



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

2057

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR
LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

Centre International de Vienne - BP 300, A-1400 Vienne - Autriche
Téléphone : 211 310 Telex : 135 612 Télécopie 232 156



PROJET SI/MLI/93/801
"Amélioration des conditions de gestion technique, commerciale et financière
de l'Usine Céramique du Mali (UCEMA)"
Contrat n° 93/167/AV

R A P P O R T F I N A L

JUILLET 1994

Architecture Ingénierie du Mali
A.I.M.
BP 2569 Bamako - Mali
Tel. : (00223) 22 64 18

REMERCIEMENTS

Le bureau d'études "Architecture Ingénierie du Mali" (A.I.M.) a bénéficié lors de l'exécution de sa mission des conseils et de l'appui de responsables locaux ainsi que ceux d'organismes internationaux. Nous tenons à les remercier sincèrement.

Nous citerons entre autres :

- Le Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan;
- Le Ministère de la Construction et du Logement;
- Le Ministère de l'Emploi, de la Formation Professionnelle et de l'Initiative Privée;
- La Direction de l'UCEMA;
- Le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD);
- L'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) et particulièrement le Dr. Y.E. AMAIZO et Mr A. Villard.

PREAMBULE

PROJET n° SI/MLI/93/801

"Amélioration des conditions de gestion technique, commerciale et financière de l'Usine Céramique du Mali"

La présente étude a été confiée par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) au bureau d'étude "Architecture Ingénierie du Mali" (A.I.M).

L'étude demandée a pour objet la conception et la réalisation d'une Maison-Témoin Evolutive construite avec au moins 70 % de matériaux produits localement.

Responsable du projet : Dr Y. E. AMAIZO ONUDI :
 Service Etudes de Faisabilité
 Division de l'Investissement
 Industriel

Chef d'équipe : Dr A. DIOP A.I.M. :
 Architecte spécialiste
 des matériaux de construction

Chef de chantier : Mr M. SANTARA A.I.M. :
 Ingénieur spécialiste
 du Génie Civil

TABLE DES MATIERES

- REMERCIEMENTS
- PREAMBULE
- 1° HISTORIQUE
- 2° PROGRAMME DE CONSTRUCTION DE LOGEMENTS ET PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION
- 3° CONTRIBUTION DE L'UCEMA-SARL A LA RECHERCHE DE SOLUTIONS AU PROBLEME DU LOGEMENT
- 4° CONCEPTION DE LA MAISON-TEMOIN EVOLUTIVE
- 5° TRAVAUX DE REALISATION DE LA MAISON-TEMOIN
 - *5-1 ARCHITECTURE - TECHNIQUE ET TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION
 - *5-2 EXECUTION DES TRAVAUX
- 6° FORMATION
- 7° COUTS ET DELAIS DE CONSTRUCTION
- 8° RECOMMANDATIONS
- ANNEXES :
 - *ELEMENTS GRAPHIQUES
 - *RAPPORTS D'ESSAIS
 - *VERSION ALLEMANDE DU RAPPORT FINAL :
"MODELL-HAUS AUS LEHM IN MALI"

1° HISTORIQUE

L'Usine Céramique du Mali (UCEMA) fut créée en 1966. Elle est le fruit de la coopération bilatérale entre la République Populaire Démocratique de Corée et la République du Mali.

L'objet de cette unité industrielle est la transformation des matières premières extraites du sol et du sous-sol malien. La production de l'usine concernait essentiellement les produits céramiques : vaisselles, objets d'art

Malgré les travaux de rénovation entrepris en 1974, l'étroitesse du marché de la céramique n'a pas permis de dégager des profits.

Pour y remédier et lui donner une nouvelle impulsion par une diversification de sa production, une extension et une modernisation de l'usine fut entreprise en 1978 : construction d'un four vertical à chaux et d'un four-tunnel devant utiliser le mazout comme combustible entre autres travaux réalisés.

La diversification visait la production de nouveaux produits : la chaux vive et éteinte, les carreaux en terre cuite, en grès et en faïence ainsi que la fabrication de lavabos et de sièges de WC à la turque.

La tentative d'utiliser un nouveau combustible, le mazout en lieu et place du bois de chauffe (qui est encore utilisé), fut un échec technologique : les brûleurs du four-tunnel n'ont jamais fonctionnés.

Cependant l'arrêt de la production de chaux par la Société des Ciments du Mali (SOCIMA), la seule société concurrente productrice industrielle de chaux, et la mise en service de son nouveau four à chaux va créer une situation de quasi monopôle pour l'UCEMA. Cette réorientation de sa production vers la chaux a permis d'enregistrer des résultats positifs.

La chaux qui est essentiellement fournie à la Sucrerie de Dougabougou (SUKALA) représentait et représente encore environ les trois quarts du chiffre d'affaire de l'usine.

Malgré l'existence de ce marché, de nouvelles difficultés, probablement dues aux charges d'exploitation, vont amener les partenaires coréens et maliens à tenter une nouvelle forme de coopération : l'Exploitation Conjointe de l'Usine Céramique du Mali. L'originalité de cette expérience, qui va durer de 1983 à 1991, réside dans le fait qu'en plus de l'assistance technique, les coréens détiennent des actions dans la nouvelle société et participent directement à la gestion de l'usine : le nouveau Directeur Général est un coréen.

L'Exploitation Conjointe malgré les difficultés va se poursuivre jusqu'aux Evénements du 26 Mars 1991 (changement de régime) et l'application des accords conclus entre le gouvernement de la République du Mali et la Banque Mondiale et le Fonds Monétaire International.

Ces accords prévoient dans le cadre du Programme d'Ajustement du Secteur des Entreprises Publiques (PASEP), le désengagement de l'Etat des secteurs non stratégiques de production et de commercialisation afin de laisser la place à l'initiative privée.

C'est ainsi que l'Usine Céramique du Mali, qui était une Société d'Etat à caractère industriel et commercial dotée de la personnalité civile et de l'autonomie financière, a été identifié parmi les sociétés à privatiser.

La cession des actifs de cette unité industrielle a été faite en Décembre 1991 par voie d'Appel d'Offre à des promoteurs privés maliens et étrangers regroupés au sein de la Société à Responsabilité Limitée "UCEMA-SARL".

Pour assurer à sa nouvelle unité une meilleure performance, l'UCEMA-SARL, conformément à son plan de développement a décidé de procéder à la relance et à la diversification de sa production.

C'est ainsi qu'une requête officielle a été adressée à l'**Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI)** pour une assistance en expertise technique à l'UCEMA-SARL.

Cette assistance se traduit dans un premier temps par une étude d'opportunité et dans un second temps par le présent projet : **SI/MLI/93/801 "Appui direct à la relance, la diversification et la privatisation de l'Usine Céramique du Mali (UCEMA)"**.

L'objectif immédiat de ce projet est l'amélioration des conditions technique, commerciale et financière de l'UCEMA-SARL afin de faciliter la mise à disposition à coût réduit de matériaux locaux de construction de qualité pour un habitat décent.

