CRATerre

TRAITÉ DE CONSTRUCTION EN TERRE

Auteurs:
Hugo Houben, ingénieur, EAG-CRATerre
et
Hubert Guillaud, architecte, EAG-CRATerre

Pour le chapitre "Séismes":
Michel Dayre, ingénieur, IRIGM-CRATerre,
en collaboration avec
Pierre-Yves Bard, ingénieur, IRIGM
et **Guy Perrier**, professeur, USTMG

Illustrations:
Fabienne Dath, architecte

Avec la collaboration de:
Patrice Doat, architecte, EAG-CRATerre
Alain Hays, architecte, CRATerre
Silvia Matuk, architecte, CRATerre
François Vitoux, architecte, EAG-CRATerre
et **Titane Galer, Pierre-Eric Verney,**
Marcelo Tramontano et Anne Belmans.

Editions Parenthèses

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1
www.editionsparentheses.com

Exergue

La conférence internationale des Nations unies - Habitat sur les Etablissements humains insistait sur la nécessité de développer et de promouvoir des matériaux et des techniques de construction adaptés aux conditions locales. L'accent était mis sur la production et l'utilisation d'outils didactiques audio-visuels, d'une documentation et sur la stimulation des discussions dans le but de susciter la créativité et l'auto-développement des communautés locales. La scène internationale s'accordait pour reconnaître que la diffusion de l'information, la décentralisation de la connaissance sont les atouts majeurs du succès d'utilisation appropriée d'une technologie. Par ailleurs, la conférence soulignait le fait que la terre, parmi l'ensemble des matériaux utilisés par l'homme au cours de l'histoire, demeurait celui le plus employé par les populations à bas-revenus des pays en voie de développement. Les récentes recherches ont démontré que la terre offre de grandes potentialités de réponses au fantastique besoin de logement de millions d'êtres humains. Ce constat milite en faveur du développement d'une connaissance plus approfondie du matériau terre et de sa technologie qui permettra une amélioration progressive et très sensible de ses performances encore trop souvent mal utilisées. Aujourd'hui tous les efforts de recherche développés au cours de ces dernières années commencent à donner des résultats tangibles. Les scientifiques, technologues, architectes et bâtisseurs expérimentés ayant abondé dans ce sens sont enfin en mesure de transmettre leur savoir-faire, de passer de la petite échelle des expérimentations à l'action de projet à grande échelle qui implique une véritable organisation de la production. Ce nouveau stade dans l'utilisation du matériau terre contribuera sans doute à induire une accélération du processus favorable à son emploi et à l'amélioration des conditions de vie des populations les plus défavorisées. Mais pour s'assurer de cette contribution positive de la terre à la solution de la crise du logement économique, la prise de conscience de ses avantages et de ses exigences semble indispensable. Si les aspects techniques sont essentiels en matière de construction, il n'en reste pas moins nécessaire de prendre en compte et de diffuser la multitude des pratiques et savoir-faire en usage pour tendre à une efficacité maximale. C'est pourquoi nous ne pouvons que nous féliciter de la publication de l'*Encyclopédie de la construction en terre*. Il s'agit là d'un projet ambitieux dans la mesure où le but avoué des auteurs s'attache davantage à saisir dans son ensemble un domaine en constant mouvement qu'à en réaliser une synthèse, celle-ci risquant de s'avérer bien vite figée et obsolète. Ce projet inscrit dans le temps et la durée, dépassant le stade du simple "état des lieux", apparaît comme une prospective; il est en cela un vecteur de la dynamique d'un savoir en perpétuelle mutation. On observera que cette encyclopédie qui permet de formuler enfin un langage commun, une culture scientifique et technologique de la construction en terre répond non seulement au désir de la communauté scientifique de faire le point sur ce domaine de préoccupations mais aussi à l'attente des non-scientifiques désireux de comprendre les enjeux et les progrès de la connaissance. Cette publication n'a pas vocation de délivrer un savoir définitif; elle incite au contraire à une poursuite intensive des recherches dont les résultats marqueront la rationalisation de la technique, c'est-à-dire méthodes d'essais, règles pratiques et normes pour la construction. Elle embrasse en outre une large problématique: en amont aussi bien qu'en aval, elle questionne la totalité du processus de production, et en ce sens, en questionnant le "tout", elle induit une véritable "philosophie". Cet ouvrage fait donc figure d'une grande première dans le domaine des matériaux locaux: désormais, une technologie adaptée aux ressources appropriées fait l'objet d'une approche professionnelle au point de donner naissance à une "encyclopédie". Nous formulons le voeu que ce travail de longue haleine inauguré par la publication du premier volume de l'*Encyclopédie de la construction en terre* puisse être une source d'inspiration et susciter des entreprises équivalentes dans d'autres domaines technologiques, pour le profit d'une plus large communauté humaine désirant connaître, comprendre et employer les outils de son propre progrès et de son développement.

Maurice Fickelson,

Secrétaire général de la RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de recherches sur les Matériaux et les constructions).

Prof. Dr. Gy Sebestyen,

Secrétaire général du CIB (Conseil International du Bâtiment pour la recherche, l'étude et la documentation).

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Préface

Depuis 1979, l'équipe du laboratoire CRATerre-ENSAG (école nationale supérieure d'architecture de Grenoble) a entrepris un travail considérable d'actualisation des connaissances scientifiques et techniques sur la construction en terre crue. Cet investissement constant a été soutenu par la volonté de moderniser l'emploi de ce matériau de construction millénaire et modeste pour proposer une alternative aux architectures coûteuses en énergie et en devises. Cet objectif a toujours été associé à un fervent désir de rétablir un dialogue entre l'architecte et l'usager qui s'est vu peu à peu privé de sa participation légitime à l'acte de concevoir et de réaliser son cadre de vie par l'imposition de techniques de construction sophistiquées et peu accessibles à bien des égards, comme l'a d'ailleurs souligné la Stratégie Mondiale du Logement jusqu'en l'an 2000, proclamée par l'assemblée générale des Nations Unies, en décembre 1988. Les décideurs nationaux, tout comme la communauté internationale, sont réellement démunis devant le besoin crucial de logements économiques décents et doivent mobiliser la plus large gamme de ressources humaines et matérielles utiles, car ce ne sont pas les seuls matériaux industrialisés qui peuvent garantir l'accès massif au logement de tous les hommes dans le meilleur délai. Il faut donc aussi compter sur la terre crue et sur ses multiples potentialités techniques et architecturales. Les recherches et l'ensemble des activités du laboratoire s'inscrivent dans cette problématique. Depuis la première phase de son existence, le laboratoire n'a cessé d'approfondir et d'étendre son champ d'intérêt qui couvre l'architecture de terre, l'habitat économique, les matériaux à faible coût énergétique et les techniques de construction simples et économiques, l'industrialisation et la conservation des patrimoines. Il a de plus l'originalité d'associer recherches fondamentales, applications et interventions sur le terrain tout en ayant beaucoup développé ses activités de diffusion et de formation. En effet, le laboratoire mène, simultanément à son travail de recherche, d'autres activités qu'il considère comme indissociables, à savoir l'enseignement, l'assistance technique et la diffusion d'informations. Il a toujours intégré dans son action une importante dimension de formation dans la double perspective de favoriser le développement des connaissances, la maîtrise du matériau terre, l'amélioration de l'architecture de terre et de contribuer à la recherche de solutions concrètes aux problèmes de l'habitat économique. Il organise et assure des enseignements hautement spécialisés qui, ces dernières années, connaissent un développement très net et une diversification intéressants. En ce qui concerne la recherche sur les architectures de terre et l'habitat économique, le laboratoire occupe actuellement une position de pointe et jouit d'une excellente réputation dans les milieux spécialisés en France comme à l'étranger.

Ce Traité de construction en terre témoigne d'une éthique fortifiée par le souci d'une communication des savoirs destinée à favoriser une prise en charge, par les populations elles-mêmes, de la réalisation de leur habitat. Ce livre offre une synthèse unique et complète des connaissances actuelles dans ce nouveau domaine technologique et restitue l'expérience de terrain de CRATerre qui est aussi une garantie d'une pratique éprouvée et sûre. Il offre les outils d'une action qui peut être désormais instruite par les éléments clefs, théoriques, pratiques et didactiques, indispensables à l'extension utile d'un nouveau savoir-faire.

Jean Dethier

Architecte-conseil du Centre Georges Pompidou de 1975 à 2004.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

La conception et la mise en forme de notre *Traité de construction en terre* ont été dictées par le souci d'exposer la plus large panoplie de possibilités de solutions apportées par le matériau terre, afin de favoriser un choix raisonné de la part des décideurs. Connaître les potentialités réelles de ce matériau pour mieux les exploiter, et surtout pour ne pas mal les exploiter. Car l'emploi de ce matériau ne permet pas l'erreur. Car les possibilités de ce matériau ne sauraient être niées à cause de démonstrations ratées dues à l'ignorance ou même à des négligences.

