

Construire en terre crue en zone tropicale.

S. d'Ornano*

Keywords: Tropical area — Rural area — Building with earth.

Résumé

Le choix de la terre crue comme matériau de construction est une alternative intéressante sur le plan économique, pour des bâtiments ruraux. Mais un certain nombre de conditions doivent être respectées concernant le choix de la matière première, la conception architecturale et structurale. De plus, la formation technique des responsables du chantier est un impératif.

Summary

Mud could be a profitable choice for rural building. But some conditions related to the quality of the raw material and the architectural and structural design has to be taken into account. Overall, the site supervisor's technical training is a key factor for success.

1. Introduction

L'animation de projet de développement agricole en zone tropicale implique assez fréquemment la construction d'un ou plusieurs bâtiments à usage divers : logement du personnel, magasin de stockage, bâtiment d'élevage, clôture, ... Par ailleurs, le budget réservé pour ces constructions est généralement limité. Le responsable de projet se trouve donc dans l'obligation de trouver une formule économique dans le choix du système constructif et des matériaux. L'utilisation des matériaux locaux et principalement de la terre crue sont donc une alternative à considérer. Le technicien agricole qui a une expérience des pays tropicaux, a pu constater que la terre crue constitue un des matériaux de construction les plus courants dans ces zones. Est-ce pour autant une option crédible pour la réalisation du bâtiment d'un projet?

L'intérêt économique est incontestable. Pourtant l'état assez dégradé de beaucoup de ces constructions rurales en terre, ainsi que leur durabilité parfois limitée, pourront souvent détourner le responsable de cette option. Un autre élément qui incite aussi à écarter cette option est le pourcentage assez élevé d'échecs dans les projets de développement qui, durant la dernière décennie, avaient choisi de construire en terre crue. Pourtant depuis quelques années, le nombre de projets ayant opté avec succès pour l'utilisation de la terre crue s'accroît. Cette amélioration est liée à une meilleure appréciation des conditions nécessaires et suffisantes à respecter dans l'utilisation de la terre. Parmi ces conditions, nous nous proposons d'introduire les trois principales :

- choix de la matière première
- choix de la conception architecturale et structurale
- qualification technique du conducteur des travaux.

2. Choix de la terre

En construction comme en agriculture, la notion du choix de la terre est fondamentale. Seuls les critères d'appréciation varient. Fondamentalement, on retrouve la même problématique dans la production agricole et la construction en terre crue. Face à un sol local, le technicien agricole choisit les cultures et les pratiques culturales qui permettront de tirer le meilleur parti du sol en question. Mais il ne pourra pas aller au-delà des potentialités de cette terre sauf en rectifiant les caractéristiques de départ par des apports extérieurs (amendement, engrais organique, engrais minéral) ou par des pratiques culturales particulières (réseau de drainage, sous-solage, ...).

Le constructeur en terre se trouve dans la même situation. Il doit choisir la technique constructive en fonction de la nature de la terre présente sur le site. Dans le cas d'une terre trop défavorable, on pourra tenter une correction par apport de matières (apport de dégraissant sur des terres trop grasses, apport de stabilisants) ou par une préparation particulière du matériau (maturation prolongée, compression forte, ...). Ces corrections sont plus ou moins complexes sur le plan technique et surtout souvent coûteuses. En tout état de cause, il n'est pas possible d'aller au-delà du potentiel d'une terre et les apports ou traitements ne peuvent que partiellement corriger ou renforcer les caractéristiques initiales. La composition des terres étant très variable, on comprend donc que le choix de l'option terre crue pour une construction ne peut pas se faire a priori mais seulement après vérification de la qualité des ressources locales. La médiocrité des constructions traditionnelles en terre de certaines régions est à mettre en relation avec la médiocrité des terres locales, car les constructeurs traditionnels n'ont guère d'autres alternatives que de se contenter des matériaux présents sur le site et peu de moyens pour mettre en œuvre les mesures correctrices qui s'imposeraient.

L'eau est le principal agent de dégradation des ouvrages en terre. Les deux critères principaux pour déterminer l'aptitude d'une terre pour la construction sont donc la granularité et la plasticité car ils permettent de prévoir le comportement et la durabilité du matériau sous l'action de l'eau. La granularité est déterminante pour la compacité finale du matériau. Or, un matériau compact est forcément moins sensible à la pénétration de l'eau. Les terres à granularité bien répartie permettront donc d'obtenir des matériaux denses peu sensibles à la pénétration de l'eau. Ces terres donneront les meilleurs résultats avec les techniques basées sur la compression

* C/O Centre international de la construction en terre, CRATerre-EAG, BP 53, 38090 Villefontaine
Reçu le 22.05.92 et accepté pour publication le 06.09.92.