Un volet de cette assistance consiste à informatiser et à rationaliser les procédures comptables de l'UCEMA et de former son personnel comptable - par l'intermédiaire d'un bureau d'études local spécialisé : le **CAPES** - à l'utilisation d'un progiciel comptable (comptabilité générale et comptabilité analytique).

Un autre volet de cette assistance a été confié à un autre bureau d'études local : **Architecture Ingénierie du Mali "A.I.M."**.

La mission de "A.I.M." consiste à concevoir et à réaliser une Maison-Témoin en utilisant au moins 70 % de matériaux de construction produits localement.

Le bureau "A.I.M." devant travailler en étroite coopération avec les experts internationaux choisis pour le projet : expert "chaux", expert "briqueterie", économiste....

2° PROGRAMMES DE CONSTRUCTION DE LOGEMENTS ET PRODUCTION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Le Mali traverse actuellement une crise du logement. Cette crise essentiellement urbaine a conduit le gouvernement à faire de la production de logements une de ses priorités.

Depuis les années '60, années de l'indépendance, une Société d'Etat la "**Société d'Equipe-ment du Mali**" ("**SEMA**") fut créée pour contribuer à la fourniture de logements.

Cette société pour construire ses premières maisons utilisait des briques en terre cuite produites localement dans la briqueterie de Magnambougou; la toiture était en tôle galvanisée.

La première opération fut une réussite.

Lors des opérations suivantes les briques en terre cuite furent progressivement remplacées par des parpaings en ciment et la structure fut réalisée en béton armé augmentant ainsi la quantité de matériaux importés : ciment, tôle et fer à béton.

Cette pratique a grevé le coût des constructions excluant de ce fait l'accès à ces logements à une grande partie de la population.

Il est à remarquer que contrairement au coût des maisons, leur qualité baissait.

La contribution de cette société à la fourniture de logements malgré ses moyens (plusieurs fois subventionnée) est dérisoire : pendant plus d'un quart de siècle elle n'a produit que quelques milliers (autours de 5.000) de logements. (La SEMA a été privatisée en 1991).

Dans les années '80, de nouvelles tentatives furent faites par des sociétés immobilières privées telles que "**FASO KANOU**", "**MALI UNIVERS**" et "**L'IMMOBILIERE SA**".

Les deux premières avaient pour objet la production de logements, tandis que la dernière s'est orientée vers la vente de parcelles assainies.

"**MALI UNIVERS**" et "**FASO KANOU**" pour des raisons diverses n'ont pas réussi à mener à terme leurs opérations.

Aucune de ces sociétés n'a fait de l'utilisation des matériaux locaux de construction une priorité.

Plus récemment, en 1991, le gouvernement de la République du Mali, dans sa recherche de solution au problème du logement, confia à une société étrangère, la conception et la construction d'une cinquantaine de maisons unifamiliales.

Cette opération fut un échec important, dû à notre avis au choix du matériau de construction et de la technologie.

Cette opération est à ce jour inachevée et les travaux arrêtés.

Malgré ces différentes expériences et la construction par les populations elles-mêmes de logements (en auto-construction) la crise demeure entière : les besoins annuels des années '80 pour les centres urbains sont estimés à plus de 15.000 unités, et se situe autours de 8.000 pour la seule ville de Bamako (source : Programme Decennal des Investissements - Etudes de Développement Urbain de Bamako).

Une étude du patrimoine immobilier national fait ressortir qu'en milieu rural (83 % de la population malienne y vivent) le logement est adapté au mode de vie des populations ainsi qu'au climat.

Ces logements traditionnellement réalisés avec des matériaux locaux reflètent le niveau des revenus des populations.

Ici la crise du logement n'est pas perceptible.

Il existe cependant un besoin d'amélioration de la qualité des matériaux utilisés et de rationalisation des techniques et technologies utilisés.

Par contre une analyse de l'évolution de la production de logements en milieu urbain fait ressortir une "rupture" entre le traditionnel et le moderne.

Cette rupture se manifeste au niveau de la conception du logement, du choix du matériau de construction, des techniques et technologies utilisées.

En effet la construction traditionnelle en milieu urbain tend à disparaître en faveur de la copie de stéréotypes architecturaux importés par les élites locales. Ces stéréotypes, non adaptés ni à nos conditions ni à nos besoins, sont imposés par l'application de normes et de règlements souvent inadéquats et non justifiés.

3^e CONTRIBUTION DE L'UCEMA-SARL A LA RECHERCHE DE SOLUTIONS AU PROBLEME DU LOGEMENT

Le déficit immobilier en milieu urbain est accentué par le décalage entre le niveau des revenus et les coûts de construction.

Or d'après "Shelter Africa", les matériaux de construction représentent jusqu'à 50 % du coût de la construction en Afrique.

Il apparaît dès lors que la mise à disposition à coût réduit de matériaux de construction de qualité est une contribution importante à la réduction du déficit immobilier.

C'est en considération des besoins réels en logement, particulièrement à Bamako, donc de l'existence réelle et conformément à son plan de développement (dont un volet est de contribuer à la recherche de solutions au problème du logement) que l'UCEMA-SARL a décidée de relancer et de diversifier sa production de matériaux de construction : chaux, carreaux en terre cuite et en grès, lavabos et sièges de W.C. en céramique, granulé et poudre de marbre, ocre rouge et jaune....

Dans le cadre du même plan de développement, il est également prévu la création d'une nouvelle ligne de production : celle de la brique en terre cuite (l'expert en "brique" a effectué une mission à Bamako en Novembre 1993).

En plus de son rôle classique de production de matériaux de construction, "A.I.M" a proposé à UCEMA-SARL, le nouveau concept de "PACKAGE".

Ce nouveau concept pour lequel l'UCEMA-SARL a optée, englobe le design des produits, leur production et leur mise en oeuvre. L'avantage de cette approche réside dans une plus grande maîtrise des coûts et la mise sur le marché d'un produit fini de qualité garantie.

C'est dans cette optique que la Maison-Témoin Evolutive sera réalisée avec au moins 70 % de matériaux de construction produits localement.

Cette Maison-Témoin doit être un nouveau type de logement pour nos cités : sa conception tient compte des habitudes, du climat, et de l'environnement. Il sera fait usage de matériaux de construction produits localement en améliorant leur qualité, et on espère contribuer à la révalorisation de techniques de construction traditionnelles.

Notre Maison-Témoin doit refléter le niveau de développement économique, culturel et social ainsi que la capacité de mise en valeur des matériaux de construction produits localement.

4° CONCEPTION DE LA MAISON-TEMOIN EVOLUTIVE

Les demi-succès voire les échecs des différentes opérations immobilières antérieures sont dus à une multitude d'obstacles parmi lesquels : les normes (matériaux et surfaces), le code domanial (frais d'enregistrement), le financement du logement (mobilisation de l'épargne), l'absence d'une politique claire et cohérente de production de logements.

L'une des restrictions qui a fortement contribué au ralentissement de la production de logements est l'interdiction par les autorités de la construction en terre en milieu urbain.

Le matériau "terre crue" étant qualifié de "non durable".

Or bien de construction en terre de par le monde témoignent de la solidité et de la résistance de ce matériau quand il est bien mis en oeuvre. Au Mali, la mosquée de Djenné, qui a été classée monument culturel par l'UNESCO, en est un exemple.