La construction en terre peut être approchée à un niveau technique et même scientifique, à l'égal d'autres technologies de construction. L'effort actuel de recherche dans ce domaine le prouve. Ce matériau n'est pas limité dans ses applications, pour peu que l'on sache exploiter à bon escient la plus large gamme de ses qualités et pallier ses défauts.

Depuis les applications vernaculaires, qui cumulent des siècles d'expérience de terrain et un savoir-faire souvent très élaboré, jusqu'à la construction moderne qui a pu introduire un réel degré de sophistication et surtout une recherche technique très poussée, la construction en terre est riche de possibilités variées et d'une grande souplesse d'adaptation à des contextes pluriels. Il n'est pas possible de valoriser la démarche technologique par rapport à la démarche vernaculaire, ou vice versa. En effet, beaucoup de codes de bonne pratique traditionnels s'accordent aux standards contemporains : le savoir-faire "savant" rejoint le savoir-faire populaire et semble ne pas pouvoir le dépasser dans la justesse des solutions techniques ou architecturales proposées. Ces deux démarches portent également leurs qualités et leurs déficiences et peuvent s'accorder dans leur efficacité tout comme dans leur incohérence.

Le but que nous poursuivons avec ce livre n'est pas fondamentalement d'apporter du nouveau dans le domaine de la construction en terre mais surtout d'initier une nouvelle réflexion qui prenne en compte la globalité du processus de production. Il s'agit bien de donner les outils permettant de prendre des décisions et des choix raisonnés, sensés en favorisant un aller-retour permanent entre une approche globalisante des problèmes posés (où n'est pas seulement prise en compte la variable technique mais aussi les variables culturelles, sociales et économiques) et une approche soucieuse du détail.

Lorsqu'on l'aborde, la construction en terre peut sembler être un vaste puzzle très confus. Mais un long et lent travail montre que le puzzle peut être achevé en collectant et en ordonnant, en positionnant patiemment chaque pièce.

Notre volonté première a été de rassembler les pièces de cette information éparpillée dans une littérature abondante et universelle, puis de la classer, de l'ordonner, de la simplifier afin de la rendre accessible à un large public d'intérêts et de compétences. Aller à l'essentiel, en contenu de textes et d'illustrations volontairement cerné. Aborder tous les problèmes qui peuvent se poser, à différents niveaux : en amont, aux stades décisionnels et au fil des étapes logiques et ordonnées de l'élaboration, de la conception et de la réalisation des projets. Cette volonté de mise en ordre des connaissances accumulées devrait, si les objectifs ambitieux sont couverts, être porteuse d'une accessibilité à ces connaissances et surtout, d'un projet didactique. Car cet ouvrage devrait non seulement servir aux praticiens de terrain mais aussi aux promoteurs et acteurs d'une formation indispensable, en amont des applications.

Ce traité a donc également l'ambition de servir de manuel pratique et didactique ; il recherche l'audience de tous les acteurs des projets de construction en terre : des décideurs et planificateurs, des contrôleurs de travaux, des architectes et ingénieurs, des techniciens de tous niveaux, des entrepreneurs, des maçons et des tâcherons. Mais encore, des étudiants et chercheurs et du plus large public demandeur d'information.

Inévitablement, la volonté de classification et de simplification de cet ouvrage, conçu pour aller à l'essentiel à divers niveaux, renverra certains lecteurs à une demande d'information plus poussée. Les nombreuses références bibliographiques renvoient cette demande à une consultation d'ouvrages plus spécifiques ou à une consultation des auteurs de ce livre.

Nous espérons que ce livre sera inspirateur d'une formation indispensable et d'une pratique efficace et démonstrative.

Les auteurs, Grenoble, janvier 1989.

Hugo Houben Hubert Guillaud

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Table

Construire en terre **13**

101 Diversité 14
102 Universalité 16
103 Histoire: Afrique 18
104 Histoire: Europe et Méditerranée 20
105 Histoire: Orient 22
106 Histoire: Amérique 24

La terre **27**

201 Pédogenèse 28
202 Nature 30
203 Air et eau 32
204 Matières organiques et minérales 34
205 Argiles 36
206 Forces de liaison 38
207 Propriétés 40
208 Propriétés fondamentales 42
209 Classification géotechnique 44
210 Classification pédologique 46
211 Terres spécifiques 48
212 Localisation des terres 50

Identification des terres **53**

301 Prospection 54
302 Analyses préliminaires 56
303 Procédure de classification de terrain 58
304 Analyses visuelles des fines 60
305 Texture: granulométrie 62
306 Texture: diagrammes 64
307 Plasticité 66
308 Compressibilité 68
309 Cohésion 70
310 Minéralogie 72
311 Chimie 74
312 Classification géotechnique 76

Stabilisation **79**

401 Principes 80
402 Mécanismes 82
403 Densification par compression 84
404 Densification par gradation 86
405 Fibres 88
406 Ciment: principe 90
407 Ciment: application 92
408 Chaux: principe 94
409 Chaux: application 96
410 Bitume: principe 98
411 Bitume: Application 100
412 Résines 102
413 Produits naturels 104
414 Produits synthétiques 106
415 Produits commerciaux 108

Convenance des terres **111**

501 Terres: évaluation générale 112
502 Modes d'utilisation 114
503 Pisé 116
504 Adobe 118
505 Blocs comprimés 120
506 Stabilisation: évaluation générale 122
507 Fibres et minéraux 124
508 Ciment 126
509 Chaux 128
510 Bitume 130

Essais **133**

601 Principes 134
602 Identification et mise au point 136
603 Performances et caractéristiques 138
604 Contrôle et acceptation 140
605 Equipement de laboratoire 142

Caractéristiques **145**

701 Qualités du matériau 146
702 Caractéristiques mécaniques 148
703 Caractéristiques statiques 150
704 Caractéristiques hydriques 152
705 Caractéristiques physiques 154
706 Caractéristiques thermophysiques 156
707 Normes, standards, recommandations 158

Modes d'utilisation **161**

801 Modes d'utilisation de la terre 162
802 Terre creusée 164
803 Terre couvrante 166
804 Terre remplissante 168
805 Terre découpée 170
806 Terre comprimée 172
807 Terre façonnée 174
808 Terre empilée 176
809 Terre moulée 178
810 Terre extrudée 180
811 Terre coulée 182
812 Terre paille 184
813 Terre garnissage 186

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Procédés de construction **189**

901 Problématique de la production 190
902 Extraction et transport 192
903 Pulvérisation et malaxage 194
904 Pisé: production et produits 196
905 Pisé: préparation de la terre 198
906 Pisé: principes de coffrage 200
907 Pisé: types de coffrage 202
908 Pisé: coffrages d'angle 204
909 Pisé: dames 206
910 Adobe: production et produits 208
911 Adobe: préparation de la terre 210
912 Adobe: production manuelle 212
913 Adobe: production mécanisée 214
914 Blocs comprimés: production et produits 216
915 Blocs comprimés: pulvérisation 218
916 Blocs comprimés: tamisage et malaxage 220
917 Blocs comprimés: principes de compression 222
918 Blocs comprimés: types de presses 224
919 Blocs comprimés: presses manuelles 226
920 Blocs comprimés: presses motorisées 228
921 Blocs comprimés: unités foraines 230
922 Blocs comprimés: unités industrielles 232
923 Usines 234
924 Influence de la production sur le produit 236

Eléments de conception **241**

1001 Pathologie eau 242
1002 Pathologie structure 244
1003 Fondations: principes 246
1004 Fondations: exemples 248
1005 Soubassements: principes 250
1006 Soubassements: exemples 252
1007 Murs: principes et mortiers 254
1008 Murs: maçonnerie 256
1009 Murs: Liaisons et angles 258
1010 Murs: renforcements et chaînages 260
1011 Ouvertures: principes 262
1012 Ouvertures: exemples 264
1013 Ouvertures: arcs 266
1014 Pavements: principes 268
1015 Pavements: exemples 270
1016 Planchers: principes 272
1017 Planchers: exemples 274
1018 Toitures plates: principes 276
1019 Toitures plates: exemples 278
1020 Toitures inclinées: principes 280
1021 Toitures inclinées: exemples 282
1022 Voûtes: principes 284
1023 Voûtes: exemples 286
1024 Coupoles: principes 288
1025 Coupoles: exemples 290
1026 Atres et conduits de fumée 292
1027 Plomberie et électricité 294
1028 Rénovation et préservation 296

Constructions parasinistres **301**

1101 Séismes: origine et mécanismes 302
1102 Séismes: nature physique, magnitude et intensité 304
1103 Séismes: actions sur les sols et les structures 306
1104 Séismes: pathologie des constructions 308
1105 Séismes: objectifs du génie parasismique 310
1106 Séismes: principes de construction parasismique 312
1107 Séismes: exemples de recommandations 314
1108 Tempêtes: origine et mécanismes 316
1109 Tempêtes: exemples de recommandations 318
1110 Inondations: origine et mécanismes 320
1111 Inondations: exemples de recommandations 322

Protection de surface **325**

1201 Réflexions de base 326
1202 Revêtements 328
1203 Enduits sans terre 330
1204 Enduits en terre 332
1205 Peintures et imprégnations 334
1206 Badigeons 336
1207 Coulis 338
1208 Pathologie 340
1209 Bonnes pratiques 342
1210 Accrochage 344
1211 Finitions et décorations 346
1212 Essais 348

Bibliographie **353**

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1
www.editionsparentheses.com

Depuis près de 10.000 ans que les hommes bâtissent des villes, la terre crue a été et demeure, à travers les traditions historiques et populaires, l'un des principaux matériaux de construction utilisés sur notre planète. C'est ainsi que plus d'un tiers des habitants du globe vit aujourd'hui dans des habitats en terre.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Construire en terre, c'est construire avec un matériau que l'on foule aux pieds tous les jours. Mais la terre ne peut être employée en construction que si elle offre une bonne cohésion propre, principalement due à la présence d'argile qui joue le rôle de liant naturel.

