre crue est un matériau économique : l'extraction ne nécessite pas de moyens technologiques importants ; l'utilisation est réalisée sans transformation ; l'acheminement est réduit. Tous ces facteurs limitent les coûts. Sur le plan technique c'est un matériau très isolant aussi bien phoniquement que thermiquement.



Terre crue



*Shibam,
« le manhatan du
désert », Yémen
(XVIème siècle)*

Sans s'étendre sur les aspects techniques, déconstruisons quelques idées reçues : la terre crue n'est pas le matériau des pauvres, elle permet de se loger dans des conditions très confortables et durables, en témoigne les architectures du passé comme le Palais de l'Alhambra à Grenade (Classée patrimoine mondial par l'Unesco depuis 1984) ou comme les constructions contemporaines allant des logements sociaux jusqu'à la maison d'architecte.

Elle n'est pas réservée à l'habitat individuel: elle peut répondre au besoin de densité par des constructions collectives qui peuvent atteindre 6 étages comme par exemple la ville de Shibam dans le Yémen surnommé « la manhattan du désert » (XVI^{ème} siècle) ou ce que l'on peut considérer comme les premiers logements collectifs de l'histoire construit par les Chinois au XII^{ème} siècle rassemblant près de 800 personnes d'un seul tenant: c'est dire à quel point cette technique, réactualisée avec nos moyens modernes et notre force mécanique de 2010, présente un grand potentiel.



Mosquée de Djenné, Mali

Par sa plasticité et plus encore lorsqu'elle est associée à une structure en bois, elle résiste bien au séisme pourvu que les dispositions constructives soient respectées. Enfin pour beaucoup de pays sans ressource pétrolière c'est un instrument d'indépendance économique, culturelle et l'occasion de créer de l'emploi en lançant des programmes de constructions. C'est le cas de l'expérience initiée en Egypte par l'architecte Hassan Fathy dans les années 50 qui a construit des milliers de logements en terre en revisitant et modernisant l'architecture traditionnelle, en formant une main d'œuvre locale et en divisant par 5 le coût par rapport au béton avec un confort accru: en effet dans ces pays chauds, la terre est un climatiseur naturel, le béton, une aberration.

II - PROPRIETES & CARACTERISTIQUES

Composition de la terre crue

La terre crue est un matériau minéral granulaire, composé de matière solide, liquide et gazeuse. La fraction solide est constituée de grains : cailloux (taille exprimée en centimètres), de graviers (de 20 mm à 5 mm), de sables (5 mm à 0,06 mm), de silts (0,06 mm à 2 μm), d'argiles, qui sont des plaquettes plutôt que des grains (taille inférieure à 2 μm) et d'oxydes métalliques qui ont des propriétés colorantes (taille également inférieure à 2 μm). La fraction liquide est constituée d'eau et de corps organiques et minéraux dissous dans cette eau. La fraction gazeuse est constituée d'azote, d'oxygène, de gaz carbonique, ainsi que de gaz issus de la vie présente dans la terre (hydrogène, méthane, etc.). Les fractions liquides et gazeuses subissant des modifications très rapides, on caractérise traditionnellement un sol par sa fraction solide, ce qui se traduit par l'étude de sagranulométrie. Lors de l'utilisation de la terre crue pour réaliser un ouvrage, la fraction liquide est à prendre en compte avec autant d'attention que la fraction solide : c'est l'état hydrique de la terre.

Au-delà de ces vitrines technologiques, prenons l'exemple plus familier d'une maison moyenne de 100 m² en béton armé: l'énergie nécessaire à sa construction représente l'équivalent de 40 années de dépense de chauffage. À titre de comparaison, avec la même énergie nous pourrions construire l'équivalent de 10 maisons en bois ou 50 maisons en terre crue de même surface, toute chose étant égale par ailleurs.

Caractéristiques physiques de la terre crue

Aspect thermique

Contrairement aux idées reçues, la terre n'est pas un matériau isolant. En revanche, elle possède une excellente inertie thermique. Ceci se traduit par une régulation des différences de températures intérieures (pour l'été : plus frais le jour car le mur se rafraîchit la nuit, rendant cette fraîcheur le jour). Voici quelques valeurs, pour une terre à 1 500 kg/m³ :

- conductivité : 0,75 W/m.°C ;
- chaleur spécifique : 900 J/kg.°C ;
- capacité thermique : 1 350 kJ/m³.°C
- effusivité thermique : 1,00 J/(racine carrée de la capacité thermique).m².°C.