(bloc de terre comprimée) ou le compactage (pisé). Les terres fines, à granularité déséquilibrée, sont valorisées suivant d'autres méthodes (torchis, terre façonnée). La plasticité permet de se faire une idée de la partie «utile» d'une terre à bâtir à savoir la fraction argileuse. C'est en effet celle-ci qui assure la cohésion des particules inertes (gravier, sable, silt). On assimile parfois la terre à un béton naturel où la fraction argileuse est le liant et les autres éléments, les granulats. Mais à la différence du béton à base de ciment Portland, l'argile est un liant instable à l'état humide. La cohésion d'un matériau en terre crue diminue de manière plus ou moins importante lorsqu'il est humidifié. Cette diminution de la cohésion varie en fonction d'une part de la nature minéralogique des argiles et d'autre part de la proportion de la fraction argileuse par rapport aux particules inertes. Des terres riches en argile gonflante (montmorillonite) auront des cohésions fortes à sec mais se dégraderont très vite à l'état humide et surtout dans des cycles de séchage-humidification. Des terres riches en argiles peu gonflantes de type kaolinite auront un niveau de cohésion moins élevé à sec mais une meilleure tenue à l'état humide et donc une plus grande durabilité.

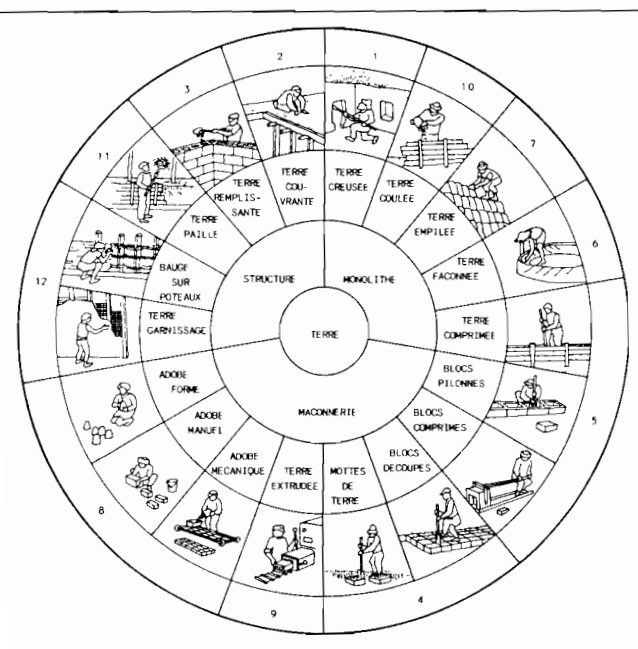


Figure 1 — Représentation des différents modes d'utilisation de la terre pour construction. © CraTerre

La plasticité joue aussi sur le mode de mise en œuvre. Les terres peu plastiques à granularité étalée se travailleront à l'état humide. Les terres fines à forte plasticité devront se travailler à l'état plastique du fait qu'elles sont peu maniables à l'état humide. Cette obligation de travailler à l'état plastique entraîne un retrait au séchage important et qu'il faut maîtriser pour éviter l'apparition de fissures. Cette maîtrise est obtenue en jouant sur les conditions de séchage (séchage à l'ombre, en atmosphère humide) et par l'emploi de fibres. De nombreuses techniques de valorisation de terres argileuses (torchis, bauge, terre façonnée) associent la terre et les fibres.

Les caractéristiques d'une terre sur le plan de la granularité et de la plasticité sont déterminées par granulométrie, sédimentométrie et tests d'Atterberg. On les interprète par rap-

port à des plages de référence qui ont été établies par analyse systématique d'ouvrages en terre ayant prouvé leur durabilité. Ces plages sont données dans plusieurs ouvrages techniques. On pourra se référer en priorité au «Traité de construction en terre».

Il faut toutefois préciser que ces plages de référence n'ont qu'une valeur indicatrice, certaines terres, surtout en zone tropicale ayant parfois des comportements atypiques.