En maintes contrées dont les paysages familiers en sont très souvent richement marqués, l'architecture de terre est véritablement un témoignage vivant de l'histoire et de la culture des peuples.

De la tradition de construire en terre, on dénombre de très nombreux modes de construction avec une infinité de variantes qui traduisent l'identité des lieux et des cultures. On connaît principalement douze modes d'utilisation de la terre en construction. Parmi ceux-ci, sept sont très couramment employés et constituent les genres techniques majeurs.

Adobe : la brique séchée au soleil est plus communément connue sous le nom d'adobe. Les briques d'adobe sont moulées à partir d'une terre maléable souvent ajoutée de paille. A l'origine, ces briques étaient formées à la main. Plus tard (et encore aujourd'hui), elles seront fabriquées manuellement à l'aide de moules à formes prismatiques variées en bois ou en métal. Actuellement, on emploie également des machines.

Pisé : la terre est comprimée en masse avec un pilon dans des banches, couche par couche, et banchée par banchée. Traditionnellement, ces outils sont en bois.

Terre-paille : pour cette technique, la terre utilisée doit avoir une bonne cohésion. Elle est dispersée dans de l'eau jusqu'à l'obtention d'une barbotine homogène, que l'on verse sur de la paille, jusqu'à enrober chaque brin. Au séchage, on obtient un matériau dont la texture est essentiellement celle de la paille.

Torchis : une structure en colombages et claies de bois est hourdée avec une ou plusieurs couches de terre. Cette terre argileuse, amendée de paille ou d'autres fibres, constitue les parois de la bâtisse.

Façonnage : cette technique ancestrale est toujours fréquemment utilisée. La terre est façonnée de la même façon que pour la poterie, sans outils.

Blocs comprimés : pendant longtemps, on a fabriqué des blocs de terre à l'aide de moules dans lesquels on comprimait la terre à l'aide d'un petit pilon ou en rabattant avec force un couvercle très lourd. Ce procédé a été mécanisé et on utilise aujourd'hui des presses de toutes sortes. Les produits obtenus sont extrêmement variés.

Bauge : ce procédé consiste à empiler des boules de terre les unes sur les autres et à les tasser légèrement à l'aide des mains ou des pieds jusqu'à confectionner des murs monolithiques. Habituellement, la terre est amendée de fibres de natures diverses.

Aujourd'hui, ce sont les techniques de l'adobe, du pisé et du bloc comprimé qui sont les plus à l'honneur et même abordées à un très haut niveau de recherche scientifique et technologique. On peut regretter que ces trois genres techniques majeurs s'imposent au détriment des autres dont l'intérêt n'a pas été encore épuisé.

Grande diversité d'applications

Les techniques de construction en terre évoquées sont d'une grande souplesse d'emploi et permettent la construction d'une grande variété de composants et de systèmes constructifs :

- Fondations
- Soubassement
- Murs et piliers
- Ouvertures
- Planchers et pavements
- Toitures plates et inclinées
- Voûtes et coupoles
- Couvertures en tuiles
- Eléments d'isolation
- Escaliers
- Cheminées
- Mobilier intégré
- Claustras
- etc.

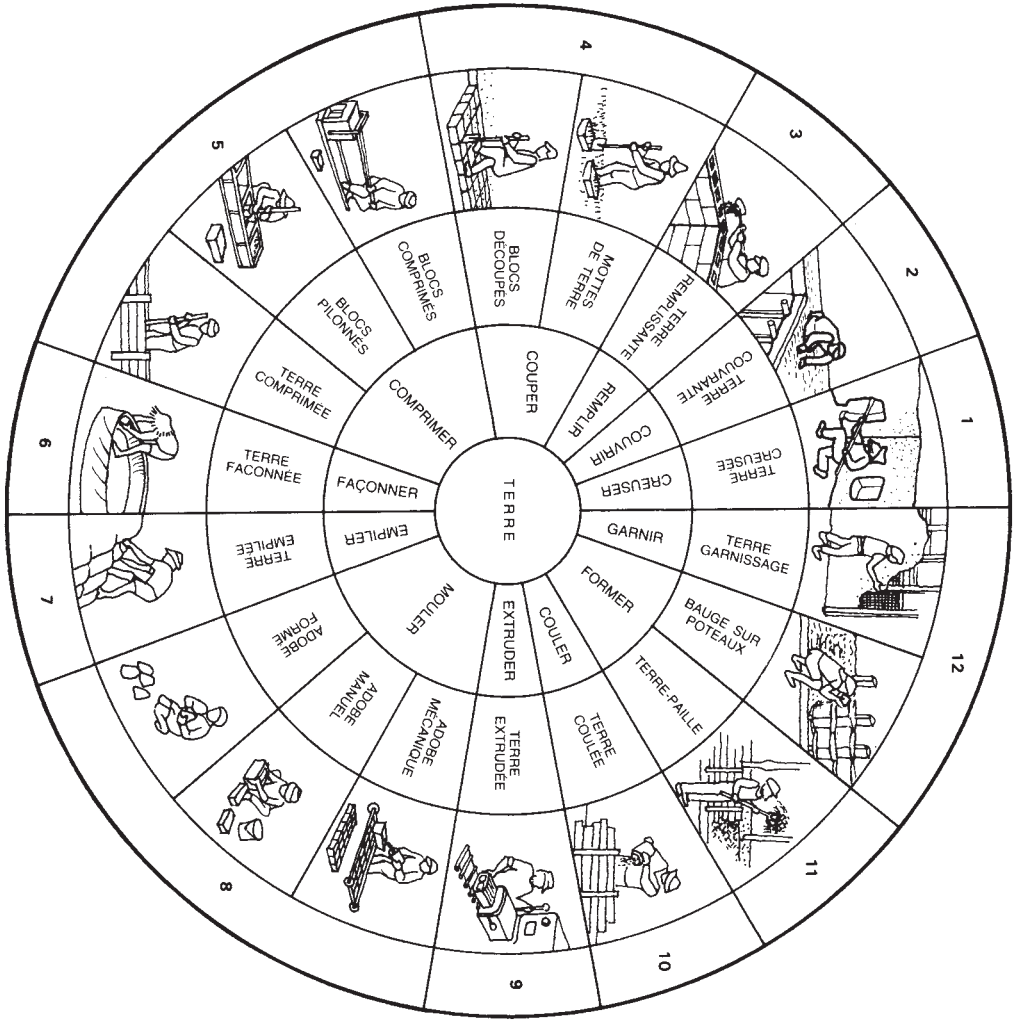
Ces éléments ne sont pas les seuls à pouvoir être réalisés en terre. On connaît aussi de très nombreuses applications autres que celles qui rélèvent du seul domaine de l'habitat :

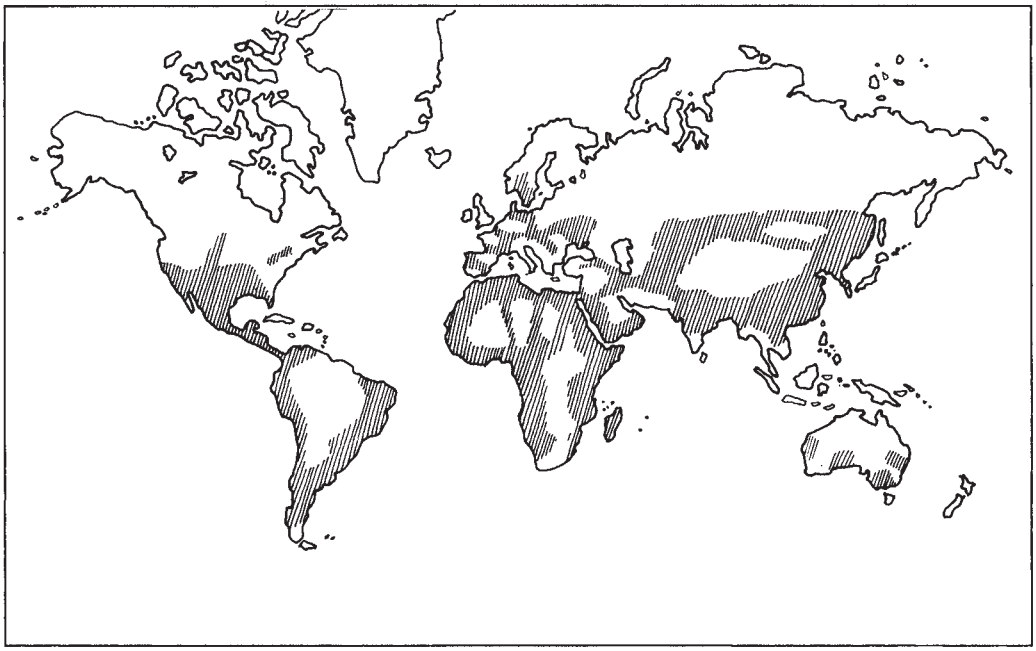
- Caniveaux
- Canaux et réservoirs
- Ponts et aqueducs
- Parkings et pistes d'atterrissage
- Routes
- Barrages
- etc.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