Soit, pour du pisé à 2 000 kg/m³, une capacité thermique de 1 800 kJ/m³.°C.

Masse volumique

La masse volumique est liée à la quantité de matière gazeuse présente dans la terre. Elle s'étale de 1 200 kg/m³ à 1 600 kg/m³ pour de la terre foisonnée (dans un tas de terre par exemple). Cette valeur augmente suite à une mise en œuvre par compactage (pisé par exemple). On obtient alors idéalement une masse volumique de 2 000 kg/m³. Les mélanges amendés en paille sont plus légers : en terre-paille, la masse volumique est de 300 kg/m³ à 1 300 kg/m³. Pour des briques de terre crue filée (densité : 2,00) : conductivité = 1,05 W/m.°C, inférieure à celle de la brique cuite (1 à 1,35) ; capacité = 2000 KJ/m³.°C, supérieure à celle de la brique cuite (1360 à 2100).

Autres propriétés :

- indice de correction acoustique à 500 Hz : 50 dB pour un mur de 20 cm en briques de terre crue filée
- bonne diffusion de la vapeur d'eau, pare-vapeur ou VMC inutiles
- propriétés absorbantes des argiles (produits de dégraissage type K2R)
- protection contre les nuisances associées aux ondes électromagnétiques générées par les appareils et circuits électriques
- par sa nature, le matériau n'entre pas dans un cycle de dégénérescence.
- peut absorber jusqu'à 3% de son poids en vapeur d'eau (évolution de sa teneur en eau de 4% à 7%, ce qui permet d'avoir une inertie " hydrique " non négligeable en ce qui concerne le confort)
- évite l'excès d'humidité qui provoque des rhumatismes
- évite le manque d'humidité qui provoque des problèmes oculaires, inflammatoires et respiratoires.

Résistance mécanique

La terre crue est un matériau s'apparentant aux bétons. Du point de vue mécanique, elle fonctionne comme ces derniers, uniquement en compression (les valeurs de résistance à la traction, à la flexion et au cisaillement sont très faibles). La terre mise en œuvre de manière monolithique (pisé, bauge) a généralement une résistance à la compression d'environ 20 kg/cm² (2 MPa). Les éléments de maçonnerie (adobes) ont des résistances à la compression pouvant aller de 20 kg/cm² à 50 kg/cm² (2 MPa à 5 MPa). L'adjonction d'éléments fibreux (paille par exemple) permet de conférer au mélange une certaine résistance en traction, flexion et cisaillement, mais qui reste tout de même négligeable.



Maison construite en terre

Les Qualités de la terre crue

Les préoccupations environnementales permettent de redécouvrir les nombreuses qualités du matériau terre crue. Son utilisation ne participe pas à l'épuisement des ressources ni à l'augmentation des pollutions (eau, air, sol) et des déchets, ni aux modifications biologiques. Ce matériau est :

- écologique, il nécessite peu d'énergie et d'eau pour sa mise en oeuvre et son élimination. Issu d'une ressource locale, abondante et inépuisable, il réduit les problèmes liés aux transports. Il est également réutilisable à l'infini,
- économique et local, il ne demande pas de transformation coûteuse. Pour une maison individuelle, la terre des fondations et du terrassement peuvent suffire pour construire le bâtiment. Il est un prolongement du sol et, à ce titre, participe à l'identité paysagère et architecturale du territoire dont il est issu. Il est mis en oeuvre par des savoir-faire et emplois locaux,
- sain, il n'est pas nocif à la réalisation, ni à l'usage du bâtiment. Il participe à rendre l'air ambiant sain, en régulant l'hygrothermie, en absorbant les odeurs et en filtrant certains polluants,
- allié du confort, il apporte une inertie nécessaire au bâtiment sous nos climats, l'affranchit des variations des températures extérieures notamment en été. Utilisé en mur et en plancher, il participe à l'isolation phonique. En enduit, il ajoute au confort acoustique en diminuant la réverbération sonore.



Maison construite en terre

Seule ou utilisée avec d'autres matériaux (verre, bois, béton, ...), la terre crue offre une grande liberté de création architecturale en mobilisant diverses techniques ou en les adaptant. L'architecture contemporaine utilise la terre, soit en structure visible à l'extérieur, soit protégée à l'intérieur. De l'observation des réalisations actuelles se dégagent certaines spécificités architecturales liées au matériau terre :

- sa plasticité permet d'obtenir des formes douces et sensibles, qui mettent en éveil les sens, mais aussi des effets décoratifs intéressants,
- l'alternance de couches lors de sa mise en oeuvre (pisé, adobe) est l'occasion de créer des jeux de couleurs, de matière, d'ombres, d'horizontalité, ...

