



**HAL**  
open science

# Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation

Hubert Guillaud

## ► To cite this version:

Hubert Guillaud. Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre: panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation. Habitat e Architettura di terra. Le potenzialità delle tradizioni costruttive, 1998. hal-01806210

**HAL Id: hal-01806210**

**<https://hal.science/hal-01806210v1>**

Submitted on 1 Jun 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**CONVEGNO  
SEMINARIO DI STUDI**

**"Le potenzialità delle tradizioni costruttive :  
habitat e architetture di terra"**

**TRADIZIONE E MODERNITA**

**HUBERT GUILLAUD**  
architecte, enseignant-chercheur  
Laboratoire CRATerre, Ecole d'Architecture de Grenoble, France

**Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre : panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation**

**RESUME**

L'importance des architectures de terre crue dans le monde est encore très mal connue. Dans la conscience publique et même chez la majorité des acteurs spécialisés de la construction, le matériau terre est encore jugé antique et périmé. La terre crue n'est plus regardée aujourd'hui comme un matériau de construction majeur. Situation paradoxale car la terre confère toujours un caractère et une personnalité indéniables aux paysages architecturaux, urbains et ruraux, de très nombreux pays, et parce que ses potentialités, à l'évidence, sont loin d'être "évincées" par les cultures constructives modernes. Il est non seulement question ici de la "vitalité" mais aussi de la "renaissance" des architectures de terre dans le monde.

Les développements, au cours des dernières décennies, de la recherche scientifique et architecturale sur le matériau terre, sur les techniques de production des matériaux et de construction, l'investissement désormais concret des industriels et des entreprises du bâtiment dans la perspective économique, aujourd'hui viable, du montage de lignes de production soutenant le développement de "filières terre" pour l'habitat et les équipements publics (éducatifs, de la santé, culturels et touristiques, etc...), les développements très significatifs de la formation universitaire et de la formation professionnelle (y compris la formation de formateurs), désormais associés au lancement de centres ou d'écoles spécialisés (exemple de la France et du Portugal), la diffusion internationale de la documentation scientifique, technique et culturelle, convergent aujourd'hui vers l'émergence et la consolidation de stratégies et de politiques nationales qui intègrent le potentiel très réaliste et prometteur de la construction en terre, au plan économique et social (artisanat, industrie et emploi), environnemental et culturel (écologie et question du patrimoine notamment).

Cet article propose, en première partie, un panorama mondial des architectures de terre en posant quelques références sur l'histoire des cultures constructives à partir d'exemples choisis dans différents continents (Europe continentale et méditerranéenne, Afrique, Amérique du Nord, Mésoamérique et Amérique latine). Vient ensuite un exposé général sur l'état des connaissances concernant le renouveau des architectures de terre, dans les pays industrialisés (U.S.A, Europe et Australie) et dans les pays en développement avec l'affirmation de la nécessité d'une valorisation du potentiel utile des savoirs et savoir-faire traditionnels pour contribuer à apporter des solutions à l'ampleur sans précédent du déficit en logements dans le monde en développement. En deuxième partie, sont abordés les principaux enjeux liés au développement actuel et futur des architectures de terre et notamment les aspects de la recherche scientifique et architecturale, de la formation universitaire et professionnelle, de l'information et de la documentation et enfin de la normalisation des matériaux.

**CONVEGNO  
SEMINARIO DI STUDI**

**"Le potenzialità delle tradizioni costruttive :  
habitat e architetture di terra"**

**TRADIZIONE E MODERNITÀ**

HUBERT GUILLAUD  
architecte, enseignant-chercheur  
Laboratoire CRATerre, Ecole d'Architecture de Grenoble, France

**Tradition et modernité des cultures constructives de l'architecture de terre : panorama mondial et enjeux actuels sur la recherche, la formation, la documentation et la normalisation**

**I - Traditions et modernité des architectures de terre**

**I.1. Des potentialités constructives et architecturales pour l'avenir**

Si l'emploi de la terre dans les pays industrialisés, régressait après la Seconde Guerre Mondiale, soit il y a à peine quarante ans, il perdure dans la plupart des pays dits "en développement".

D'un côté, l'industrialisation du bâtiment et les grandes mutations des sociétés industrialisées rendaient désuettes les techniques ancestrales basées sur l'emploi des matériaux et des savoirs-faire locaux, sur l'entraide des communautés. Mais, dans ces pays industrialisés, l'attention portée aux patrimoines (leur conservation, leur restauration et leur réhabilitation - héritage valorisant mais aussi "stock" utile pour l'habitat), l'émergence d'un questionnement qualitatif qui s'établit en réaction contre la banalisation des paysages architecturaux de style international et le souci porté à l'environnement naturel et construit, redonnent une place à une approche sociale, culturelle et économique de l'architecture de terre.

D'un autre côté, la pénurie des matériaux transformés, chers en devises et en énergies importées et le transfert des technologies "développées", de plus en plus contesté au plan culturel mais également socio-économique, imposent de reconsidérer la pertinence de l'emploi des ressources et solutions localement disponibles, matériaux, savoirs et savoir-faire. Dans ces pays la terre demeure le matériau de construction principal si ce n'est essentiel et l'on observe une nouvelle vitalité des cultures constructives traditionnelles, retour qui n'est pas simplement "obligé", c'est-à-dire conjoncturel, mais volontaire, dans une problématique qui associe étroitement "Culture et Développement" dont se saisissent les options politiques.

Entre tradition et modernité, l'architecture de terre a su perpétuer, réinventer et reconduire ses potentialités pour l'édification de l'habitat du grand nombre et des équipements de la communauté. La terre sera sans aucun doute, comme depuis toujours, un matériau majeur pour l'avenir de l'homme.