Il est vrai que la terre présente des faiblesses réelles. La plus évidente et la plus dangereuse est celle relative à ses propriétés hydrophiles ("crainte" de l'eau).

Pour parer à ce danger, les progrès scientifiques et techniques ont permis de mettre au point une multitude de procédés efficaces : stabilisation par un liant, densification avec une presse, compactage pneumatique....

Les constructions en terre crue ont plusieurs avantages. L'une d'entre elles est qu'elles sont adaptées aux conditions climatiques des zones arides et semi-arides : elles offrent grâce à leurs qualités physiques un confort thermique par une régulation naturelle et optimale entre les températures intérieures et extérieures.

L'un des avantages les plus évidents des constructions en terre est le coût très bas de ce matériau et sa disponibilité en plusieurs endroits.

L'objet de ce projet étant la vulgarisation des produits de l'Usine Céramique du Mali et la fourniture de logements à coût modéré, il a été décidé de construire la Maison-Témoin en terre crue et de revêtir le bâtiment avec des produits UCEMA : utilisation d'enduits à base de chaux, de carreaux et de plaquettes en terre cuite....

La Maison-Témoin comprend :

- un salon
- trois chambres à coucher
- une cuisine et sa réserve
- des toilettes : douche et W.C.
- une chambre de passage construite à côté du bâtiment principal

La conception de la Maison-Témoin s'inspire de l'habitat traditionnel du Mali.

Une étude de la morphologie de cet habitat nous enseigne que les différents bâtiments sont disposés autour d'une cour centrale, qui est le cœur de la vie familiale.

Les bâtiments sont construits au fur et à mesure de l'évolution de la famille et des besoins.

Les travaux de construction de notre Maison-Témoin ont commencé par les trois chambres à coucher, la cuisine et sa réserve ainsi que les toilettes et le salon. La chambre de passage a été ensuite réalisée.

Sur notre chantier, il a été décidé d'expérimenter plusieurs types de toiture :

- coupôle pour le salon et la chambre de passage
- voûte nubienne pour la cuisine et les toilettes
- terrasse pour les chambres à coucher.

La réalisation de ces toitures se fait avec le même matériau que les murs : en briques de terre crue. Ce choix permet d'une part d'améliorer substantiellement le confort thermique des différentes pièces (grâce à leur inertie thermique) et d'autre part de n'utiliser ni bois de construction dans la structure du bâtiment (le Mali étant un pays sahélien), ni fer à béton (matériau importé). Par ailleurs ce choix permet de former les ouvriers à différentes techniques de construction.

Les matériaux choisis pour la réalisation des travaux sont les suivants :

Fondations : moellons du pays

Maconnerie : terre crue
terre cuite (mur extérieur de la chambre de passage)

Mortiers : banco
chaux + sable + ciment
sable + ciment (mur extérieur chambre de passage)

Enduits et revêtements :

a) sol :

- carreaux terre cuite
- carreaux grès
- plaquettes en terre cuite

b) murs intérieurs et plafonds :

- chaux + sable + ciment

c) murs extérieurs :

- chaux + sable + ciment

d) toitures :

- plaquettes en terre cuite
- carreaux cassés en terre cuite
- sable + ciment

Ménuiserie :

- portes : bois isoplane
- fenêtres : métalliques persiennées

Badigeon : chaux et FOM.

5° TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA MAISON-TEMOIN

L'objectif visé par la réalisation de cette Maison-Témoin est de faire la promotion des matériaux de construction produits par l'Usine Céramique du Mali et de proposer un nouveau type de logement.

C'est ainsi que plus de 80 % des matériaux utilisés sont produits localement : la quasi totalité du gros-oeuvre et la majeure partie du second-oeuvre ont été réalisées avec des matériaux locaux : briques en terre crue, moellons du pays, chaux, carreaux et plaquettes en terre cuite, appareils sanitaires....

Seuls quelques produits importés ont été utilisés : ciment, bitume, matériel d'électricité et de plomberie, bois, fer et la quincaillerie pour les menuiseries.

5-: ARCHITECTURE - TECHNIQUE ET TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION

L'organisation fonctionnelle de la Maison-Témoin est inspirée par l'architecture traditionnelle. Les volumes et l'esthétique sont déterminés par le matériau de construction, les techniques et technologies de construction utilisées.

La plasticité du matériau terre a été utilisée de manière à permettre un écoulement rapide des eaux de pluies et offrir des lignes douces.

Plusieurs techniques de construction ont été utilisées sur notre chantier. Elles ont été choisies à cause de leur simplicité d'utilisation et de leur coût.

Les différents coffrages, cintres et compas ont été directement confectionnés sur le chantier.

SALON : La structure du salon est constituée de quatre arcs réalisés en plein cintre à l'aide d'un coffrage en bois. Les arcs ont une largeur de 40 cm.

La toiture de forme ogivale a été réalisée à l'aide d'un compas.

Pour assurer une bonne ventilation par gravitation, il est prévu un trou d'aération au sommet de la toiture.

CUISINE ET TOILETTES : Ces deux pièces sont rectangulaires en plan.

Leurs murs longitudinaux sont pourvus de petits arcs destinés à supporter la tablette qui à son tour sert d'appui à la voûte.

La voûte est exécutée selon la technique millénaire des nubien (Egypte).

CHAMBRES A COUCHER : Les murs porteurs des trois chambres sont exécutés en arrondissant leur partie supérieure. Cette partie circulaire est destinée à recevoir la toiture de forme sphérique réalisée à l'aide d'un compas.

Le dessus de ces toitures a été aménagé en terrasse accessible. Il a d'abord été procédé au remplissage du vide entre les coupôles avec un matériau léger et isolant : l'écorce de la noix de coco. Ensuite trois couches de mortier ont été exécutées :

- 1ere couche : balle de riz + banco + chaux
- 2eme couche : balle de riz + banco
- 3eme couche : balle de riz + chaux + sable + ciment.

Une fine couche de bitume assure l'étanchéité de la toiture.

Le tout a été revêtu de plaquettes en terre cuite de 22 x 11 x 2,5 cm.

Les gouttières pour l'évacuation des eaux de pluie sont également en terre cuite.

En plus des fenêtres, au sommet de chaque chambre est prévu un trou d'aération pour une ventilation zenithale.

ESCALIER : L'escalier a été entièrement réalisé avec des briques en terre crue, sans fer ni bois dans la structure.

Son étanchéité est assurée par une couche de bitume. Le bitume est protégé des radiations solaires par des plaquettes en terre cuite.

CHAMBRE DE PASSAGE : Cette pièce est circulaire en plan. Sur la plate forme (forme de radier), réalisée avec des moellons du pays, il a été procédé à la construction de la chambre de passage. Cette pièce est un bloc uni exécuté tout entier à l'aide d'un compas.

Elle a une forme d'ogive.

5-2 EXECUTION DES TRAVAUX

FONDATEMENTS - SOUBASSEMENTS

Tenant compte de la nature du sol, les fondations ont une profondeur de 40 cm (proximité de la nappe phréatique), une largeur de 70 cm et sont surélevées de 20 cm par rapport au niveau du terrain naturel. Le but visé est une bonne répartition des charges et une bonne protection des murs contre l'érosion, principalement contre les eaux de ruissellement.