 ISBN 2-86364-161-1



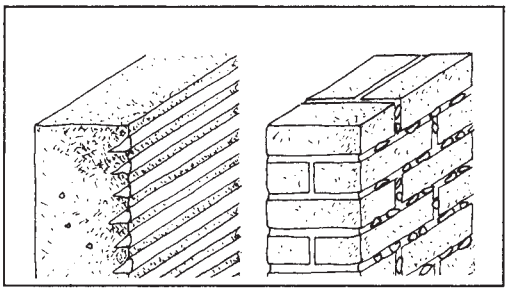


30 % de la population mondiale, soit près de 1 500 000 000 d'êtres humains, vit dans un habitat en terre. Pour les seuls pays en voie de développement, il s'agit de 50 % de la population, en majorité rurale, et au moins 20 % de la population urbaine et péri-urbaine. Il se peut même que ces chiffres soient en deçà des réalités. Plusieurs auteurs confirment cette hypothèse. On a ainsi constaté que 60 % des habitations du Pérou sont bâties en adobe ou en pisé. A Kigali, capitale du Rwanda, 38 % des logements sont en terre. En Inde, le recensement de 1971 établissait que 72,20 % du parc immobilier est construit en terre : 67 millions de maisons où vivent près de 375 millions de personnes. Sur le continent africain, la plus grande partie des constructions rurales et même urbaines sont en "banco" (Afrique de l'Ouest), en "thobe" (Egypte et régions septentrionales), en "daga" (Sud-Est africain) ou en "leuh" (Maroc). Cette diversité linguistique bien compréhensible exprime aussi la variété des techniques de construction et une connaissance très affinée des possibilités techniques qu'offre la terre, maîtrisées depuis les âges les plus lointains.

Du plus humble habitat en concessions aux greniers multiformes, des palais des rives du Niger aux ksour et kasbah du Sud marocain, des maisons-forteresses de l'ethnie Somba du Bénin aux cases-obus de l'ethnie Mousgoum du Cameroun, des maisons urbaines aux mosquées du Mali (Djenné, Mopti) — l'architecture de terre du continent africain traduit le génie du lieu, du matériau et du bâtisseur. Ce génie architectural de la terre est aussi de mise dans les pays d'Orient. En Iran, creuset de l'ancienne Perse, en Irak, berceau de Sumer, en Afghanistan, au Yémen du Nord et du Sud. Les techniques de la voûte et de la coupole en briques crues furent portées à leur perfection en Iran comme en témoignent de nombreuses cités — Bam, Yazd, Seojane, Tabriz. A Shîbam, Yémen du Sud, ce sont des immeubles en bauge de dix étages ou plus. En Chine, au Henan et au Shânxi, au Gansu, ce ne sont pas moins de dix millions d'habitants qui vivent dans un habitat en terre creusé dans l'épaisseur de la ceinture de lœss.

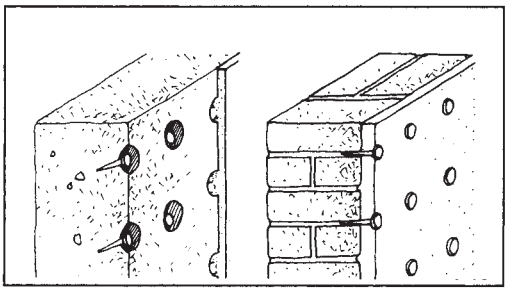
/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com



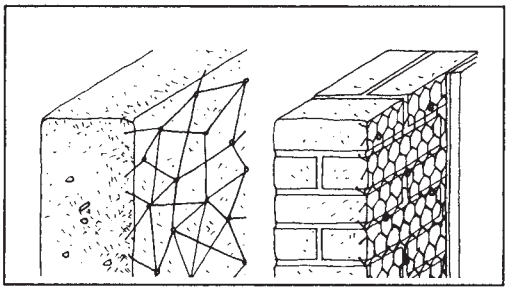
6 - Points d'accrochage

(Supports 1, 2, 3, 4, 5, 6). Le mur est incrusté de fragments solides, éclats de pierre ou tessons de poterie. Cette incrustation est aisée sur des murs de terre frais en bauge ou même sur du torchis. Les éclats sont incrustés en oblique. Sur des murs en blocs ou en adobe, les éclats sont incrustés dans le mortier de pose frais. On peut aussi prévoir des points d'accrochage de même composition que l'enduit : filets de chaux inclus dans l'épaisseur extérieure du pisé.



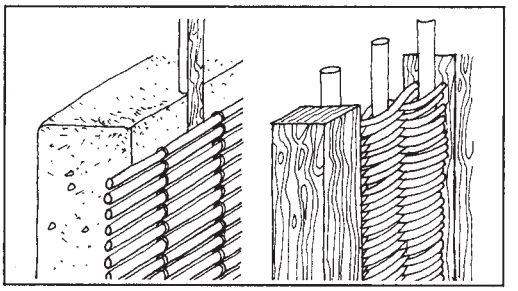
7 - Cloutage

(Supports 1, 2, 4, 5). Les clous sont de préférence galvanisés et longs (min. 8 cm), à large tête plate. Ils sont plantés selon un maillage régulier, en trame triangulaire et distants de 10 à 15 cm. Ils peuvent gêner la pose de l'enduit ; ainsi peut-on prévoir de percer des trous dans lesquels sont plantés les clous qui affleurent le support ou les planter après la réalisation du gobetage, également affleurent.



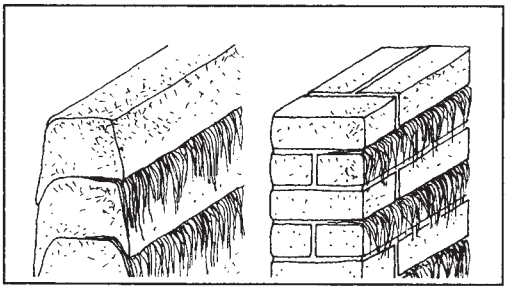
8 - Treillis

(Supports 1, 2, 3, 4, 5, 6). Un grillage à poule traditionnel (maille hexagonale) peut être employé, si possible galvanisé (façades exposées aux intempéries) bien que le non galvanisé ait une meilleure adhérence. Le grillage est fixé à l'aide de clous entortillés dans la maille et plantés en trame régulière, triangulaire, distants de 10 à 15 cm. Du fil de fer peut être tissé sur un cloutage préalable du mur. Des techniques traditionnelles telles que le pisé à gabion ou le torchis entre clayonnage réalisent un treillis d'accrochage.



9 - Clayonnages

(Supports 1, 2, 3). Certaines techniques laissent apparaître un clayonnage. C'est le cas du torchis ou de la bauge en garnissage de claies, ou même du pisé à coffrage perdu en roseaux. C'est aussi parfois le cas de la terre-paille lourde que l'on recouvre d'un canis ou de treillis de roseaux qui accrochent l'enduit.



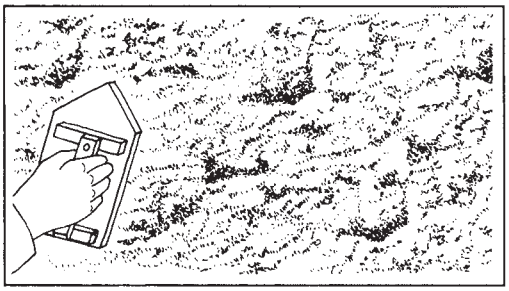
10 - Fibres

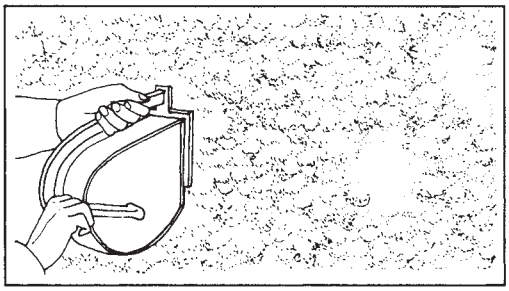
(Supports 2, 4, 5). L'Université de Nairobi a testé un revêtement mural qui combine l'emploi du ciment et les fibres de sisal. Le mélange est appliqué en première couche et les fibres de sisal courtes restent apparentes, facilitant l'adhérence des couches de finition. Le sisal peut être remplacé par d'autres fibres naturelles (coco, chanvre, etc.) ou artificielles (polypropylène fibrillé), des crins d'animaux ou du tissu (jute).