**I.2. Approche panoramique d'un patrimoine universel**

**Le legs des cultures constructives**

L'importance mondiale des architectures de terre est encore très mal connue, même si les dix dernières années auront été marquées par une amplification et une véritable structuration des débats internationaux sur leur actualisation et sur la prospective de leur futur développement. Mais, avant de dresser un panorama de cette importance mondiale, un rapide retour aux sources s'impose pour réaffirmer nos filiations culturelles et fortifier le discours contemporain sur le potentiel moderne des architectures de terre.

C'est bien en effet le matériau terre qui était associé aux époques décisives de la révolution urbaine des plus grandes civilisations de l'Antiquité. L'homme bâtisseur de ces lointaines époques construit sa maison et ses monuments en terre et entend bien, avec ce matériau modeste, défier l'éternité. Les campagnes de fouilles archéologiques de maintes contrées, sur tous les continents, témoignent de cette omniprésence de la construction en terre et de cette ambition des bâtisseurs antiques. Plus l'on redescend le cours de l'histoire, plus la terre confirme sa vocation privilégiée dans l'acte de bâtir. Son emploi s'est développé indépendamment, à partir des

principaux foyers de civilisation et à des périodes successives de l'histoire : en Mésopotamie, dans les vallées inférieures du Tigre et de l'Euphrate, en Egypte, le long du Nil, du Delta à la Basse Nubie, en Inde, sur les rives de l'Indus et les territoires du Baluchistan, en Chine, sur les plateaux fertiles dominant le Huanghe (Fleuve Jaune). Mais aussi en Mésoamérique et le long des territoires côtiers de l'Océan Pacifique, aux pieds des massifs montagneux andins, en Amérique latine.

Quel que fut l'autonomie "géographique" de développement des différentes civilisations antiques, à des époques et en des lieux distants, l'art de bâtir en terre et l'emploi de la brique de terre crue moulée, permettaient très vite une organisation de la production associée à la division du travail au sein de sociétés de plus en plus organisées et allaient être l'un des grands vecteurs de la propagation de la révolution urbaine et du développement de l'architecture d'habitat comme monumentale. Les travaux de l'archéologie, notamment au Proche et au Moyen Orient attestent de ce phénomène d'urbanisation lié à l'emploi de la construction en petits éléments de terre (des pains moulés puis des briques plano-convexes précédant la brique parallélépipédique), depuis les lointaines époques de la Culture de Jericho-Munata (dès le huitième millénaire). Les travaux menés sur d'autres continents confirment la reproduction du phénomène, en décalage dans le temps.

L'approche mondialiste pourrait autoriser, avec une grande prudence, la formulation d'hypothèses sur des directions d'influences, culturelles et technologiques, par l'étude des cheminements des peuples, de leurs contacts économiques ou culturels, véhicules des savoirs et savoir-faire. Il serait alors possible de poser les bases d'une théorie générale de l'origine mais également de la transmission des cultures constructives, de la mobilité des techniques de construction et des modèles constructifs et architecturaux, au moins à l'échelle de grandes régions territoriales. Tel est le cas, au cours des sixième et cinquième millénaires, de la rapide diffusion de la brique de terre crue moulée, à partir de l'arc Taurus-Zagros et du Moyen et Proche Orient, vers l'Anatolie (Çatal Höyük p.e.) puis dans l'ensemble des contrées méditerranéennes orientales (à Chypre, puis en Thessalie sur des sites comme Sesclo et Dimini qui seront les foyers d'une extension continentale en Grèce antique). Tel est aussi le cas, dès le sixième millénaire, de la diffusion en Europe centrale puis septentrionale, de la technique du torchis avec la fantastique expansion du faciès culturel danubien (céramique rubanée) qui étend ses ramifications jusqu'en Europe septentrionale et dont les modèles constructifs des habitats en ossature bois à plusieurs nefs se perpétueront très longtemps, jusqu'au Haut Moyen Age (voir les travaux de l'historien Jean Chapelot sur l'habitat du Moyen Age). Plus complexe est l'analyse de la diffusion de la technique de construction en arcs, voûtes et coupes, dont les origines sont encore très mal situées : en Mésopotamie, en Syrie, en Egypte, ou sur les territoires de l'actuel Afghanistan ? (Voir les travaux de Rolland Besenval sur la technologie de la voûte dans l'Orient Ancien, CNRS, France). On s'interroge aussi sur la filiation des typologies architecturales des fermes fortifiées yéménites, celles de la région de Najran en Arabie, ou encore d'Afghanistan et des ksours du Maroc, même si les matériaux varient (tantôt la brique crue, le pisé ou la bauge). On connaît mieux, par contre les logiques de diffusion des savoirs et des modèles constructifs et architecturaux dans l'ensemble de la région soudano-sahélienne, en Afrique, associées aux échanges économiques entre les pays des rivages méditerranéens et les royaumes africains par la voie des caravanes puis par l'expansion de l'Islam et de l'architecture des mosquées qui amenaient les grandes mutations de l'architecture et de la ville africaine. Le passage de la brique piriforme ("djenné-férey" au Mali p.e.) à la brique parallélépipédique est lié à ces logiques à la fois économiques et culturelles alors que ce même type de brique dénommée "tubali" au Nord Nigéria était encore récemment employé, confirmant une forte résistance de la culture constructive Hausa à l'assimilation d'autres modèles "ingérants". Dans cette même région, la technologie des arcs en terre armée de bois d'azara est unique au monde, même si l'on peut repérer des savoir-faire similaires dans des époques plus lointaines comme la technologie du "Strut" dans l'Orient ancien (jusqu'aux périodes parthes) et jusqu'en Iran (où le strut en terre armée de bois est devenu coffrage d'arcs en plâtre).