Toutes les fondations sont réalisées avec des moellons du pays hourdés au mortier de chaux, sable et ciment.

MACONNERIES EN ELEVATION - TOITURES :

Toute la maçonnerie en élévation, exceptée le mur extérieur de la chambre de passage qui est faite de briques pleines en terre cuite de 30 x 14,5 x 6 cm, est réalisée avec des briques en terre crue de 38 x 20 x 10 cm.

La toiture du salon et celle des chambres à coucher respectivement de forme ogivale et sphérique, sont réalisées avec les mêmes types de briques crues. Celles de la cuisine et des toilettes, qui sont des voûtes nubiennes, sont faites avec des briques également en terre crue mais plus légères de 30 x 14,5 x 6 cm.

MORTIERS : Le jointoiment des briques en terre crue a été effectué avec du banco tamisé. Celui des moellons et des briques en terre cuite avec un mortier de chaux, sable et ciment. Les moellons des fondations et des soubassements ont été hourdés au mortier de sable et ciment.

ENDUITS ET REVETEMENTS : Le rôle des enduits et des revêtements est de protéger efficacement les bâtiments contre les intempéries (en ce qui nous concerne principalement les eaux de pluies) et leur conférer l'aspect esthétique recherché.

Ainsi une attention particulière a été accordée à la composition de l'enduit à base de chaux qui a été utilisé (la chaux est la principale production de l'UCEMA) : plusieurs essais ont été effectués pour son choix. Lors de ces essais on a utilisé entre autres : la chaux, la poudre et le granulé de marbre, le banco, le sable, les carreaux en terre cuite broyés (chamotte).

Le choix définitif a été porté sur un enduit composé de sable, de banco tamisé et de chaux en pâte.

Avant l'usage de l'enduit ainsi composé, il est nécessaire d'observer un temps de pourrissage pour l'obtention d'une bonne homogénéité.

Des essais effectués nous pouvons tirer les enseignements suivants : les enduits exécutés sur les surfaces non lisses offrent la meilleure adhérence au mur, tandis que l'enduit composé de chaux, banco, sable et ciment offre la meilleure résistance à l'eau et au choc.

La façade Est (l'orientation la plus exposée aux pluies à Bamako) et la toiture des toilettes ont été exécutées d'une manière particulière : l'enduit a été projeté sur des pointes en acier (clous ordinaires de 8 cm) enfoncés en damier dans la maçonnerie (5 kg de pointes pour une surface d'environ 4 x 4,5 m). L'objectif étant bien entendu une meilleure adhérence de l'enduit à la maçonnerie (les résultats ne seront appréciables qu'après quelques années).

Compte tenu de la disponibilité et du coût de certains produits de l'UCEMA, il a été procédé à certains nouveaux choix : utilisation de carreaux en grès en lieu et place de la faïence; mélange chaux, sable et ciment comme enduit intérieur en lieu et place de chaux, poudre de marbre, sable et ciment.

En plus des enduits ci-dessus cités, les produits en terre cuite sont les éléments de revêtement que nous avons utilisés.

Les dessus des murs de clôture et des allèges des fenêtres, la cour intérieure, la terrasse ainsi que l'escalier y menant sont tous revêtus de plaquettes en terre cuite de 22 x 11 x 2,5 cm.

La toiture de la cuisine a reçu un carrelage de carreaux cassés en terre cuite.

Le sol des chambres à coucher est en chape de ciment, celui de la cuisine et des toilettes est en carreaux de grès.

AUTRES TRAVAUX : Tous les autres travaux (électricité, plomberie, menuiserie, carrelage...) ont été exécutés selon les formules classiques de la règle de l'art.

6° FORMATION

Les travaux de construction de la Maison-Témoin ont été exécutés par des maçons, un menuisier, un plombier, un électricien et des ouvriers non qualifiés recrutés chaque fois que de besoin.

La formation théorique a portée sur :

- la lecture de plan d'architecture
- le rôle des liants, particulièrement celui de la chaux, dans la construction
- la mise en oeuvre des briques et plaquettes en terre cuite
- la confection de cintres, compas et coffrages....

L'essentiel de la formation a été pratique.

Il est cependant nécessaire de noter qu'il y a une perte d'habitude, du moins en milieu urbain dans la mise en oeuvre de certains matériaux comme les briques en terre crue, la chaux, les briques pleines et les plaquettes en terre cruite.

L'équipe qui effectuée de construction de la Maison-Témoin est maintenant en mesure d'exécuter des travaux similaires.

7° COÛTS ET DELAIS DE CONSTRUCTION

La production de certains matériaux en terre cuite (briques, plaquettes et carreaux) a connu un certain retard. Le retard dans l'acquisition de ces produits s'est répercuté sur le planning d'exécution des travaux de construction de la Maison-Témoin.

Le coût direct (main d'oeuvre pour l'exécution des travaux, essais et tests de laboratoire, acquisition de matériels de chantier et de matériaux de construction) initialement prévu pour la réalisation de la Maison-Témoin Evolutive était de 9.330 \$US.

A la fin des travaux le coût des travaux est d'environ 13.000 \$US soit environ 3.900.000 FCFA (prix avant la dévaluation du FCFA le 12 Janvier 1994).

Ce dépassement est dû au coût de la main d'oeuvre qui a quasiment doublé suite à l'initiation des ouvriers à de "nouvelles techniques de construction".

Par contre l'implantation de la Maison-Témoin dans l'enceinte même de l'UCEMA a contribué à réduire le coût d'acquisition des produits de l'usine : pas de frais de transport.

La différence entre le coût initialement prévu et le coût réel a été financé par la nouvelle société immobilière créée à cet effet : "SOKURA SA" dont UCEMA-SARL est actionnaire.

Malgré le dépassement du coût initial et le retard dans la réalisation de la Maison-Témoin, l'objectif du projet a été atteint : en effet la Maison-Témoin a été construite avec 85,35 % de matériaux produits localement.

8° RECOMMANDATION

Après la réalisation de la Maison-Témoin avec plus de 85 % de matériaux de construction produits localement et la création de la société immobilière "SOKURA SA" (avec une prise de participation de UCEMA-SARL dans son capital social), l'Usine Céramique du Mali dispose désormais d'atouts réels pour la vulgarisation et la vente de ses matériaux de construction.

La société immobilière "SOKURA SA" se spécialisera dans la construction de logements utilisant en priorité les matériaux de construction produits localement et devra aider l'UCEMA à proposer un "PACKAGE" : design des produits, production et mise en oeuvre de matériaux de construction.