La terre permet une insertion paysagère prononcée. **Par sa nature même et par sa couleur, on peut parler d'"architecture organique"**. Le bâtiment, tel un organisme vivant, peut se fondre dans le paysage et répondre aux besoins de ses usagers en accord avec son environnement.

III - TECHNIQUES D'UTILISATION DE LA TERRE CRUE

LA TECHNIQUE DE LA BAUGE

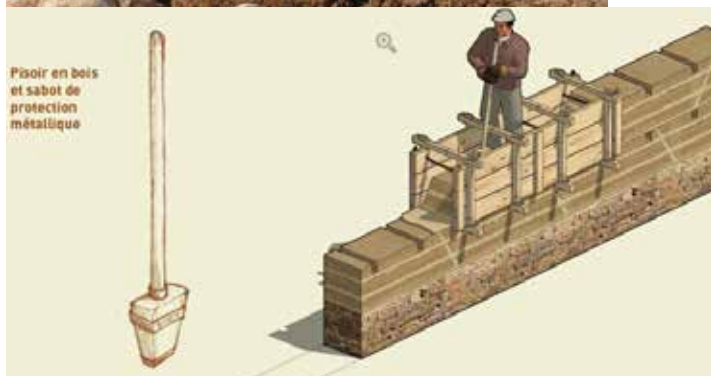
La technique de la construction en bauge consiste en l'édification de mur massif, souvent porteur, avec un mélange de terre, d'eau et de fibres végétales voire animales mis en œuvre par empilement de motte à l'état plastique, généralement sans l'aide de coffrage.

Les murs sont constitués d'une succession de couches de terre dites levées généralement d'une soixantaine de centimètres de hauteur. Montée la plupart du temps à la fourche, la levée encore meuble était compactée au bâton, éventuellement taillée au paroir, bêche plate et tranchante, avant d'être lissée ou recompaotée.

Selon, le type de mise en œuvre, il fallait ensuite une à quatre semaines de séchage avant de pouvoir mettre en place la levée suivante pour laquelle un nouveau mélange d'eau, de terre et de fibres étaient réalisés. Selon la granularité de la terre, l'élasticité du mélange et les savoir-faire du maçon, la hauteur des levées pouvait varier entre cinquante centimètres et un mètre vingt, la largeur entre cinquante centimètres et quatre-vingt centimètres.



Mélange de terre crue et fibres végétales



LA TECHNIQUE DU PISE

Le pisé est un procédé de construction de murs en terre crue, compactée dans un coffrage en couches successives à l'aide d'un pilon (ou dame, pisoir, pisou).

La terre utilisée était généralement extraite dans l'environnement immédiat de la construction, ou issue du décaissage du terrain pour réaliser une cave. Depuis les années 1980, aux quatre coins du monde, le pisé connaît un grand renouveau.

Le pisé s'élève normalement sur une assise maçonnée de galets ou de moellons de pierre, selon les ressources de la géologie locale.

Les ouvertures d'origine dans le pisé sont la plupart du temps superposées verticalement. Les encadrements, en bois ou en briques ne se trouvent que du côté extérieur. Ils ne dépassent jamais le nu du mur à cause du coffrage qui les enserre.

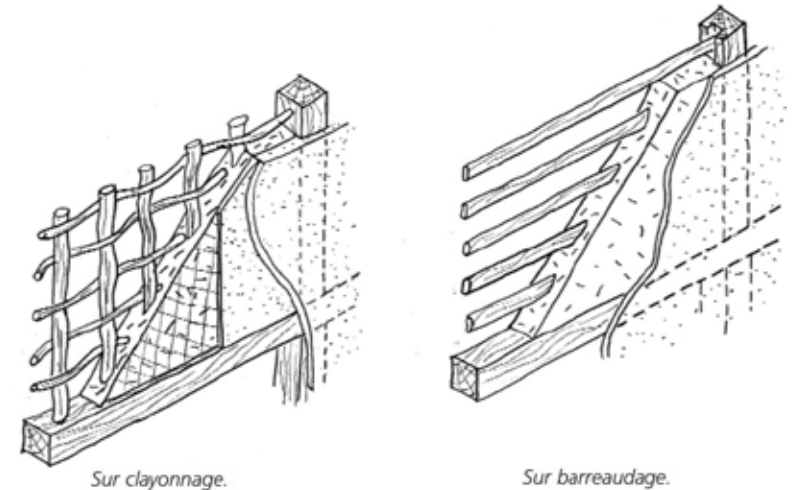
Les parties les plus exposées des murs, angles et encadrements, sont souvent renforcés, soit par des lits de mortier de chaux horizontaux plus rapprochés ou triangulaires en forme de « sapin », soit par des briques cuites, du béton de mâchefer ou du béton de ciment Portland.