On connaît mieux aussi, en Europe, pour des époques plus récentes, le rôle joué par des auteurs français de l'époque des Lumières et leur ancrage dans les préceptes qui fondent le modèle normatif de la "Maison Rustique", hérité de Caton (Agriculture Romaine), dans la promotion d'une technologie moderne de la construction en terre au service d'une amélioration de "l'architecture" rurale (reconnaissance du concept avec Laugier). Une filiation qui réactualise ses sources avec le "Praedium rusticum" de Charles Estienne, édité en 1564, puis avec "La Nouvelle Maison Rustique", du même auteur (plus tard avec Jean Liébaut), dont les éditions, traductions et adaptations se succéderont jusqu'à la fin du XVIIIème siècle et aussi avec les "Les Dix Livres de l'Architecture" de Vitruve dont la pensée théorique est réactualisée par la traduction de Claude Perrault de 1673. Cette filiation est alors étendue par les apports successifs de l'architecte G.M. Delorme (1700-1782), de Georges-Claude Goiffon, avec son "Art du Maçon Piseur" (1772), de l'architecte lyonnais François C. Boulard à qui un certain Abbé Rozier confie la rédaction d'un cahier descriptif du pisé dans son "Cours Complet d'Agriculture" (1786), et enfin de l'architecte-entrepreneur François Cointeraux qui reprend cet héritage et assure, par l'impact de sa production écrite (72 fascicules) un plus large rayonnement européen et international de la construction en "nouveau pisé". Son fameux Troisième Cahier d'Ecole d'Architecture Rurale, traduit par l'architecte anglais néo-classique Henry Holland, réadapté par d'autres auteurs tels que William Barber et Nicholson, par l'encyclopédiste Abraham Rees est diffusé, par ce biais vers les Etats-Unis, à travers des reprises et adaptations successives ou

reformulations directement inspirées des sources françaises (J.B. Papworth, E. Gilman, Stephen W. Johnson, Henri Leavitt Ellsworth, entre autres), puis vers l'Australie (Sydney Gazette, Hobart Gazette et nombreux autres articles de journaux). Egalement en Allemagne, avec une filiation qui s'établit entre les travaux de Wilhelm Tappe, de David Gilly puis de Christian Ludwig Seebass, Bernhart Faust et Jacob Wimpf (voir travaux du Professeur Guntzel de l'Université de Lippe). Au Danemark avec une adaptation de K.H. Seidelin. En Italie, avec l'adaptation de Giuseppe Del Rosso (voir travaux du Prof. Mauro Bertagnin) et en Suisse, avec Louis Raymond. C'est en effet dans cet itinéraire à la fois direct et tortueux que se fonde la modernité de la construction en terre dans les pays européens, aux Etats-Unis et en Australie.

Nous ne nous étendons pas davantage sur ce terrain d'analyse, d'une part parce que l'ambition d'une telle approche théorique est démesurée et d'autre part parce que le traitement de l'information est encore limité. Mais, dans cette approche généraliste et panoramique de l'histoire mondiale des architectures de terre, la question de la filiation et du legs des cultures constructives et architecturales nous semble être un terrain de recherche essentiel à l'apport des connaissances et à la valorisation des architectures de terre. Ce terrain de recherche a été encore à peine abordé par quelques rares chercheurs. On rappellera ici les travaux de l'architecte Eugenio Galdieri avec son ouvrage "Le meraviglie dell'architettura in terra cruda" (Editori Laterza, 1982) et les travaux de l'architecte Jean Dethier avec son "Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire" (Editions du Centre Georges Pompidou, 1982), qui constituent des contributions posant les bases d'une telle approche.

### **I.3. Présence vivante des architectures de terre dans le monde**

Beaucoup de régions du monde semblaient encore récemment inexploitées quant à l'étude de leurs architectures de terre. Mais, l'amplification des échanges au sein de la communauté scientifique internationale, au cours de cette dernière décennie, dans le cadre de grands colloques internationaux (Bruxelles, Belgique, en 1984, Beijing, Chine, en 1985, Trivandrum, Bangalore et Manipal, en Inde, en 1987, 1988 et 1990), puis la dynamisation de ces échanges favorisée depuis le lancement du Projet GAIA (CRATerre-EAG/ICCROM) sur la préservation des architectures de terre, depuis 1989, ont permis d'élargir considérablement le champ des connaissances et de constater qu'un important travail de repérage, d'inventaire et d'analyse des patrimoines nationaux a été entrepris. Les contributions d'excellence apportées par les deux dernières conférences internationales sur la préservation des architectures de terre, lors de "Adobe 90", à Las Cruces, Nouveau Mexique, USA et lors de "Terra 93", à Silves, Portugal, le confirment ainsi que de plus en plus fréquents séminaires et colloques nationaux (Sardaigne, Italie, Brno, Tchécoslovaquie, Plymouth, Angleterre, pour les toutes dernières années). On découvre des patrimoines d'une importance et d'une qualité jusqu'alors insoupçonnées et l'existence d'un fonds documentaire important autant que remarquable. Les architectures de terre de la Terre entière, proclament le génie des lieux, du matériau et des bâtisseurs.