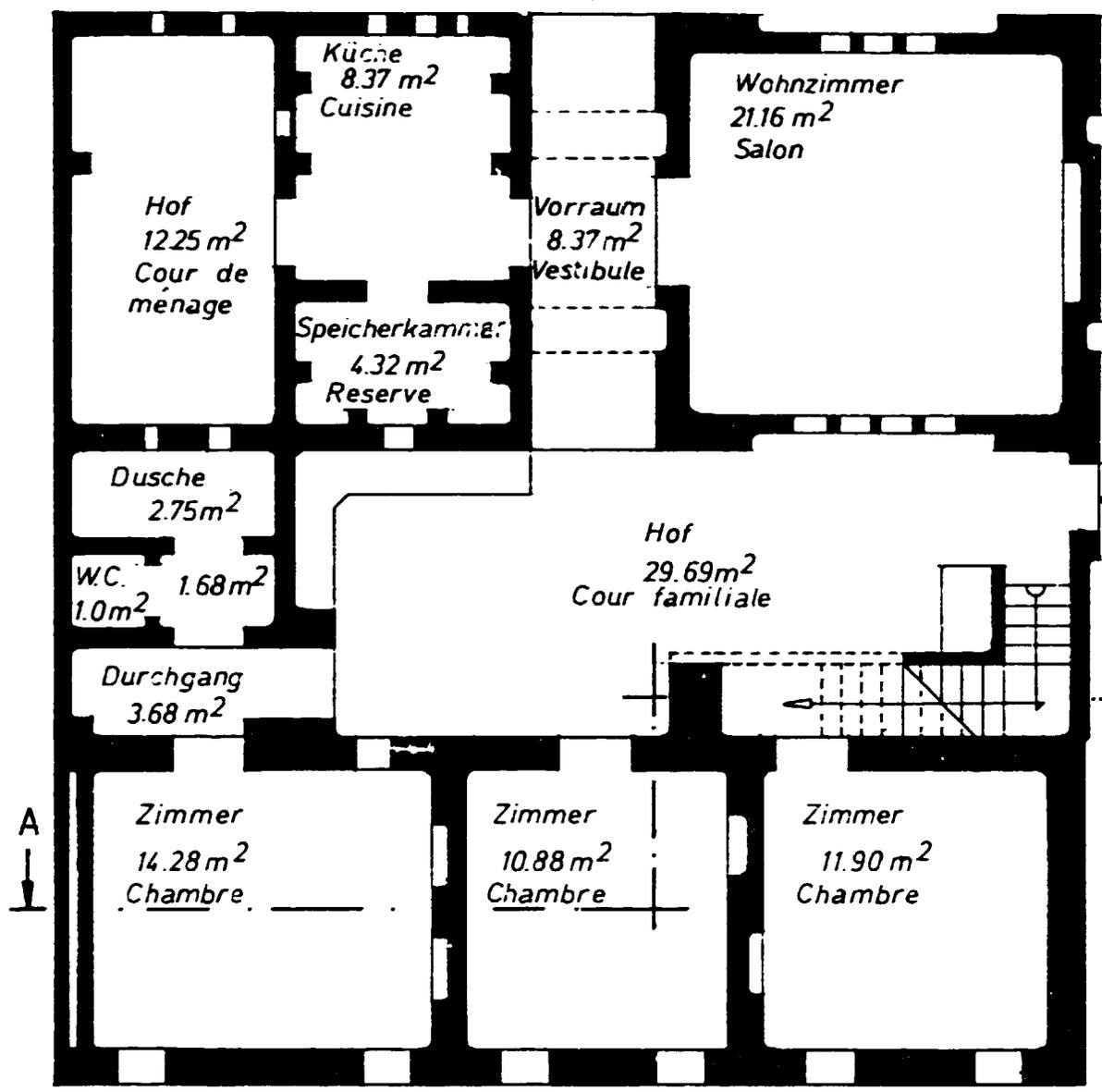
ACTIONS A ENTREPRENDRE

Demander au gouvernement de la République du Mali de confier à la nouvelle Société Immobilière "SOKURA SA" un projet de construction d'au moins une cinquantaine de logements du même modèle que notre Maison-Témoin.