L'importance des caractéristiques du matériau de départ apparaît donc comme essentielle. Dans le cas de la zone tropicale, on peut illustrer ce point en opposant deux cas : celui des zones à vertisols et celui des zones latéritiques. Les vertisols et spécialement les Black Cotton Soil (BCS), très riches en argile gonflante, sont difficilement valorisables sauf avec des pratiques particulières (stabilisation à la chaux aérienne, compression accentuée). Les constructions traditionnelles dans ces zones sont souvent dégradées et présentent de nombreuses fissurations de retrait. La nature gonflante de ces terres entraîne de plus un problème de mouvement du sol qui est à l'origine de fissuration des structures par des efforts en cisaillement ou en flexion. Si donc, pour l'agriculture, les BCS sont des terres intéressantes, pour les constructeurs, elles sont particulièrement difficiles à valoriser. Les latérites constituent au contraire un matériau généralement intéressant pour la construction en terre. Il faut toutefois préciser que le terme latérite est mal défini et que l'appellation couvre aussi bien des sols fersiallitiques, ferrugineux ou ferralsitiques, de texture et de plasticité variables. La particularité des latérites et qui les rend si intéressantes pour des travaux de construction, est leur capacité, variable selon le type de latérite, de durcir à l'air. Pour la plinthite, variété de latérite présente au Burkina Faso et en Inde, cette capacité d'induration est spectaculaire donnant lieu à une production de blocs découpés à l'état meuble qui atteignent rapidement et de manière irréversible la structure d'un moellon de roche tendre.

3. Conception architecturale et structurale

Les constructions sur un projet agricole sont en général relativement simples sur le plan structural. Leur réalisation avec des matériaux conventionnels (briques cuites, béton et mortier de ciment, armatures et ossatures métalliques, ...) ne pose généralement pas de problèmes. En effet, les matériaux industriels sont capables de performances mécaniques largement supérieures aux besoins et cela même à l'état humide. Cette marge de sécurité est souvent suffisante pour accepter une mise en œuvre et une conception architecturale médiocre. Dans le cas de la terre, la marge de sécurité, même avec une matière première de qualité, est beaucoup plus réduite. L'argile qui assure la cohésion du matériau est un liant faible sur le plan mécanique en comparaison du ciment ou de la chaux, et surtout c'est un liant instable au contact de l'eau. La réduction des performances mécaniques à l'état humide réduit encore la marge de sécurité. Il en ressort que les constructions en terre ne peuvent amortir les effets d'une mauvaise mise en œuvre ou d'une mauvaise conception.

Le principe de base pour la conception d'une construction en terre est de limiter au maximum les efforts s'exerçant sur et dans la structure. On travaille donc sur l'exposition pour limiter l'influence de la pluie, du vent, du soleil, et sur la struc-

ture des murs pour éliminer tout effort en traction ou tout effort exagéré en compression. L'observation comparée de constructions traditionnelles bien préservées et de constructions très dégradées met en évidence tous les détails constructifs qui distinguent une bonne conception d'une conception médiocre.

Dans la construction rurale traditionnelle pour éviter d'avoir à se lancer dans des calculs de structure, l'élimination des efforts en traction ou des efforts excessifs en compression se fait souvent en adoptant des formes simples, avec des murs surdimensionnés et à hauteur faible pour limiter l'élanement, et avec des portées réduites. Malheureusement, dans le cadre de projets de développement agricole, il arrive fréquemment que l'on se trouve amené à prévoir des bâtiments comme des hangars ou des bâtiments d'élevage qui ont des portées assez importantes. Les solutions architecturales traditionnelles ne peuvent plus alors répondre aux besoins. L'extrapolation de solutions traditionnelles sur des bâtiments qui sont étrangers à la tradition est un exercice qui suppose une bonne connaissance du calcul de structure en terre. Faute de cette compétence très spécifique, il est plus prudent d'éviter une option 100% terre crue et de chercher des solutions constructives mixtes avec association de la terre crue et de matériaux extérieurs (béton en fondation, chaînage, ossature et charpente en bois ou en métal).

La conception architecturale et structurale contribue à égalité avec la qualité du matériau de base donc la durabilité finale de la construction. Au même titre que la qualité des