Présence dans les pays d'Orient : en Iran, creuset de l'ancienne Perse, en Irak, berceau de Sumer, en Arabie Saoudite et dans les Emirats arabes, en Afghanistan, au Yémen avec des témoignages qui retiennent l'admiration des constructeurs du monde entier (Shibam, "Manhattan du désert", classée au patrimoine mondial par l'UNESCO). Importance des architectures de terre en Chine, au Henan et au Shânxi, au Gansu, où 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 loess, en Mongolie intérieure, dans le Hebei et le Jilin, au Sichuan et au Hunan, où l'habitat rural est pour majorité bâti en torchis, en briques crue ou en pisé, maisons rectangulaires à plusieurs travées successives des provinces du Nord-Est, grandes demeures à cours intérieures de la province du Zhejiang, fantastiques maisons à étages, en pisé, à anneaux concentriques, chez les Hakka du Plateau Central (Province du Fujian) dont la construction se perpétuait jusque dans les années cinquante. Omniprésence des architectures de terre sur presque l'ensemble du continent africain, dans les pays magrébins (Maroc, Algérie, Tunisie), dans les pays d'Afrique Noire des régions soudano-sahélienne et centrale (Mali, Burkina, Niger, Nigéria, Tchad, Ouganda), dans les pays bordant le Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigéria, Cameroun, Congo) et dans la plupart des pays d'Afrique orientale et méridionale, jusqu'en Afrique du Sud. Présence des architectures de terre sur le continent américain, dans le "Grand Sud-Ouest" des Etats-Unis avec les cultures constructives des indiens Pueblos, Hopis, Zunis, fondées dans l'héritage des Anasazis ; en Amérique Centrale, sur fonds pré-colombien, du Mexique au Salvador, avec une dominante de l'utilisation de l'adobe ; en Amérique latine, avec un ancrage lointain dans les cultures constructives millénaires de la côte de l'Océan Pacifique (Cerro Sechin, Chavin, puis les civilisations Nazca et Mochica) qui fondent les cultures constructives plus récentes de Lima, des Chimu (Chan-Chan), reprises par les Incas qui contribuent, par l'extension maximale de leur empire à leur diffusion, de l'Equateur au Chili. Sans oublier les autres pays d'Amérique latine (Brésil, Uruguay, Paraguay, Argentine, Vénézuëla) qui sont eux aussi dotés d'un patrimoine d'architecture de terre dont le fondement historique des formes technologiques modernes (adobe et pisé) semble être toutefois plus récent et devoir être relié à l'histoire de la colonisation espagnole et portugaise à partir du XV<sup>ème</sup> siècle.

Abondance des architectures de terre en Europe qui est dotée d'un riche patrimoine d'habitat rural et urbain : en Suède, au Danemark, en Allemagne (pisé de la région du Schleswig Holstein, maisons en "pains de terre" érigées selon la méthode de construction dite de "Dünner" dans la région de Lubeck, etc...), en Angleterre (villages en "cob" du Devon), en Italie (pisé des régions de Marengo et d'Alessandria, "casoni" de la plaine du Friouli, maisons en mattoni des Campidani de Sardaigne), en Espagne (maisons en briques de terre et en pisé de Catalogne, pisé en Andalousie), au Portugal, pisé et adobe de l'Algarve et de l'Alentejo.

En France qui abrite en gros 15 % de sa population des régions rurales (source ANAH) dans un habitat en pisé (vallée de la Saône, Bresse méridionale, Dombes, moyenne vallée du Rhône, Dauphiné et Bugey, Comtat Venaissin et basse vallée de la Durance), en briques d'adobe (vallée de la Garonne et territoires d'Aquitaine), en "carreaux de terre" (Champagne "humide"), en torchis (Landes, Albigeois, Haute et Basse Normandie, Picardie, Alsace, Bresse septentrionale), en Bauge (Vendée, Bretagne, Cotentin). Ce sont aussi des quartiers entiers de villes de province qui sont construits en torchis sur maisons à colombages (Rouen, Le Mans, Bourges, Strasbourg) ou en pisé (quartier Croix Rousse à Lyon). La typologie des architectures de terre françaises compte aussi des manoirs bourgeois bâtis au XIX<sup>ème</sup> siècle, des châteaux remontant au XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles, des églises de village, des manufactures industrielles et des cités ouvrières de la seconde moitié du XIX<sup>ème</sup> (Dauphiné). La vitalité de ce patrimoine résulte d'une permanence des traditions de construction en terre, très anciennes, que l'on peut faire remonter jusqu'aux époques néolithiques, avec un apogée qualitatif aux époques gallo-romaines (1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> siècles, voir travaux de Roger Agache en Picardie et travaux de l'archéologie méridionale) jusqu'aux époques récentes des années cinquante de ce vingtième siècle, pratiquement sans interruption.

L'état des connaissances concernant le patrimoine européen devrait considérablement avancer au cours des prochaines années si l'on en juge à l'intérêt grandissant des institutions nationales (Services des Monuments nationaux, Directions des patrimoines), à la motivation de nombreux groupes de recherche, à la mise en place de sous-comités ICOMOS ou associations spécialisés (en Italie, en Angleterre, et bientôt en France et Portugal), qui travaillent cette question ou dynamisent les activités de recherche. Par ailleurs, la future 8<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur la Préservation des architectures de terre organisée sous les auspices du Projet GAIA et vraisemblablement de la "English Heritage", en Angleterre, en 1997, notamment centrée sur la dimension du patrimoine européen, devrait permettre une avancée certaine.