ANNEXES

Haupteingang

Entrée principale



A
↓

Plan

Grundriß

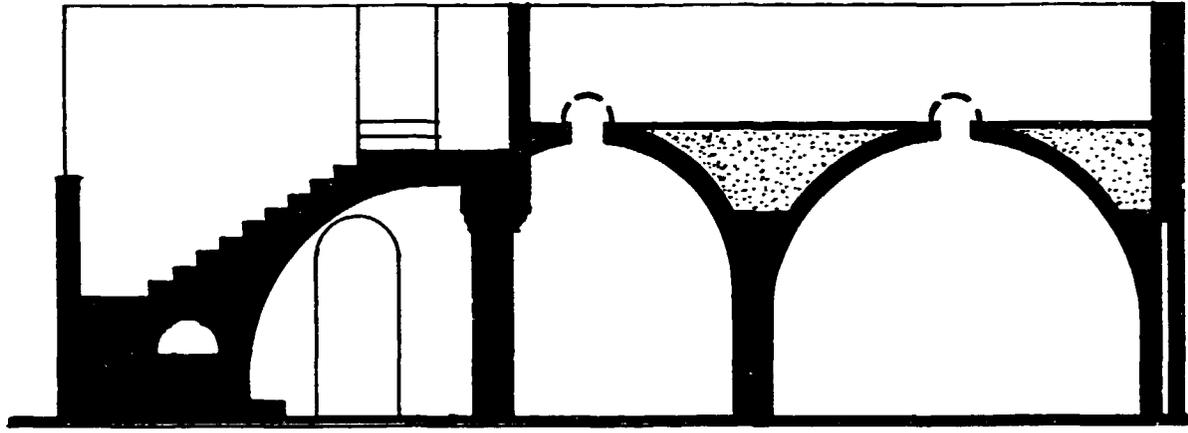
MODELL-HAUS AUS LEHM IN MALI

MAISON-TEMOIN EN BANCO AU MALI

K. ADIOP
?

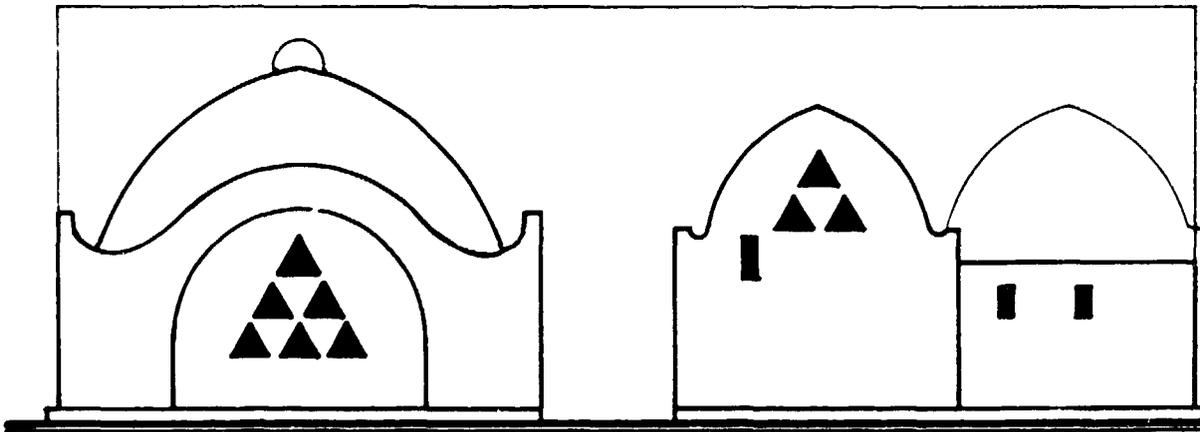
Architectes: ADIOP - F. CAROLA

Ingenieur: M. SANTARA



Coupe A_A

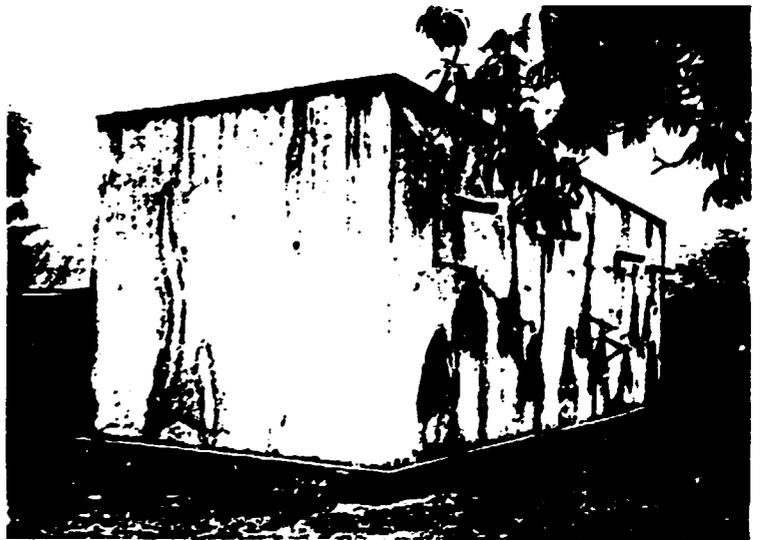
Schnitt A_A



Façade Nord

Nord_Fassade





RAPPORT D'ESSAIS
COMPRESSION DE BRIQUES DE TERRE CUITES

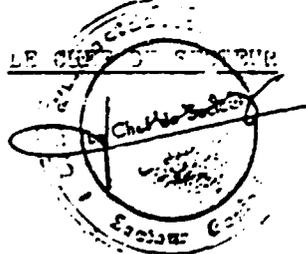
USINE CERAMIQUE DE DJIBORONI
BRIQUES ARTISANALES

Après avoir accablé et surfacé les briques et plaquettes, l'essai de compression sur ces éléments a donné les résultats suivants:

N°	Poids(g)	Dimensions (cm)	Section (cm ²)	Force (kg)	Contrainte (MPa)
1	9870	28,6x14	400,4	62100	15,51
2	9599	28,3x13,6	384,86	39800	10,34
3	10480	29,0x13,8	400,2	38590	7,14
4	9945	29,0x14	406	38230	9,42
5	9957	29,0x13,9	403,1	39940	7,43
6	10002	19,0x14	406	24190	5,96
7	6837	22,0x10,9	239,8	29290	12,21
8	6808	22,0x10,7	235,4	44090	18,72

RE: Les numéros 1, 2, 3, 4, 5 et 6 sont les briques pleines tandis que les numéros 7 et 8 sont les plaquettes.

Bamako, le 06 Octobre 1993



RAPPORT D'ESSAI

RESULTATS D'ESSAI D'ABSORPTION D'EAU SUR LES PLANCHETTES

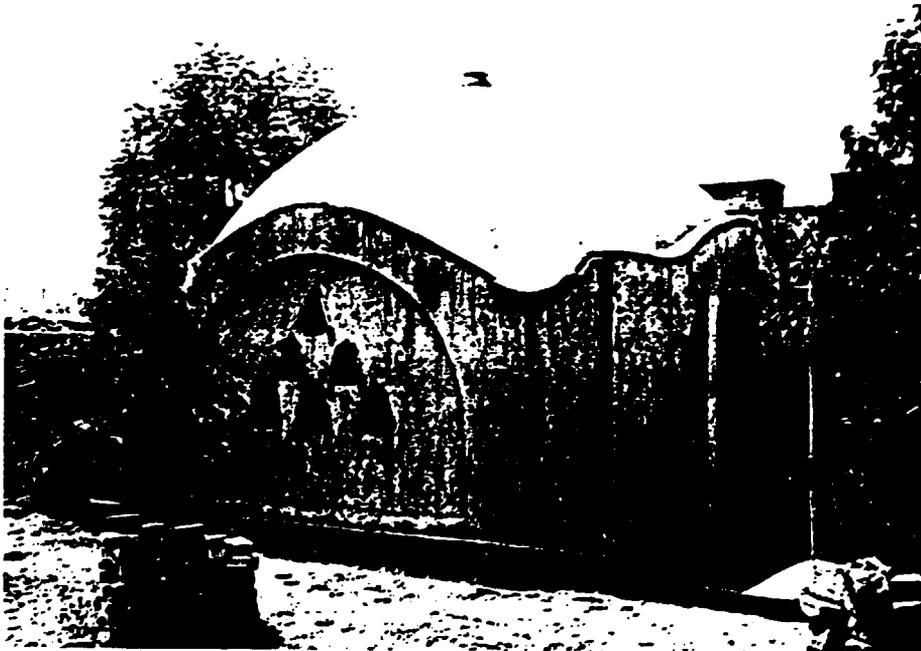
USINE CERAMIQUE DE DJIKORONI

22

! NR !	Masse (M1)	Masse (M2)	Masse (M=M2+M1)	Section (S)	Coefficient (C)
! 1 !	1015	1050	35	232,51	4,75
! 2 !	990	1048	58	221,45	8,28
! 3 !	986	1066	80	231,34	10,93
! 4 !	1070	1165	95	226,82	13,23
! 5 !	1150	1247	87	211,99	11,36
! 6 !	1150	1166	116	211,84	11,97
! 7 !	970	1012	82	237,26	10,62
<u>Moyenne:</u>					10,63

Bamako, le 06 Octobre 1973





Dr. Alpha DIOP

MODELL-HAUS AUS LEHM IN MALI

Es ist wohl zutreffend, daß Lehm einige Nachteile hat : der augenscheinlichste und der gefährlichste davon ist seine hydrophile Eigenschaft. Aber durch die Entwicklung von Wissenschaft und Technik sind mehrere wirksame Verfahren verfügbar : Stabilisierung durch ein hydrophobes Bindemittel, händische oder hydraulische Verdichtung, Verkleidung mit wasserabweisenden Schichten. Die Lehmbauten haben viele Vorteile : sie sind dem warmen und trockenen Klima angepaßt und bieten durch ihre physikalische Qualität einen thermischen Comfort, der hier besonders geschätzt wird (Möglichkeit einer optimalen und natürlichen Temperaturregulierung zwischen Innen- und Außenraum). Außerdem ist Lehm ein billiger, gesundheitlich unbedenklich Baustoff, der überdies an vielen Orten vorhanden ist.

3- DAS MODELL-HAUS

Der Entwurf des Modell-Hauses orientiert sich am traditionellen Wohnungsbau in Mali. Eine Studie der Morphologie dieses Wohnbaues zeigt, daß die verschiedenen Gebäudeteile um einen zentralliegenden Hof angeordnet sind.