matériaux est liée aux ressources locales, la conception des ouvrages doit être adaptée au contexte local et surtout aux contraintes climatiques. Des solutions constructives parfaitement fiables en zone aride sont la plupart du temps inadaptées en zone tropicale humide. L'exemple le plus caricatural est la transposition malheureuse de structures comme les voûtes et coupoles en adobe depuis les zones arides de Nubie ou d'Iran sur des sites situés en zone soudano-sahélienne qui connaissent des saisons des pluies violentes. Par ailleurs, le contexte culturel local doit être pris en compte. Sur un projet de développement, la fonctionnalité technique apparaît souvent comme le seul critère de conception. Il ne faut pourtant pas négliger la résonance culturelle que peut avoir le choix d'un matériau ou d'une forme architecturale. Sur le plan pratique, une mauvaise appréciation de cet élément entraîne souvent un rejet plus ou moins ouvert des constructions par la population locale. Cela se traduit, en phase d'après projet, par une négligence dans l'entretien et la maintenance et une rapide dégradation des constructions. Une construction en terre crue même si elle est économique et fonctionnelle sera parfois mal perçue par la population locale qui aspire à des modèles urbains «en dur» avec des matériaux qu'elle considère comme plus nobles. Cela suppose donc souvent un travail préalable pour revaloriser l'image de la terre crue avant de lancer le chantier. On peut aussi privilégier des techniques constructives à base de terre crue qui ne sont pas forcément les plus économiques dans le cas spécifique mais qui permettent, par leur image plus technologique (emploi de machine, fini supé-

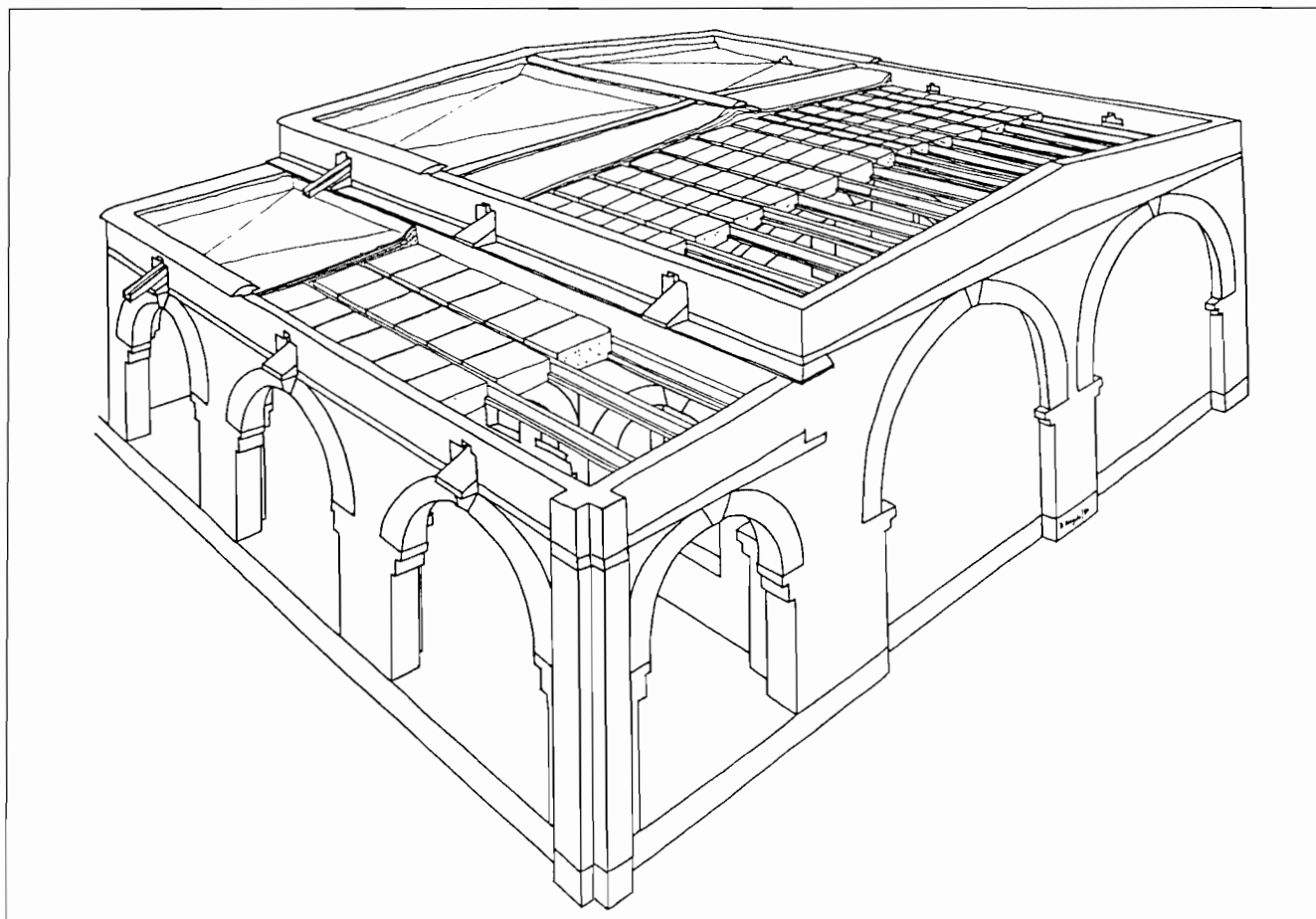
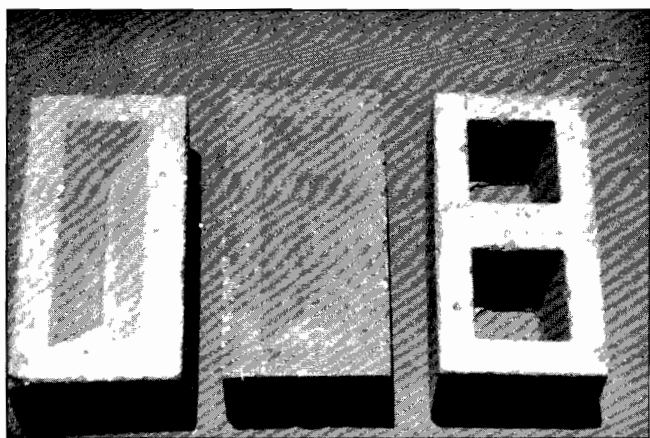