#### **I.4. Le renouveau contemporain des architectures de terre dans les pays industrialisés.**

Confrontés à la "Crise de l'Energie" résultant du choc pétrolier de 1973, les pays industrialisés développent un discours de situation puis prospectif sur le renouveau des matériaux et techniques de construction moins "énergivores" parmi lesquels la terre tient une place de choix. Les expérimentations se multiplient et débouchent sur des projets de montage de "filiales terre" qui cherchent à établir leur ancrage durable dans les économies nationales. Les applications se développent aussi dans le cadre de politiques de transfert technologique vers les pays étrangers, notamment vers les pays en développement sur fonds d'extension d'un "mouvement pour la technologie appropriée" qui fonde ses références dans la "Jeune Culture" américaine et européenne, dans le gandhisme indien et dans le "Small is Beautiful" de Ernt Friedrich Schumacher, fondateur du concept d'"Intermediate technology".

##### **Les U.S.A.**

On connaît le fantastique développement de la construction en briques d'adobe, dans les Etats du Grand Sud-Ouest des Etats Unis d'Amérique. Une statistique nationale, déjà datée de 1980, repérait l'existence de 176 000 maisons en terre dans l'ensemble du pays dont près de 97 % pouvaient être situées dans le grand Sud - Ouest (Texas occidental, Nouveau Mexique, Arizona, Colorado, Californie). A cette même époque, en 1981, environ 48 fabriques de blocs d'adobe du Nouveau Mexique produisaient 4 millions de blocs par an et autant était produit par les autoconstructeurs bâtissant leur "passive solaradobes". En Californie, la construction en terre marquait une progression d'environ 30 % par an et la seule unité de production Hans Sumpf de Fresno, assurait près de la moitié de la production de l'ensemble du marché du grand Sud - Ouest. C'est sur ce terrain toujours marqué par les traditions des cultures constructives indiennes et des époques hispano-mexicaines prolongées par la période des colons pionniers et jusqu'au mouvement de la "Jeune Culture" des années soixante, que se perpétue une actualité dynamique de la construction en terre aux Etats Unis.

De nombreuses recherches scientifiques, des applications expérimentales, sont engagées dès la fin des années soixante et dix. En effet, aux U.S.A., l'emploi de la brique d'adobe en construction a été officiellement légitimé par une intégration de ces techniques aux normes régionales et nationales (publications du National Bureau of Standards et Uniform Building Codes de différents Etats et "Comtés"). En 1975, des programmes de recherche sur les caractéristiques thermophysiques de la terre, en comparaison avec d'autres matériaux (bloc

creux de béton, ossature bois et "log cabin") étaient lancés au Nouveau Mexique qui mobilisaient plusieurs millions de dollars (Thermal Mass Study Programme mené par l'Université du Nouveau Mexique, p.e.).

L'activité d'édition nord-américaine des années 70 et 80 qui s'appuie sur les réalisations d'architectes et de constructeurs pionniers (David Wright, Tony Predock, Edward Mazria, William Lumpkins, Paul Graham McHenry,...) ne manque pas de laisser une place de choix à la promotion d'une architecture de terre contemporaine en adobe, matériau d'excellence de la propagation rapide d'un mouvement pour l'architecture bioclimatique qui allait assurer son très large rayonnement international, notamment vers l'Europe. Des bibliographies sont éditées, sur l'adobe (Rex Hopson) et sur le pisé (David Miller).

Le pisé, technique historiquement connue aux U.S.A. par les influences européennes, avait limité son extension géographique aux régions de la Nouvelle Angleterre et de l'Est américain (New South Wales, New Jersey, New York, Pennsylvanie) avec quelques expérimentations en Indiana (Alexander Macomb et William W. Anderson) et en Caroline du Sud (Henri Leavitt Ellsworth). Il est en fait réactualisé au cours des dernières décennies à partir d'expérimentations et de projets réalisés par un avocat du Colorado et sa femme, David et Lydia Miller, fondateurs du "Rammed Earth International Institute", qui vont établir les bases d'un nouveau savoir-faire repris par des entrepreneurs contemporains (Schmidt Builders en Arizona, David Easton en Californie et bien d'autres). La technologie du Bloc de terre a également fait son apparition récente aux U.S.A. mais n'a pas encore opéré une percée significative par rapport à l'adobe, avec une production organisée à l'échelle industrielle et même par rapport au pisé, qui sont dominants. Un des vecteurs importants de la promotion et diffusion de la construction en terre contemporaine, aux U.S.A., fut le magazine "Adobe Today", fondé par Joe Tibbets, devenu par la suite "Adobe News" puis "Earth Builder" et "Adobe Journal". Les U.S.A. disposent aujourd'hui d'une véritable "filiale terre" tout-à-fait légitimée au plan technique, économique et même juridique puisque les opérateurs sont structurés aux différents stades de la chaîne de production (architectes, ingénieurs, entrepreneurs, contrôle technique) et puisque des textes normatifs "cadrent" l'utilisation constructive du matériau ainsi que la conception des projets.

### **En Europe : le cas de la France**

A cette même époque, mais en léger décalage, sur des bases reformulées par la publication de "Construire en terre", en 1979, la France précisait, en 1982 ses "Voies de la Recherche Terre Française" avec le soutien du "Plan-Construction", organisme ministériel d'appui à la recherche et à l'expérimentation constructive et architecturale. Cette mission confiée au CRATerre, donnait lieu à un rapport qui définissait les grandes priorités d'action à développer au cours des années quatre vingt. Le budget nécessaire à ces actions prioritaires était évalué à 24 millions de francs dont 83 % pour les seules recherches expérimentales opérationnelles (projets, mise au point de matériels de production) et les actions du domaine de la formation universitaire et professionnelle.