Dieser Hof ist das Herz des Familienlebens. Die Gebäude werden je nach Entwicklung der Familie und nach ihrer Bedürfnissen um den zentralen Hof entwickelt.

Das Modell-Haus besteht aus :

- Einem (1) Wohnzimmer
- Drei (3) Schlafzimmern
- Einer (1) Küche und einer (1) Speisekammer
- Naßräumen (Bad und WC)
- Einem (1) Gastzimmer.

Das Ziel dieses Versuches ist es, bei relativ niedrigsten Baukosten maximalen Comfort und größtmögliche Sicherheit zu schaffen. Mit den Kosten sind hier nicht nur der finanzielle Aufwand sondern auch die verbrauchten Naturressourcen gemeint. Das heißt auch minimaler Einsatz von Energie (bei der Produktion der Baustoffe, beim Bau, beim Bewohnen des Wohnhauses).

Damit ist die Wahl der Baustoffe und auch die Baustruktur bestimmt: es werden luftgetrocknete Ziegel oder "leichtgebrannte" Ziegel (um 700 °C für die Mineralentwässerung) verwendet.

Die Decken werden verschiedene Formen haben :

- Kuppel (Wohnzimmer und Gastzimmer)
- Gewölbe (Küche und Naßräume)
- Terrasse (Schlafzimmern)

Die Decken wurden mit denselben Baustoffen, wie die Wände ausgeführt, um einerseits den thermischen Comfort zu verbessern (speicherwirksame Masse) und andererseits kein Holz und keinen Stahl in der Konstruktion zu verwenden.

Damit sind die Verwendung von importierten Baustoffen weitgehend vermindert und die von diesen Produkten ausgehende Preisdynamik für den Wohnungsbau vermieden.

Folgende Baustoffe für das angeführte Demonstrationsgebäude wurden gewählt :

Fundament : Bruchsteine

Mauerwerk : luftgetrockneter Lehmziegel
leichtgebrannter Ziegel (Gastzimmer)

Mörtel : Lehm
Kalk + Sand + Zement
Sand + Zement (Außenwand des Gastzimmers)

Putz und Verkleidung :

a) Boden:

- Fliesen aus gebranntem Lehm (Wohnzimmer)
- Kalkzement Mörtel (Zimmern)
- Fliesen aus Steingut (Küche + Naßräume)
- Platten aus leichtgebranntem Lehm (Innenhof)

b) Innenraum-Wände und Decke :

Kalk + Sand + Zement

c) Außenraum-Wände :

Kalk + Sand + Zement

d) Dach :

- Platten aus leichtgebranntem Lehm (Terrasse über die Schlafzimmern)
- Bruchfliesen aus gebranntem Lehm (Küche)
- Kalk + Sand + Zement (wohnzimmer + Naßräume)

Fenster : Metallkonstruktion mit Lamellen (Sicherheit)

Türen : Holz

Anstrich : Kalk + Mineralfarben

4- ARCHITEKTUR - BAUTECHNIK UND TECHNOLOGIE

Der Zweck des Bauens des Modell-Hauses ist es, einen neuen Typus von Wohnhaus vorzustellen, der auch für mittlere Einkommenschichten finanziell zugänglich ist. Um dieses Ziel zu erreichen werden grundsätzlich lokale Baustoffe und Bauteile verwendet : luftgetrocknete und leichtgebrannte Ziegel, Bruchsteine, Kalk, Fliesen, Waschbecken, WC,...Nur ein Teil der verwendeten Produkte ist importiert : Zement, Bitumen (für die Dichtheit), Elektro- und Installationsmaterial, Metall und Holz für Fenster und Türen.

Auf dieser Baustelle wurden altbekannte Baumethoden wieder verwendet. Diese Baumethoden und -stoffe, die aufgrund ihrer Einfachheit und Preisgunst ausgewählt worden sind, haben das Volumen und die Ästhetik des Hauses bestimmt. Dabei wurde die Plastizität des Baustoffes Lehm maximal ausgenutzt.

Die verschiedenen Einschaltungen, Bögen und "Zirkel" wurden direkt auf der Baustelle gefertigt.

WOHNZIMMER : die Struktur des Wohnzimmers besteht aus vier (4) Bögen in denselben Dimensionen mit Hilfe einer umsetzbaren und wiederverwendbaren Holzschalung gebaut. Die Bögen aus luftgetrockneten Ziegeln sind 40cm dick. Die spitzböige Kuppel wurde mit Hilfe eines "Zirkels" auf die Bögen abgestützt.

Um eine gute Ventilation zu gewährleisten, ist zusätzlich zu den Fenstern am Dach eine Öffnung vorgesehen.

KÜCHE UND NASSRÄUME : diese beide Räume sind im Grundriß rechteckig. Die Wände sind der Länge nach mit kleinen Bögen versehen, um schmale Auflagerplatten zu unterstützen, worauf das Gewölbe errichtet wurde. Dieses Gewölbe wurde nach einer jahrtausendalten nubischen Technik erbaut.

SCHLAFZIMMER : alle Mauern der drei Schlafzimmer sind tragend ausgebildet. Die Kronen der Mauern sind abgerundet, um die sphärische Kuppel zu unterstützen. Die Kuppel wurde mit Hilfe eines "Zirkels" erbaut. Die Zwickel im oberen Teil der Kuppel wurde dann zu einem Flachdach aufgeschüttet. Es wurde zuerst mit einem leichten und isolierenden Stoff gefüllt, nämlich mit Kokosnußschale. Dann wurden drei Schichten mit verschiedenen Bindemitteln ausgeführt :

1-Schicht : Reisschale + Lehm + Kalk

2-Schicht : Reisschale + Lehm

3-Schicht : Reisschale + Kalk + Sand + Zement.

Eine dünne Schicht aus Bitumen sichert die Dichtheit. Die Bitumenschicht wird von Platten aus leichtgebranntem Lehm (22 x 11 x 2,5 cm) abgedeckt.

Jedes Zimmer ist am höchsten Punkt des Gewölbes mit einer Öffnung für eine zenithale Belüftung versehen.

TREPPEN : die Treppen wurden in ganzem, nur mit luftgetrockneter Ziegel (ohne Stahl oder Holz) mit Hilfe einer Holzschalung gebaut. Dann wurden sie mit leichtgebrannte Platten verkleidet.

GASTZIMMER : dieser Raum ist im Grundriß rund und hat eine spitzböige Form (Gestaltung). Auf die Sohle aus Bruchsteinen wurde dieses Zimmer mit Hilfe eines "Zirkels" aus leichtgebranntem Ziegel als Außenwand und aus luftgetrocknete Ziegel als Innenwand gebaut : also ein zweischalige Wandkonstruktion mit einem Zwischenraum von 12 cm Breite.

Auch ist dieses Zimmer, zusätzlich zur die Fenstern, mit einer Öffnung für eine zenithale Belüftung versehen.

5 BAUARBEITEN

FUNDAMENT : die Natur des Grundstückes und das Niveau des Grundwassers haben die Dimensionen der Fundamente mitbestimmt : Tiefe 40 cm , Breite 70 cm und 20 cm über das Niveau des Terrains. Das ergibt eine gute Verteilung der Lasten und ein guten Schutz der Mauern gegen die Erosion, die meistens eine Folge des Abflusses des tropischen Regen ist. Alle Fundamente sind aus Bruchsteinen mit Kalk + Zement + Sand -Mörtel gebaut.