LA TECHNIQUE DU TORCHIS

Le torchis est une technique de remplissage en terre crue. Il s'agit de remplir les vides d'une armature porteuse en bois (charpente en pan de bois), avec un mélange de terre et de paille enroulé autour de lattes de bois (ou éclisses). Torchis, vient de «tordre», de « torche », car sa pose traditionnelle consiste à poser de la paille ou du foin torsadés dans une boue ou pâte de limon argileux sur des éclisses ou des gaulettes entre les colombages. On peut distinguer 2 grands types de mélange :

- **Le torchis lourd** : beaucoup de terre et un peu de paille formant une armature. Sa conductivité thermique λ (lambda) est de 1,05. Il possède une masse volumique de 1 400 kg/m³ (1 800 kg/m³ humide). Il privilégie l'inertie et l'accumulation thermique (chaleur, l'hiver ou fraîcheur l'été).
- **Le torchis allégé** : beaucoup de paille et un peu de terre. Sa conductivité thermique λ (lambda) est de 0,12 à 0,15. Il possède une masse volumique de 300 à 400 kg/m³. Il privilégie donc l'isolation, il est 9 fois plus isolant que le torchis traditionnel, car il renferme beaucoup d'air statique.

Aujourd'hui, les techniques de fabrication du torchis sont adaptées aux constructions anciennes. Elles permettent d'utiliser des terres prêtes à l'emploi.



Technique du Torchis



Blocs de terre comprimée (btc)

BLOCS DE TERRE COMPRESSEE (BTC)

BTC, pour Blocs de terre comprimée, sont faits à partir d'une terre du type « pisé » légèrement humide.

Les BTC sont très fortement comprimées à l'aide d'une presse puis sont stockées en cure humide (sous bâche) pendant 3 semaines, à la suite desquelles elles pourront être maçonnées à la terre.

LES BRIQUES D'ADOBE

L'adobe est de l'argile qui, mélangée à de l'eau et à une faible quantité de paille hachée ou d'un autre liant, peut être façonnée en briques séchées au soleil.

Par extension, l'adobe (ou banco) est la brique de terre crue, moulée et séchée au soleil (voir céramique), et utilisée comme matériau de construction. Ces briques sont obtenues à partir d'un mélange d'argile, d'eau et éventuellement d'une charge utilisée en petite quantité. Il s'agit d'un des premiers matériaux de construction : les premières villes connues étaient construites en briques de terre crue. Ce matériau est encore l'un des plus utilisés au monde.

Les briques d'adobe sont coulées dans un cadre ouvert, un rectangle dont les dimensions sont en général de 10x25x36 cm bien que l'on rencontre d'autres tailles. Le moule est retiré, et la brique est mise à sécher quelques heures, puis elles sont tournées sur leur tranche pour terminer le séchage. Lors du séchage, les briques peuvent être placées à l'ombre pour éviter l'apparition de fissures.

L'adobe sert aussi à remplir des tubes de textile (colombin d'adobe) qui, tassés sur place et réunis verticalement par des piquets, permettent de monter des murs et de supporter une charpente.