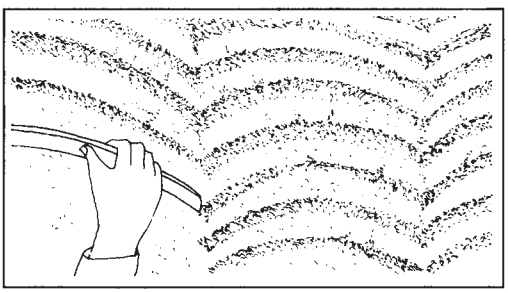
/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

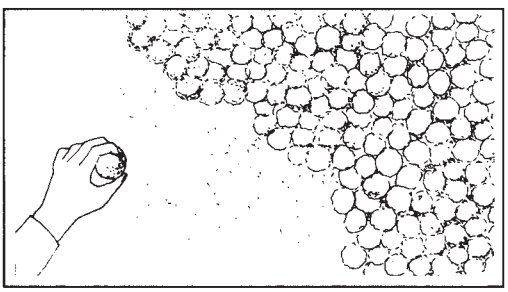
www.editionsparentheses.com

1211 Finitions et décorations









Finitions

Au-delà de leur seule fonction de protection des murs, en intérieur comme en extérieur, les revêtements de surface jouent aussi un rôle d'ornementation de l'architecture. Cette part de l'enduit dans la finition et le décor des bâtiments est manifeste en maintes contrées et valorisée depuis les temps immémoriaux. Ce sont autant de techniques ou de gestes coutumiers qui exploitent des possibilités aussi diverses que texture ou grain de la couche de finition, reliefs travaillés dans la masse du mur ou dans l'épaisseur de l'enduit, couleurs, placages divers d'éléments rapportés. Les finitions de la couche d'enduit apparente sont soit effectuées manuellement, soit à l'aide d'outils traditionnels de maçonnerie (truelle, taloche, gratton, etc.) ou même mécaniquement à l'aide de matériels de projection.

Les différents traitements de surface du parement, pour obtenir l'aspect final, s'effectuent soit avant durcissement (enduits talochés ou à finition rustique) soit après durcissement (enduits grattés ou grésés).

En règle générale, les finitions intérieures sont souvent lisses pour réduire l'accrochage de la poussière due à l'activité intérieure et les finitions extérieures plutôt rugueuses ayant notamment l'avantage d'être moins sensibles aux fissurations ou aux défauts du support.

— **Finition lisse :** surtout réalisée en intérieur, dressée à la règle puis à la taloche.

— **Finition grattée :** l'enduit taloché est gratté après durcissement soit à l'aide de lames métalliques, soit à l'aide de grattons à semelle munie de pointes en acier. Une fois l'enduit sec, une projection d'air ou d'eau permet un dépoussiérage.

— **Finition rustique :** l'enduit est projeté par truellées franches, chacune recouvrant la précédente. Projeté à la truelle par fouettage, l'enduit forme des grains épars et irréguliers.

— **Finition granulée :** l'enduit a un aspect brut de projection (tyrolienne, sablon ou pneumatique) à petits ou gros grains selon les réglages du matériel de projection. Réduit la fissuration.

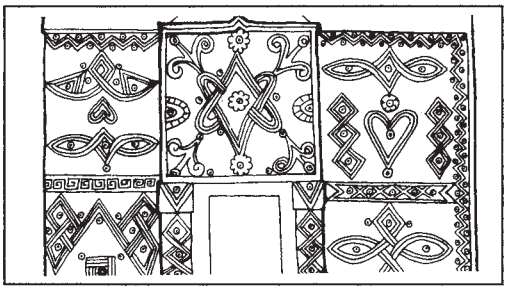
— **Finition rustique écrasée :** le parement qui est d'abord granulé est ensuite écrasé à l'aide d'une taloche ou d'un platoir.

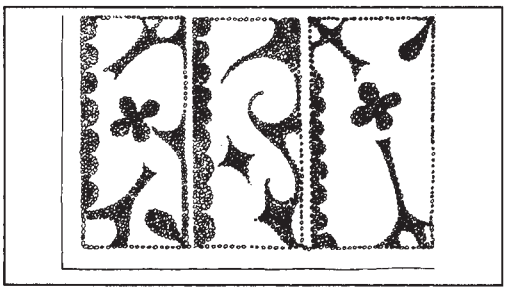
— **Finition fouettée :** l'enduit fraîchement appliqué est fouetté avec un balai ou avec des fibres souples (tiges de palme).

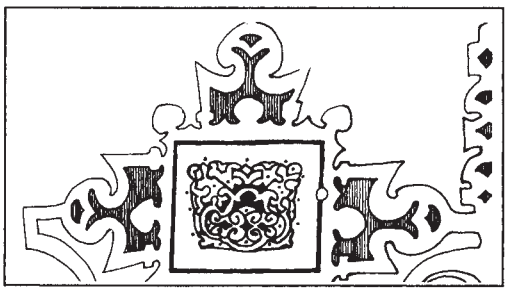
— **Finition avec granulats projetés :** des gros sables ou petits cailloux, éclats de pierres ou de coquillages sont projetés sur l'enduit fraîchement appliqué. Cette finition sablée ou cailloutée réduit notoirement la fissuration.

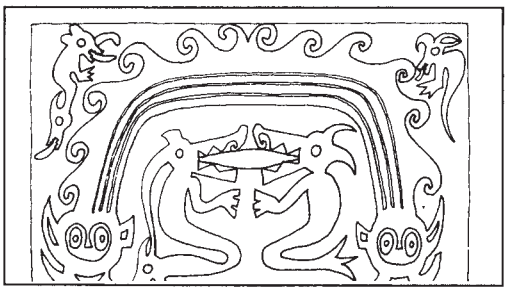
/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

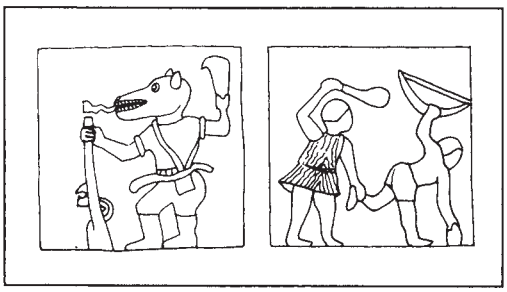
www.editionsparentheses.com











Décorations

Le décor est le véhicule des systèmes de valeurs des sociétés et restitue l'identité des communautés, transmet des signes relevant de la morale ou de l'éthique des peuples. L'architecture de terre africaine est à cet égard d'une richesse incomparable. Le décor y est tout à la fois esthétique, magique ou religieux, apotropaïque (protecteur) ou fondamentalement utilitaire.

Le décor fait jouer à la fois la forme, le relief du parement, la couleur (la variété des pigments naturels ou aujourd'hui artificiels), l'ombre et la lumière. On connaît les reliefs zoomorphes de Chan Chan (Grand Chinù, Pérou) et les reliefs floraux ou végétaux, géométriques aussi des maisons urbaines du Niger ou de maintes ethnies (Hausa, Dogon, Swahili, Asante, Suku, Lobi, etc.). Les variantes du décor géométrique peint ou modelé, sculpté dans l'épaisseur du mur, rapporté par moulage, sont légion. Mais ce sont aussi des décorations plus simples du type placage de boules de terre (Sahara) qui favorise un moindre retrait (répétition de la forme demi-sphérique des boules aplaties), qui apporte un agrément thermique d'ombres permanentes et qui rompt le ruissellement. Le décor, c'est aussi l'antique tradition des enduits à fresques peintes, la peinture murale africaine des peuples Kru, Toma, Kisi, Asante, Ubangui, qui joue principalement sur les contrastes du noir et du blanc, de l'ocre et du rouge, ou la tradition du placage céramique connu depuis Babylone (porte d'Ishtar) et toujours actuelle avec les zéliges du Maroc.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1
www.editionsparentheses.com

De nombreux essais normalisés existent, qui visent à tester la qualité des enduits et notamment le comportement du couple indissociable support-enduit. Car l'objet des essais sur enduit est principalement de trouver un enduit dont le comportement sera convenable, dans le temps, sur un support caractérisé et en fonction de critères de comportement sélectionnés par l'utilisateur (fréquence d'entretien, résistance aux agents climatiques et mécaniques). Les essais de laboratoire sont nombreux et périodiquement renouvelés par divers centres de recherche mais leur valeur n'est pas universelle et leur interprétation péche par manque de concordance entre les conditions idéales de laboratoire et les conditions d'exploitation réelle dans le temps. C'est pourtant bien la durée qui demeure finalement le seul test vraiment sûr. Pour des recettes d'enduit éprouvées en exposition naturelle, il ne sera pas utile de pratiquer des essais d'enduit sur support, dans la mesure où, bien sûr, le savoir-faire est confirmé. Parmi les essais usuels qui concernent les enduits moins connus ou nouveaux ou dont le savoir-faire a pu s'altérer, certains concernent les caractéristiques propres de l'enduit. Ces essais sont soit réalisés sur le mortier frais, sur chantier et concernent le contrôle des constituants, le temps de prise, l'ouvrabilité, la résistance mécanique et l'absorption capillaire du mortier ; ils sont classiques et faciles à effectuer. Soit réalisés sur mortier durci. D'autres essais visent à tester le comportement du couple enduit-support.