Figure 2 — Plan d'une école construite en blocs de terre comprimée en Somalie. © Angulo D.

rieur des produits), d'obtenir l'adhésion de la population locale. En zone rurale, la technique du bloc de terre comprimée se justifie souvent plus pour ce problème d'acceptation culturelle que sur le plan économique ou technique.



Trois sortes de blocs de terre comprimée. © Houben H.

4. Compétence du responsable de chantier

Beaucoup de techniciens agricoles ont une certaine compréhension des éléments de base d'un chantier de construction simple. Mais cette compétence acquise le plus souvent sur le tas est basée sur la mise en œuvre de matériaux classiques. Opter pour des constructions en terre crue suppose une compétence spécifique. La première solution est de confier la conduite du chantier à un artisan local, connaissant les techniques traditionnelles de construction en terre. C'est une solution efficace mais envisageable seulement si la construction reste dans la gamme de formes et structures traditionnelles. Or, souvent on est amené à sortir de la typologie traditionnelle. La seconde solution est alors que le responsable du projet essaie d'acquérir un minimum de bases techniques et assume lui-même la conduite du chantier. La familiarité avec le matériau terre que lui donne son expérience de technicien agricole, et un peu de sens pratique lui permettront de s'en sortir à condition de disposer de temps et de rester modeste dans les choix architecturaux et

structuraux. La réalisation se fait au prix de beaucoup de tâtonnements et le résultat final est souvent un peu décevant. Si le bon sens ou la modestie sont absents, on assiste alors à des échecs retentissants. L'absence de compétence technique explique la plupart des échecs des projets menés durant la dernière décennie. Le taux de réussite croissant depuis cette période est à mettre sur le compte, d'une part, d'une meilleure circulation de l'information technique et d'autre part, de la multiplication des formations spécifiques sur la construction en terre. Parmi les nombreuses initiatives prises dans ce sens, il paraît intéressant de citer deux d'entre elles qui concernent spécifiquement la construction en zone tropicale : d'une part, le réseau d'information BASIN (Building Advisory Service and Information Network) sur les matériaux de construction locaux qui offre un service question-réponse ouvert à tous les opérateurs de terrain, une revue spécialisée, des formations en français et en anglais sur les matériaux locaux, et d'autre part le programme de formation conjoint de l'Ecole d'Architecture de Grenoble et du Centre International de la Construction en Terre qui couvre tous les aspects de la construction en terre depuis les formations de base jusqu'à des cycles universitaires.

Informations utiles

- «Traité de la construction en terre»
H. Houben & H. Guillaud.
édition Parenthèse, 1990
(disponible en librairie ou directement à CRATerre)
- BASIN
C/O GTZ/GATE
Section 4130
Dag-Hammarskjöld-Weg 1
D-6236 Eschborn 1
Federal Republic of Germany
- CRATerre (Centre International de la Construction en Terre)
BP 53
38090 Villefontaine
France

S. d'Ornano: français. Ingénieur en Agriculture, «Conseil en innovation et transfert de technologies auprès des PM»
«Certificat d'Etudes approfondies en Architecture de Terre»
Conseiller Technique Principal au PNUD/ONUDI à Madagascar.