La présentation, dans l'un des "saints des saints" de la culture française qu'est le Centre Georges Pompidou de Paris, en 1981, d'une exposition internationale intitulée "Des architectures de Terre ou l'avenir d'une tradition millénaire" (conception architecte Jean Dethier) allait lancer un débat de dimension nationale et apporter une contribution décisive à la mise en place d'une nouvelle dynamique internationale grâce à sa présentation dans les plus grandes capitales du monde et avec la circulation d'une mini-exposition sur forme de porta-foglio de 80 planches dans un nombre incalculable de lieux. On a compté des millions de visiteurs de cette exposition et son catalogue, qui a été réédité plusieurs fois en français puis traduit dans les principaux idiomes internationaux (anglais, espagnol, allemand, portugais), constitue encore à ce jour "le" best-seller des éditions du Centre Georges Pompidou.

Cette vaste action culturelle et médiatique était très vite appuyée par des actions concrètes de terrain et notamment par la réalisation du projet du "Domaine de la Terre" de l'Isle d'Abeau, une opération de construction de 63 logements d'habitations à loyer modérés qui confirmait l'engagement de la France dans la pratique opérationnelle interrompue depuis le milieu des années cinquante. Cette opération a fondé les bases d'une réflexion sur les spécifications techniques et sur la normalisation qui était menée dans le cadre de son exécution ("Recommandations pour la conception des bâtiments du Village-Terre) et simultanément dans le contexte d'autres actions de recherche menées avec le soutien d'organisations internationales (CNUEH-Habitat) ou d'autres institutions nationales (CSTB). Le résultat direct de ces recherches est l'édition du "Earth Construction Primer" présenté à Bruxelles en décembre 1984 puis du "Traité de Construction en Terre", en 1989, récemment traduit en anglais par les éditions de ITDG (1994). Ces ouvrages assurent une diffusion francophone et anglophone internationale de l'état actualisé des connaissances scientifiques et techniques, vers les opérateurs de la production des matériaux et du projet et constituent aussi la base d'un matériel didactique et pédagogique pour la formation supérieure et professionnelle. Il ne s'agit pas pour autant de "normes" au sens propre du terme, car, la France n'a toujours pas, à ce jour concrétisé cet effort de publication essentiel à un plus ample développement

d'une filière terre nationale, bien que le matériau scientifique soit déjà constitué. Il y va donc clairement d'une volonté politique à confirmer.

Il faut aussi relever l'important effort développé en France dans les domaines de la formation supérieure et de la formation professionnelle spécialisée. L'inauguration, en 1984, du "Certificat d'Etudes Approfondies en Architecture de terre", sous les auspices du Ministère du Logement et de l'Urbanisme, suivie par la mise en place d'un programme annuel de "cours intensifs internationaux" sur la technologie du bloc de terre comprimée, puis par la mise en place d'un cours international spécialisé sur la "préservation des patrimoines architecturaux en terre", dans le cadre du lancement du Projet Gaia (CRATerre-EAG/ICCROM), en 1989, constituent une contribution majeure à la diffusion internationale des savoirs et des savoir-faire. Ces enseignements favorisent aussi la structuration de réseaux de compétences comme l'émergence de nouveaux "noyaux" ou pôles de développement de la technologie de construction en terre dans le monde, à partir des compétences formées ou des échanges fructueux qui se développent dans le contexte de ces formations. On doit ici observer que le positionnement professionnel des diplômés et candidats à ces formations ne pose globalement aucune difficulté. Cela n'est pas seulement encourageant mais confirme l'existence réelle d'un véritable marché international de la construction en terre.

Le développement et la diffusion d'une nouvelle connaissance scientifique sur la technologie de construction en terre par des institutions de la recherche soutenues par l'Etat Français dans les années 80 allait rapidement trouver des terrains d'application plus directs dans le cadre des actions de coopération bilatérale Nord-Sud qui mobilisent un soutien financier régulier de l'Etat. Notamment dans le cadre du programme interministériel de "Recherche Expérimentale en Coopération" (Rexcoop) qui concerne plusieurs pays africains. C'est ainsi que sont lancés des programmes de logements pilotes, que sont initiées des actions visant à soutenir l'établissement de "filiales terre", que sont appuyées des recherches technologiques sur la mise au point de matériels de production, notamment sur la technologie du bloc de terre comprimée. Enfin, la France a été à l'origine d'un programme "outre mer" dont l'ampleur a été rarement égalée jusqu'à présent et qui constitue une référence du genre. Il s'agit d'un vaste programme d'habitat social et d'équipements publics qui a été lancé sur l'île de Mayotte, dans l'archipel des Comores, où plus de 10000 logement et 1000 bâtiments publics en terre étaient réalisés entre 1982 et 1988.