Fabrication de briques de banco au Mali

Construction en adobe empilé dans des sacs



Briques en adobe



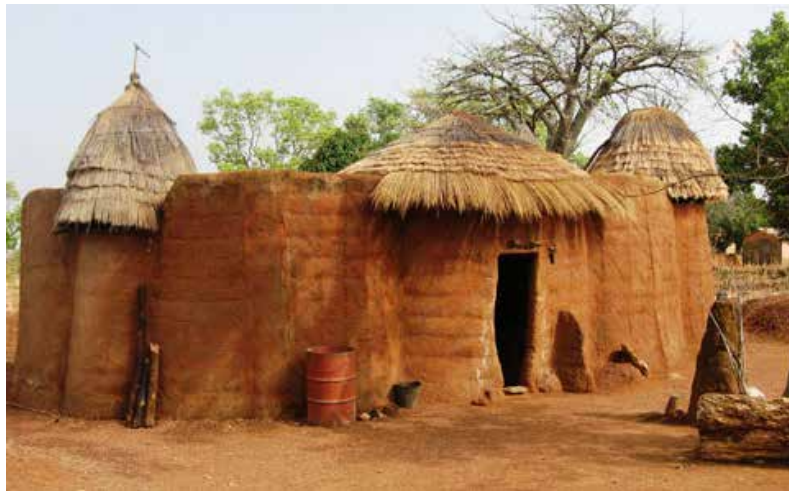
IV - ARCHITECTURES TRADITIONNELLES EN TERRE



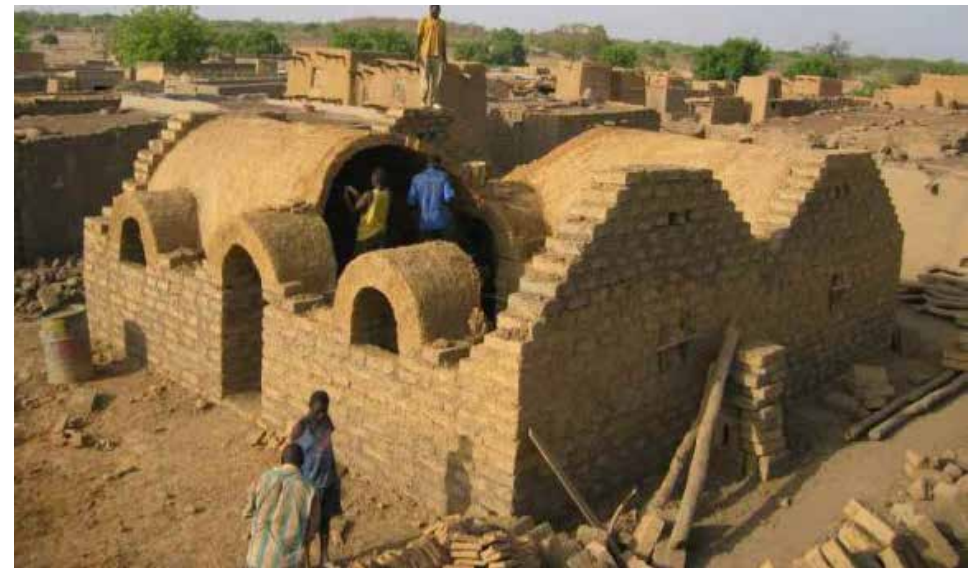
Construction d'une mosquée au Mali



La maison des jeunes, Djenné, Mali © CRAterre



Les Tata somba (case en terre crue), Natitingou, Bénin



Construction avec voute nubienne © Association Voute nubienne

V - ARCHITECTURES MODERNES & CONTEMPORAINES EN TERRE



Architecture de terre, Martin Rauch © Beat Büchler

Architecture en terre crue, technique pisé



Architecture contemporaine en terre crue, technique pisé

Centre de l'Architecture de la Terre, Mali © Kéré Architecture



VI - ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

- » CRATerre, Traité de construction en terre, Editions Parenthèses, Janvier 2006
- » Cité des sciences et de l'industrie, Bâtir en terre – Du grain de sable à l'architecture, Edition berlin, Octobre 2009
- » Bruno Pignal, Terre crue – Techniques de construction et de restauration, Editions Eyrolles, Mars 2000.
- » Les 8 CAUE de Midi-Pyrénées, Pratique – Techniques et matériaux, Construire en terre crue, 2010
- » Wikipédia / Association Asterre / Association Empreinte

LIENS UTILES

- » CRATerre : <http://craterre.org>
- » Kéré architecture : <http://www.kerearchitecture.com>
- » Voute nubienne : <http://www.lavoutenubienne.org>
- » Association Empreinte : <http://empreinte.asso.fr>
- » Association Asterre : <http://www.asterre.org>
- » Global ArchiConsult : <http://www.globalarchiconsult.com>

** Global Archiconsult ne détient pas les droits des photos utilisées dans ce support.*



Contacts

Romarick ATOKE

Global Archiconsult

Tél : +33 (0)6 26 57 41 60

contact@globalarchiconsult.com

<http://www.globalarchiconsult.com>



Global Archiconsult



GArchiconsult