1 - Essais sur enduits durcis

— Essais de masse volumique apparente.
— Essais de variation des caractéristiques mécaniques à l'état humide.
— Essais de résistance mécanique à la compression, à la traction, au cisaillement.
— Modules d'élasticité dynamique et transversale.
— Variations dimensionnelles, variations pondérales.
— Essais de dureté superficielle, d'épaisseur des couches, de profondeur carbonatée.
— Essais de teneur en eau, d'absorption d'eau par capillarité, par gravité.
— Essais de résistance à la diffusion de la vapeur, de perméabilité à la vapeur.
— Essais d'érosion à l'eau, au ruissellement.
— Essais de résistance à l'usure.
— Essais de facilité de clouage, d'entretien.

Tous ces essais et d'autres encore sont bien décrits dans la littérature spécialisée.

2 - Essais à petite échelle

Ces essais peuvent être intéressants mais demeurent limités car ils ne tiennent pas compte du comportement général du mur enduit, s'en tenant à des morceaux. Bien que scientifiques, ces essais sont loin de restituer les conditions d'exploitation réelle.

Porosité ouverte : l'échantillon est d'abord desséché (air sec ou étuve) jusqu'à poids constant. Il est ensuite immergé complètement (plusieurs procédures) puis essuyé en surface (chiffon humide) et pesé. La porosité s'exprime en % selon le rapport $\frac{P'-P}{P} \times 100$ (P = poids sec ; P' = poids imbibé d'eau).

Teneur en eau : mesurée soit à partir de la résistivité du matériau à l'aide d'un appareil à deux électrodes enfoncées dans l'enduit, soit à l'aide d'une sorte de condensateur plat appliqué sur l'enduit et à la lecture directe sur cadran de mesure.

Capacité d'absorption : on fait pénétrer de l'eau sous pression à la surface de l'enduit. On note la quantité d'eau traversant une surface déterminée pendant un temps donné, avec une chambre plate appliquée à l'aide d'un mastic d'étanchéité et reliée à un récipient à niveau fixé (pour une pression constante). On peut aussi immerger une brique enduite sur toutes ses faces et apprécier la différence de poids avant et après immersion.

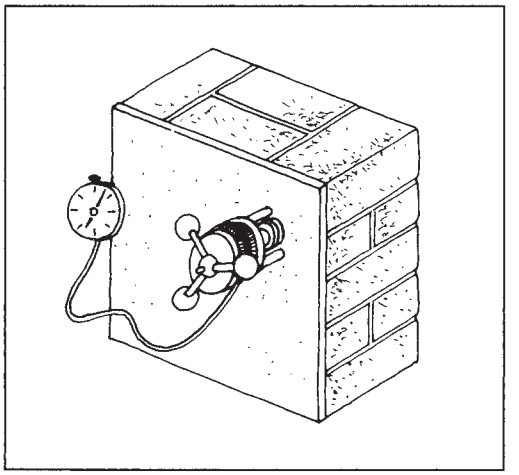
Erosion : par aspersion au jet sous pression ou par gouttes tombant sur le matériau.

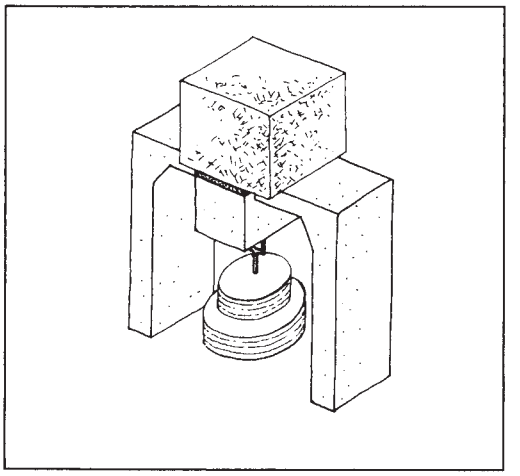
Essais d'adhérence : l'adhérence se mesure à l'aide d'un dynamomètre à soufflet avec lequel on arrache une pastille (50 mm) de la surface d'enduit découpée au préalable à l'aide d'une carotteuse sur une profondeur un peu supérieure à celle de l'enduit. La pastille est collée sur un disque de métal avec une colle appropriée. L'adhérence est bonne si la rupture se fait dans l'enduit ; autrement, elle se fait au niveau de l'accrochage enduit-support.

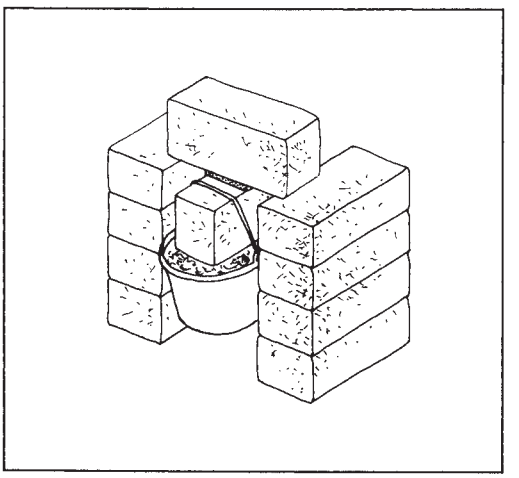
— Une autre procédure est énoncée par la norme belge B14-210. Une plaque ronde (∅ 8 cm) ou carrée (10 x 10 ou 15 x 15 cm) est fixée au crépi durci avec une colle de résine époxy. La couche d'enduit est sciée à côté de la plaque collée jusqu'à la profondeur du support. L'ensemble est ensuite arraché à l'aide d'un appareil manuel ou hydraulique.

— Un autre essai d'adhérence d'enduit sur pisé a été testé au Maroc. Sur une éprouvette en pisé enduite, un bloc de béton poreux était collé et l'effort de traction était exercé sur un anneau scellé dans l'axe du bloc. Le test imposait une adhérence entre enduit et pisé de 1 kg/cm².

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1
www.editionsparentheses.com







3 - Essais à grande échelle

Vieillissement accéléré : ce test doit si possible restituer les conditions climatiques locales. Le cycle de vieillissement par exposition à la chaleur, à la pluie et au gel doit être bien défini pour une bonne interprétation du test car il s'agit de jauger les réponses aux sollicitations plutôt que de constater un état après vieillissement.

Vieillissement naturel : le comportement des enduits, dans le temps, est observé sur des murets exposés aux conditions atmosphériques naturelles. Il convient de veiller à une bonne orientation des murets par rapport aux pluies et aux vents dominants. Ce test a été pratiqué en plusieurs pays mais c'est au Sénégal et aux U.S.A. qu'il a été réalisé à grande échelle et a fait l'objet d'une analyse après plusieurs dizaines d'années. Néanmoins, l'interprétation concerne davantage le comportement de murs de clôture que celui de murs d'habitations : pas d'étude de migration de vapeur qui affecte le plus les enduits.

Les murets ont une surface exposée minimale de 1 m². Ils sont soumis aux plus fortes sollicitations climatiques de la région. Ils sont couverts d'un chapeau étanche débordant de 10 cm, muni d'un larmier. Les murets sont isolés du sol par un soubassement haut d'au moins 25 cm et pourvu d'une barrière anticapillaire. L'enduit arrive jusqu'à 2 cm du chapeau et jusqu'au soubassement, sans les toucher. Un an au minimum mais plutôt deux à trois ans sont nécessaires pour tirer les premières conclusions qui ne tiendront pas compte des désordres subis par les arêtes des murets.

4 - Bâtiments ou panneaux de bâtiments

Des essais d'exposition naturelle de bâtiments ou de panneaux de bâtiments ont été réalisés aux U.S.A., en Grande-Bretagne et quelques autres pays. Aucun de ces bâtiments n'a été soumis aux cycles normaux d'occupation et les différentes orientations d'exposition ne permettent pas d'établir des comparaisons.