### **Autres pays européens**

Dans les autres pays européens, l'actualisation de la construction en terre est engagée au cours des années 80 et commence à opérer un développement significatif. En Allemagne (autour des travaux du GHK de Kassel et du Professeur Gernot Minke qui éditait d'ailleurs une revue spécialisée intitulée "Bauen mit Lehm" et autour du programme de coopération du GATE/GTZ) ; en Suisse (par l'EPFL et le SKAT), en Angleterre (par le BRE, ITDG, le Martin Center de Cambridge et plus récemment par la Devon Association, l'Université de Plymouth et la English Heritage) ; en Belgique (par le PGC-HS de Leuven) ; en Italie par les universités de Turin et de Milan, de Udine et Cagliari, Ancone et Rome ; au Portugal (par la DGEMN. On doit ici saluer l'initiative du Portugal dans la création d'un cours spécialisé de trois ans pour maîtres de construction civile traditionnelle, installé dans l'Ecole Nationale des Arts et Métiers traditionnels de Serpa. Le programme pédagogique de ce cours a été préparé en collaboration avec le Projet GAIA) ; en République Tchèque (par l'Université de Brno), en Moldavie (par des institutions universitaires et techniques de Kishinev). Les colloques nationaux et internationaux organisés par les pays d'Europe se multiplient, des associations professionnelles se créent, des actions de recherche sont développées et la demande d'information autant que de documentation scientifiques et techniques ainsi que de formation supérieure et professionnelle commencent à émerger sérieusement. On observera que la coordination des actions, au niveau européen, devient un objectif important que préfigurent déjà quelques réseaux institutionnels comme le réseau de conseil en bâtiment BASIN (entre ITDG, GATE, SKAT et CRATerre-EAG), le réseau GAIA (CRATerre/ICCROM en liaison avec de plus en plus nombreuses institutions européennes et internationales). Le développement des conventions inter-universités et le mouvement associatif professionnel qui se fait jour actuellement, dans les pays d'Europe, laisse aussi augurer une nouvelle étape de structuration des échanges scientifiques et professionnels très favorable à la valorisation du potentiel des architectures de terre, en Europe et au plan international. Néanmoins, il importe ici de relever toute l'importance de cet effort de coordination et de structuration des échanges comme des activités déployés dans les champs de la recherche, de la formation, de la documentation et de la coopération technique, qu'il conviendra de soutenir dans l'avenir immédiat pour garantir la meilleure efficacité d'épanouissement du potentiel européen des architectures de terre.

### **En Australie :**

Pour couvrir plus complètement cette question du renouveau des architectures de terre dans les pays industrialisés, il convient de mentionner aussi l'expérience australienne. Cette expérience contemporaine trouve ses fondements historiques dans la diffusion du savoir à partir de l'Europe et notamment par la publication, en

1823, dans le Sydney Gazette, de la traduction du 3<sup>ème</sup> Cahier d'Ecole d'Architecture Rurale de Cointeraux par Henry Holland. A cette même époque les colons créent de nouveaux établissements ruraux et emploient le pisé (à Bathurst p.e.). Mais, c'est la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle qui semble avoir popularisé la construction en pisé dans plusieurs régions d'Australie, en Victoria, New South Wales puis Adelaïde où il est apprécié comme étant qualitativement supérieur au torchis et au sod, techniques de construction rurales dominantes à cette époque. Puis, l'attrait pour le pisé semble périliciter au profit de la construction en adobe. On retrouve un nouvel intérêt pour le pisé dans les années 30 de ce siècle qui se poursuit jusque dans les années 50, notamment dans le cadre de l'établissement de communautés d'artistes dans le Victoria, porteurs d'une nouvelle mode. Tel est le cas de la communauté de Montsalvat, à Eltham, près de Melbourne, fondée par Julius Jorgensen. Les architectures en pisé et en adobe allaient revenir au premier plan avec les réalisations de constructeurs renommés comme John Harcourt et Alistair Knox. Toujours dans ces années 50, un expert des Nations Unies, ancien inspecteur en construction, allait apporter une contribution de grande portée. Il s'agit de G.F. Middleton et de son "Build your house of earth" qui fondait les bases d'une normalisation nationale de la construction en terre. Son livre a fait l'objet de plusieurs éditions avec une quatrième version réactualisée par le National Building Technology Centre (NBTC) de Chastwood (Sydney), sous le titre de "Bulletin 5, Earth-Wall Construction" qui constitue une norme nationale pour les constructeurs. L'Australie connaît un développement significatif de la construction en terre depuis les années 80, avec l'émergence d'une activité d'entreprise et architecturale à partir de trois pôles régionaux : en Western Australia (autour de Perth avec la société RAMTEC, Stephen Dobson), en Victoria (autour de Melbourne avec le Ministry of Housing, Denis Ingemann, et autour de la communauté de Bendigo avec Russel Andrews), en Queensland (autour de Buderim puis de Mooloolaba, avec David Oliver et la compagnie CEAC). Les projets développés par le MOH du Victoria, dans le domaine de l'habitat social économique, fondés sur la dynamique de l'Année Internationale du Logement des Sans-Abri, en 1987, sont tout à fait exemplaires, comme les projets architecturaux d'habitat et d'équipements publics (écoles, collèges) ou touristiques (Koralbyn Hôtel) réalisés par les architectes constructeurs australiens témoignant d'une grande maîtrise architecturale et constructive du pisé.

### **1.5. Le renouveau des architectures de terre dans les pays en développement**

Au début des années quatre vingt - il ya presque quinze ans ! - on avançait que 30 % de la population mondiale, soit près de 1 500 000 000 d'êtres humains, vivait dans un habitat en terre. Cette statistique générale recentrée sur les seules régions du monde en développement montrait qu'il s'agissait de 50 % de la population, en majorité rurale et d'au moins 20 % de la population urbaine et péri-urbaine. En Inde, un recensement de 1971 établissait que 72,20 % du parc immobilier est construit en terre. Cela représentait déjà 67 millions de maisons où vivent près de 375 millions de personnes.

Alors que l'on rejoint le terme de ce vingtième siècle et que la croissance démographique des pays en développement s'est considérablement amplifiée, on observe simultanément une pénurie de moyens de plus en plus grave et une dégradation des économies nationales qui s'accuse aux échelles continentales, renvoyant l'évidence de plus en plus grandes difficultés à espérer résoudre une crise où la question de l'accès au logement n'est qu'un volet des problèmes posés puisqu'elle cohabite avec les problèmes de l'emploi, de l'éducation, de la santé et de la dégradation des environnements physiques et socio-culturels. Les statistiques les plus récentes, notamment annoncées par la conférence mondiale du Caire de cette année 1994, précisent que la population mondiale aura doublé d'ici à 50 ans et que 90 % de cette population vivra dans les pays en développement. Ainsi, on prévoit, vers 2025, que 61 % de la population mondiale vivra dans des pays où les revenus moyens seront inférieurs à 350 USD/an.