MAUERN UND DÄCHER : alle Mauern, sowie die spitzböigen und sphärischen Kuppeln der Wohnzimmer und der Schlafzimmer sind mit luftgetrockneten Ziegeln mit Abmessungen von 38 x 20 x 10 cm errichtet.

Die Gewölbe über der Küche und den Naßräumen sind aus kleineren luftgetrockneten Ziegeln von 30 x 14,5 x 6 cm gebaut.

Die leichtgebrannten Ziegel, die für das Bauen des Gastzimmers verwendet werden, haben dieselben Dimensionen 30 x 14,5 x 6 cm.

MÖRTEL : die Fugen der Mauern aus luftgetrockneten Ziegeln wurden mit Lehmörtel und Fugen der Bauteile aus Bruchsteinen sowie der Mauern aus leichtgebrannten Ziegeln wurden mit Kal-Zement Mörtel ausgefüllt.

PUTZ UND VERKLEIDUNG : die Putze und Verkleidungen sollen den Bau gegen die Witterung schützen und ihm das gewünschte ästhetische Aussehen verleihen. Deswegen wurden sorgfältige Versuche gemacht um die Zusammensetzung eines guten Putzes zu garantieren. Es wurden eine Reihe von Baustoffen für die verschiedenen Proben verwendet : Kalk, Marmorpulver und -körnchen, Lehm, Sand, leichtgebrannter Lehm und Zement.

Das beste Ergebnis brachte ein Putz aus : Kalk, Sand und Lehm. Dieser Putzmörtel muß eine angemessene Zeit lang vorbehandelt und dann kurz vor seiner Verwendung mit einem geringen Anteil an Zement gemischt werden. Dieser Putz erwies sich am widerstandsfähigsten sowohl gegen Regen als auch gegen mechanische Beanspruchung.

Die ausgeführten Proben haben bestätigt, daß die Haltfestigkeit des Putzes von der Rauheit der zuputzenden Oberfläche abhängt.

Deswegen wurde die Ostfassade des Schlafzimmers (Ostfassaden werden in Bamako am meisten vom Regen betroffen), in besonderer Weise ausgeführt : der Putz wurde auf im Schachbrettmuster eingeschlagenen Nägel (gewöhnliche Nägel aus Stahl) aufgebracht.

Die obere Seite der Schlußmauern, die Fensterbrüstungen, der Innenhof, die Terrasse am Dach, sowie die hochführende Treppe, sind alle mit Platten aus leichtgebrannten Lehmziegeln (22 x 11 x 2,5 cm) verkleidet.

Der Boden in der Küche und in den Naßräumen ist mit Steingut ausgelegt.

Das Dach der Küche wurde mit Bruchfliesen aus gebranntem Lehm verkleidet.

Alle anderen Bauarbeiten (Elektrizitäts-, Installations-, Tischlerarbeit.....) wurden in üblicher Weise durchgeführt.

6 SCHLUSSFOLGERUNG:

Das Modell-Haus erfüllt die Wohnansprüche einer durchschnittlichen Familie von 5 Mitgliedern.

Der Anteil der lokalen Baustoffe und Bauteile beträgt mehr als 85 % der gesamten Baumasse.

Die gesamte Baukosten des Modell-Hauses (ohne dem Gastzimmer) beträge auf der Preisbasis 1994 rund US-\$ 13.000 (Jänner 1994).

Die Bruttonutzfläche des Hauses beträgt 180 m².

Die Nettonutzfläche (Erdgeschoß + Terrasse) umfaßt 120 m². Das sind je m² Bruttonutzfläche 72,2 US \$/m²
und je m² Nettonutzfläche 108,3 US \$/m².

Das Modell-Haus bietet aufgrund der klimaangepaßten Bauweise (hohe speicherwirksame Masse, gute Durchlüftungsmöglichkeit, zenithale Lüftung in Verbindung mit angemessener Raumhöhe) guten thermischen Comfort.

Die Durchführung von bauphysikalischen Messungen in Verbindung mit der praktische Wohnerprobung sollen den objektive Nachweis der hohen Wohnqualität erbringen.

Denn soll eine praktische Erprobung des angewandte Bausystems in größerem Maßstab folgen.

ZUSAMMENFASSUNG :

Aus der Analyse der bestehenden Wohnbauten in Mali geht hervor, daß die Bauweise im ruralen Bereich dem Klima sowie der Lebensweise der Bevölkerung angepaßt ist und dem Einkommen der Bewohner am ehesten entspricht.

Im Gegensatz dazu werden in den Städten die traditionellen Bauweisen durch importierte Bautechniken ersetzt, die oftmals den lokalen Gegebenheiten nicht angepaßt sind. Dadurch gibt es im urbanen Bereich sowohl schlechte Bauqualität als auch eine große Wohnungsnot, die durch die Diskrepanz zwischen den niedrigen Einkommen und den hohen Baukosten verstärkt wird (A. DIOP : Bericht über "Habitat urbain au Mali" in Sept. 1989 , "Seminaire National sur le Logement").

Nach "Shelter Africa" (eine internationale afrikanische Organisation mit Sitz in Kenia) machen in Afrika die Baustoffekosten bis zu 50 % der Baukosten aus. Daher ist es offensichtlich, daß die Verwendung von billigen Qualitätsbaustoffen ein wichtiger Beitrag zur Lösung der Wohnungsnot ist.

In Anbetracht der Wohnungsnot und auf der Suche nach einer angepaßten Lösung wurde in Bamako ein Modell-Haus aus Lehm gebaut.

Das Ziel dieses Versuches ist es, maximalen Comfort und größtmögliche Sicherheit bei relativ niedrigsten Baukosten zu schaffen (menschen- und umweltgerechtes Bauen).

Der Anteil der lokalen Baustoffe und Bauteile am Modell-Haus beträgt mehr als 85 % der gesamte Baumasse. Die verwendeten Baustoffe und -methoden wurden aufgrund ihrer Einfachheit und Preisgunst ausgewählt.

Die Bruttonutzfläche des Hauses beträgt 180 m².

Die Nettonutzfläche (Erdgeschoß + Terrasse) umfaßt 120 m².

Die Gesamtkosten des Modell-Hauses beträgt auf der Preisbasis 1994 rund US-\$ 13.000 ;

das sind je m² Bruttonutzfläche 72,2 US-\$/ m²

und je m² Nettonutzfläche 108,3 US-\$/m².

Das Modell-Haus bietet aufgrund der klimaangepaßten Bauweise (hohe speicherwirksame Masse, gute Durchlüftungsmöglichkeit, zenithale Lüftung in Verbindung mit angemessener Raumhöhe) gute thermischen Comfort. Die Durchführung von bauphysikalischen Messungen in Verbindung mit der praktische Wohnerprobung sollen den objektiven Nachweis der hohen Wohnqualität erbringen.

Darauf soll eine praktische Erprobung des angewandte Bausystems in größerem Maßstab folgen, um die Markteinführung in Mali vorzubereiten.