En fait, le meilleur champ d'expérimentation et d'observation est constitué par le patrimoine construit existant.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Références

- Afshar, F. et al. "Mobilizing indigenous resources for earthquake construction". In *International journal IAHS,* New York, Pergamon press, 1978.
- AGRA. *Recommandations pour la conception des bâtiments du village terre.* Grenoble, AGRA, 1982.
- Ahmed Hassan Hamid. *Asphalt based coating.* Roorkee, CBRI, 1972.
- Alcock, A. *Swishcrete ; notes on stabilized cement-earth building in the Gold Coast.* Kumasi, BRS, 1953.
- An. *Maisons en terre.* Paris, CRET, 1956.
- Aslam, M. ; Satya, R.C. *Technical note on surface waterproofing of mudwalls.* Roorkee, CBRI, 1973.
- BCEOM. *La construction en béton de terre.* Paris, Service de l'habitat, 1952.
- Bona, T. *Manuel des constructions rurales.* Librairie agricole de la maison rurale, 1950.
- Brigaux, G. *La maçonnerie.* Paris, Eyrolles, 1976.
- Bureau de l'habitat rural. *Surfaçage des parpaings de terre et badigeonnage.* Dakar, Direction de l'habitat et de l'urbanisme des TP et transports, 1963.
- Chatterji, A.K. "Les efflorescences dans les ouvrages en briques". In *Bâtiment build international,* Paris, CSTB, 1970.
- CINVA. *Le béton de terre stabilisé, son emploi dans la construction.* New York, Nations Unies, 1964.
- CRATerre. "Casas de tierra". In *Minka,* Huankayo, Grupo Talpuy, 1982.
- Cytryn, S. *Soil construction.* Jerusalem, the Weizman science press of Israel, 1957.
- Dayre, M. *Commentaires de la fiche "Laboratoire tiers monde" UPA 6, concernant la recherche "Protection du matériau terre".* Grenoble, AGRA, 1982.
- Dayre, M. *Conseils pour la réalisation d'enduits de façade.* Privas, DDE Ardèche, 1982.
- Delarue, J. "Etude du pisé de ciment au Maroc". In *Bulletin RILEM,* Paris, 1954.
- Delaval, B. *La construction en béton de terre.* Alger, LNTBP, 1971.
- Denyer, S. *African traditional architecture.* New York, Africana, 1978.
- Des Lauriers, T. *Projets Addis-Abeba.* Addis-Abeba, REXCOOP/MUDH, 1983.
- Dethier, J. *Des architectures de terre.* Paris, CCI, 1981.
- Doat, P. et al. *Construire en terre.* Paris, éditions Alternatives et Parallèles, 1979.
- Dreyfus, J. *Manuel de la construction en terre stabilisée en AOF.* Dakar Haut commissariat en AOF, 1954.
- Dreyfus, J. "Peintures et moyens de protection divers pour construction en terre ou en terre stabilisée". In *Peintures, pigments, vernis.*
- Duriez, M. ; Arrambide, J. *Etude sur les enduits et rejointoiements.* Paris, Dunod, 1962.
- Ephoevi-Ga, F. "La protection des murs en banco". In *Bulletin d'information,* Cacavelli, CCL, 1978.
- Fitzmaurice. *Manuel de constructions en béton de terre stabilisé.* New York, Nations Unies, 1958.
- Gardi, R. *Maisons africaines.* Paris-Bruxelles, Elsevier Séquoia, 1974.
- Gratwick, R.T. *Dampness in buildings.* London, Crosby Lockwood and Son, 1962.
- Grésillon, J.M. ; Dourthe, V. "Un matériau pour les constructions rurales, la brique bi-couche". In *Bulletin technique,* Ouagadougou, EIER, 1981.
- Groben, E.W. *Adobe architecture its design and construction.* New York, US department of agriculture forest service, 1941.
- Guidoni, E. *Primitive architecture.* New York, Harry N. Abrams, 1975.
- Guillaud, H. *Histoire et actualité de la construction en terre.* Marseille, UPA Marseille-Luminy, 1980.
- Hammond, A.A. "Prolongation de la durée de vie des constructions en terre sous les tropiques". In *Bâtiment Build International,* Paris, CSTB, 1973.
- Housing and home finance agency. "A cheap coating for unstabilized earth walls". In *Ideas and methods exchange,* Washington, Office of international affairs, 1961.
- International Institute of Housing Technology. *The manufacture of asphalt emulsion stabilized soil bricks and brick maker's manual.* Fresno, IIHT/ 1972.
- Kahane, J. *Local materials, a self-builders manual.* London, Publications distribution, 1978.
- Kern, K. *The owner built home.* New York, Charles Scribner's sons, 1975.
- Kienlin. "Le béton de terre". In *Revue génie militaire,* Paris, 1947.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

- L'Hermite, R. *Au pied du mur.* Paris, Eyrolles, 1969.
- Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et institut de recherches. *Directives pour l'exécution de crépissages.* Dübendorf, LFEMIR, 1968.
- Letertre ; Renaud. *Technologie du bâtiment. Gros œuvre. Travaux de maçonneries et finitions.* Paris, Foucher, 1978.
- Maggiolo, R. *Construcción con tierra.* Lima, Comissión ejecutiva inter-ministerial de cooperación popular, 1964.
- Manson, J.L. ; Weller, H.O. *Building in cob and pisé de terre.* BRB, 1922.
- Mc Calmont, J.R. *Experimental results with rammed earth construction.* American society of agricultural engineers. St-Joseph, 1943.
- Mc Henry, P.G. *Adobe build it yourself.* Tucson, The university of Arizona press, 1974.
- Middleton, G.F. *Earth wall construction.* Sydney, Commonwealth experimental building station, 1952.
- Miller, L.A. & D.J. *Manual for building a rammed earth wall.* Greeley, REII, 1980.
- Miller, T. et al. *Lehmbaufibel.* Weimar, Forschungsgemeinschaften Hochschule, 1947.
- Ministère des affaires culturelles. *Vocabulaire de l'architecture.* Paris, Imprimerie Nationale, 1972.
- Morse, R. Plastic-C coating. *Plastic-B/C/D.* Priv. com. New York, 1977.
- Museum of New Mexico. "Adobe past and present". In *El Palacio,* Santa Fe, 1974.
- Neubauer, L.W. *Adobe construction methods.* Berkeley, University of California, 1964.
- Palafitte jeunesse. *Minimôme découvre la terre.* Grenoble, Palafitte Jeunesse, 1975.
- Patty, R.L. "Paints and plasters for rammed earth walls". In *Agricultural experiment station bulletin.* South Dakota State College, 1940.
- PGC-CSTC. Priv. com. Brussels, 1984.
- Plancherel, J.M. *Briques en terre séchée revêtue de planelles en terre cuite.* Lausanne, Ecole Polytechnique de Lausanne, 1983.
- Pollack, E. ; Richter, E. *Technik des Lehmbaues.* Berlin, Verlag Technik, 1952.
- Simonnet, J. *Recommandations pour la conception et l'exécution de bâtiments en géobéton.* Abidjan, LBTP, 1979.
- Soltner, D. *Les bases de la production végétale.* Angers, collection sciences et techniques agricoles, 1982.
- UNCHS. "Construction with sisal cement". In *Technical notes.* Nairobi, UNCHS (Habitat), 1981.
- Van Den Branden, F. ; Hartsell, T. *Plastering skill and practice.* Chicago, American Technical Society, 1971.
- Williams-Ellis, C. ; Eastwick-Field, J. & E. *Building in earth, pisé and stabilized earth.* London, Country Life, 1947.
- Wolfskill, L.A. et al. *Bâtir en terre.* Paris, CRET

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

 ISBN 2-86364-161-1

Bibliographie

La bibliographie sélective actuelle sur la construction en terre dépasse les 5.000 titres. La plupart de ces ouvrages sont très difficiles, voire impossibles à acquérir.

La bibliographie présentée ici énumère les principaux ouvrages qui peuvent être aisément obtenus par les voies commerciales normales.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

Généralités

- Agarwal, A. *Bâtir en terre. Le potentiel des matériaux à base de terre pour l'habitat du Tiers Monde.* Londres, Earthscan, 1981. (Trad. anglaise: Londres, 1981 ; trad. espagnole: Londres, 1984.)
- CRATerre (Hays, A., Matuk, S., Vitoux, F.), Monzon, F.M., Vildoso, A. *Seguir construyendo con tierra.* Lima, CRATerre, 1984.
- Fathy, H. *Construire avec le peuple.* Paris, Sindbad, 1970.

Architecture

- Arzoumanian, V., Bardou, P. *Archi de terre.* Marseille, Parenthèses, 1978. (Trad. espagnole : 1981.)
- Berglund, M. *Stone, log and earth houses. Building with elemental materials.* Connecticut, The Taunton Press, 1986.
- Boyd, E., Lumpkins, W., Steen, C., Steward, R.L. *Adobe. Past and present.* Santa Fe, Museum of New Mexico, 1974.
- Galdieri, E. *Le meraviglie dell'architettura in terra cruda.* Rome, Laterza, 1982.
- Gray, Macrae, McCall. *Mud, space and spirit. Handmade adobes.* Santa Barbara, Capra Press, 1976.
- Lahure, F. "Réhabilitation du patrimoine terre", in *Connaissance de l'Eure,* Evreux, n°64, 1987.
- Lozach'meur, A., Thirard, J.C. *Maisons de terre, Isle d'Abeau ville nouvelle. Présentation des projets.* Isle d'Abeau, EPIDA, 1984.
- Lumpkins, W. *Casa del sol. Your guide to passive solar house design.* Santa Fe, Santa Fe Publishing Company, 1981.
- Southwick, M. *Build with adobe.* Chicago, Swallow Press, 1974.
- Stedman, M. *Adobe remodeling.* Santa Fe, The Sunstone Press, 1976.
- Van Dresser, P. *Homeground Sundwellings.* Santa Fe, The Lightning Tree, 1977.

Patrimoine

- Adam, J.A. *Wohn-und Siedlungsformen im Süden Marokkos.* München, Callwey Georg D.M., 1981.
- Ago, F. *Moschee in adobe. Storia e tipologia nell'Africa occidentale.* Rome, Kappa, 1982.
- Bainbridge Bunting, *Early architecture in New Mexico.* Albuquerque, University of New Mexico Press, 1976.
- Bainbridge Bunting, Lazar, A. *Of earth and timbers made. New Mexico architecture.* Albuquerque, University of New Mexico Press, 1975.
- Barns, C.G. *The sod houses.* Lincoln, Bison Book, 1970.
- Booth, J.L., Bunting, B., Sims, W.R. *Taos adobe. Spanish colonial & territorial architecture of the Taos Valley.* Santa Fe, Museum of New Mexico Press, 1964.
- Bourgeois, J.L., Pelos, C. *Spectacular vernacular. A new appreciation of traditional desert architecture.* Salt Lake City, Peregrine Smith Books, 1983.
- CRATerre, *L'architecture de terre. Bâtiments caractéristiques de la région Rhône-Alpes.* Bourg-en-Bresse, SME Résonances, 1983.
- CRATerre, Ecomusée Nord-Dauphiné. *Tour de la terre.* Villefontaine, EAG, 1987.
- Denyer, S. *African traditional architecture.* New York, Africana Publishing Company, 1978.
- Frescura, F. *Rural shelter in southern Africa.* Johannesbourg, Ravan Press, 1981.
- Gardi, R. *Maisons africaines. L'art traditionnel de bâtir en Afrique.* Paris, Elsevier, 1974.
- Jin Qimin, Lan Jian, Song Haillang. *Earth sheltered architecture in China.* Tianjin, Tanjing University, 1985.
- Knox, A. *We are what we stand on. A personal history of the Eltham Community.* Eltham, Adobe Press, 1980.
- Labelle Prussin. *Architecture in Northern Ghana. A Study of forms functions.* Berkeley, University of California Press, 1969.
- Welsch, R.L. *Sod walls.* Broken Bow, Purcells Inc., 1968.
- Wienands, R. *Die Lehmarchitektur der Pueblos: eine Lektion in ökologischen Bauen.* Köln, Studio Dumont, 1983.

Technique

- Aller, P. & D. *Build your own adobe.* Stanford, Stanford University Press, 1978.
- Archer, J. & G. *Dirt cheap. The mud brick book.* Melbourne, Compendium, 1980.
- *Le béton de terre stabilisé. Son emploi dans la construction.* New York, Nations unies, 1964. (Trad. anglaise: New York, 1964.)
- Boudreau, E.H. *Making the adobe brick.* Berkeley, Fifth Street Press, 1974.
- Callaway, B.M., Dunlap, W.A., Wolfskill, L.A. *Handbook for building homes of earth.* Greeley, REII, 1982.
- CRATerre. *Construire en terre.* Paris, Alternatives, 1985.
- Easton, D. *The rammed earth experience.* Wilseyville, Blue Moutain Press, 1982.
- Ferm, R. *Stabilized earth construction. An instructional manual.* Washington, International Foundation of Earth Construction, 1985.
- Garrison, P. *How to build adobe houses...* Bwe Ridge Summit, Tab Books, 1979.
- Jeannet, J., Pollet, G., Scarato, P. *Le pisé. Patrimoine, restauration, technique d'avenir.* Nonette, Créer, 1986.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com

- Kahane, J. *Local materials. A self-builder's manual.* Londres, Publications Distribution Cooperative, 1978.
- Kern, K. *The owner-built home.* Oakhurst, Kern Ken Drafting, 1972.
- McHenry, P.G. *Adobe and rammed earth buildings. Design and construction.* New York, Wiley, 1984.
- McHenry, P.G. *Adobe. Build it yourself.* Tucson, The University of Arizona Press, 1973.
- Middleton, G.F. *Build your house of earth. A manual of earth wall construction.* Victoria, Compendium, 1979.
- Miller, D. & L. *Manual for building a rammed earth wall.* Greeley, Miller, 1980.
- Minke, G. *Alternatives Bauen.* Kassel, 1980.
- Newcomb, D. *The owner-built adobe house.* New York, Charles Scribner's Sons, 1980.
- Niemeyer, R. *Der Lehmbau und seine praktische Anwendung.* Grebenstein, Oko-Buchverlag, 1982.
- Norton, J. *Building with earth. A handbook.* Londres, IT Publication, 1986.
- O'Connor, J.F. *The adobe book.* Sante Fe, Ancient City Press, 1973.
- Smith, E.W. *Adobe bricks in New Mexico.* Socorro, New Mexico Bureau of Mines and Mineral Ressources, Circular n°188, 1982.
- Smith, R.G., Webb, D.J.T. *Small-scale manufacture of stabilised soil blocks.* Genève, ILO, 1987.
- Volhard, F. *Leichtehmbau: alter Baustoff, neue Technik.* Karlsruhe, Müller C.F., 1986.

Matériel

- CRATerre (Houben, H., Verney, P.E.), ENTPE (Mesbah, A., Michel, Ph., Olivier, M.). *Construction en terre crue : les matériels français.* Grenoble, CRATerre, 1987.

Normes

- *Adobes codes from aroujnd the Southwest. A guide to the codes of Arizona, California and New Mexico.* Albuquerque, Adobe News, 1985.

Catalogues

- Adam, J.A., et al. *Architektur der Vergänglichkeit. Lehmbauten der dritten Welt.* Stuttgart, Birkhäuser, 1983.
- Dethier J. *Architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire.* Paris, CCI, 1987. (Trad. anglaise: New York / Londres, 1982 ; trad. allemande : Munich, 1984 ; trad. espagnole: Valence, 1983 ; Mexico, 1985 ; Caracas, 1985 ; trad. italienne: Milan, 1982 ; trad. portugaise : Rio de Janeiro, 1984.)
- Schneider, J. *Am Anfang die Erde. Sanfter baustoff Lehm.* Francfort, Fricke im Rudolf Müller Verlag, 1985.

Actes de colloques

- *Actualité de la construction de terre en France.* Actes du séminaire, 14-15 octobre 1982, Paris, Plan construction, 1983.
- Breshna, A., Christians, L., Erhard, H., Gruner, D. *Lehmarchitektur. Rückblick - Ausblick.* Eschborn, GATE, 1981.
- *Earth construction technologies appropriate to developing countries.* Proceedings of the international colloquium, 10-12 december 1984. Bruxelles, 1985.
- *L'habitat économique dans les pays en développement : matériaux, techniques de construction, composants.* Actes du colloque international, Paris, 25-27 janvier 1983, vol. 1 et 2. Paris, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1983. (Trad. anglaise et espagnole.)
- *Matériaux, techniques et économie de la construction dans les pays en développement.* Actes du colloque international, Paris, 9-10-11 décembre 1986, vol. 1 et 2, Paris, CSTB, 1986. (Trad. anglaise et espagnole.)
- *Modernité de la construction en terre.* Actes du colloque, 10-11-12 octobre 1984, Paris, Plan construction, 1986.
- *Le patrimoine européen construit en terre et sa réhabilitation.* Actes du colloque des 18-19-20 mars 1987, Vaulx-en-Velin, Formequip, 1987.

Revues

- *La tierra material de construccion.* Instituto Eduardo Torrojo, Monografia n°385/386, Madrid, Consejo Superior de investigaciones Cientificas, 1987.
- "Réhabiliter et construire en terre", *Energie Verte,* Caen, ARBN, 1987.
- "Terre d'avenir !", *h,* n°111, Paris, UNHLM, 1985.

Bibliographies

- Hopson, R.C. *Adobe : a comprehensive bibliography.* Santa Fe, The Lightning Tree-Jene Lyon Publisher, 1979.
- Miller, D. & L. *Rammed earth. A selected bibliography.* Greeley, REII, 1982.

/ CRATerre – Traité de construction en terre / ISBN 2-86364-161-1

www.editionsparentheses.com