La confirmation de ces chiffres est déjà anticipée par l'impossibilité grandissante d'un accès au logement construit en matériaux actuels "conventionnels" à base de ciment dont le coût est de plus en plus inaccessible pour les populations. Ainsi, parmi la gamme existante des matériaux locaux traditionnels, la terre demeure l'une des principales ressources utiles et de fait, utilisée (Il n'y a pas "d'utilité" sans "utilisation"). Son emploi prolonge le legs des cultures constructives mais on est forcé d'observer que cet héritage de savoirs et de savoir-faire utiles disparaît de plus en plus rapidement et parfois de façon rédhibitoire, sous la pression des technologies importées dont le transfert s'opère souvent de façon "brutale", dans l'espace et le temps d'une génération de bâtisseurs. Il demeure encore quelques régions du monde, essentiellement en milieu rural, informel, où résistent, mais déjà mutantes, ces cultures constructives et architecturales traditionnelles. Peu est fait pour entretenir le potentiel de leur vitalité et de leur pertinence. Elles sont donc très fragiles et déjà exposées au risque de disparition.

On comprend donc que face à cette incapacité de plus en plus manifeste de nos technologies à apporter des solutions qui cadrent avec les moyens des pays en développement, qu'il faut renverser la tendance. Il devient urgent de rétablir le potentiel utile, au plan technique et architectural, économique, social et culturel, des cultures constructives locales et régionales. Car, les cultures constructives de l'architecture de terre - comme celles de la pierre, du bois, des végétaux (bambou p.e.) - affirment leur nécessité comme leur pertinence aux plans précédemment évoqués et notamment en milieu rural où les enjeux liés au rééquilibrage indispensable du

développement des populations pour ralentir la croissance de pôles urbains de plus en plus gigantesques et de moins en moins gérables, les imposent. Rééquilibrer par une sédentarisation liée au développement valorisant le potentiel des ressources matérielles et humaines et générant une plus-value économique, sociale et culturelle comptable en production d'emplois, de revenus, de logements, d'équipements sociaux, éducatifs, de la santé et culturels. Il y va donc clairement de la nécessité de formuler des stratégies de développement "situées" qui contribuent à la mise en oeuvre concrète de politiques "volontaristes" valorisant au premier chef les potentialités locales et régionales. Le matériau terre, à son niveau, peut sans aucun doute apporter des contributions valables à cet engagement politique volontariste et la célèbre déclaration de nature aphoristique de John F.C. Turner : "un matériau n'est pas intéressant pour ce qu'il est mais pour ce qu'il peut faire pour la société" est toujours pleinement actuelle.

Déjà, au début des années quatre vingt, des études (groupe 8, Cache-Anizon, France) montraient que ce n'était pas moins de 36 000 000 de logements qu'il faudrait construire d'ici à l'an 2000, rien que pour la population urbaine d'Afrique. Or, à cette même époque - et cela n'est pas démenti aujourd'hui, voire considérablement accusé -, les études d'accessibilité technico-économiques montraient que la population cible touchée par ce vaste programme n'avait pas d'autre choix que d'employer les matériaux locaux, dont la terre, dans la plupart des cas. On prévoyait donc, tout en restant dans un cas de figure sous-estimé, que 20 % au moins des logements urbains des pays en développement, soit 7 000 000 d'unités sur la base des chiffres de besoins avancés, devraient être construits en terre, au rythme de 350 000 logements par an. Cette demande en logements est d'autant plus énorme lorsqu'on lui ajoute celle des régions rurales et si on la complète par le besoin en équipements publics de l'éducation et de la santé qui sont également prioritaires. Quinze ans après la publication de ces chiffres, on est sans aucun doute bien loin d'avoir répondu aux besoins que la "Stratégie Mondiale du Logement" proclamée par l'Assemblée Générale des Nations Unies, en décembre 1988, remettait en évidence avec encore plus d'acuité et d'urgence.

Les organisations internationales, comme les institutions gouvernementales et les organisations non gouvernementales, les centres de recherche, d'enseignement supérieur et de formation professionnelle, dans les pays en développement comme dans les pays industrialisés qui prétendent apporter leurs contributions au développement, doivent donc privilégier l'exploitation des ressources en matériaux et en savoirs-faire locaux et s'engager dans des stratégies de conscientisation, de formation, de valorisation et d'application plus systématiques, globalisantes et coordonnées. Il est vrai que de telles orientations sont déjà rentrées dans les faits décisionnels dans beaucoup de pays. Il serait trop long ici de rendre compte de la multiplicité des projets qui ont été développés au cours des 15 dernières années qui ont été marquées par une réelle avancée de cette tendance. Mais celle-ci doit être plus que jamais confirmée, amplifiée et surtout légitimée par des engagements politiques ainsi que par des résultats efficaces qui soient à même de lever les doutes et les résistances qui demeurent encore. Il y va donc non seulement de l'affirmation de la pertinence, de la volonté mais aussi, fondamentalement, de la compétence.

L'avenir des architectures de terre est résolument en marche et on peut prendre date, aujourd'hui, de la pertinence visionnaire du propos de grandes personnalités qui entrevoyaient cette évolution nécessaire. Par exemple, Indira Gandhi, qui déclarait en 1980 : "Tous les bâtiments modernes entraînent une grande dépense d'énergie, (...), ce n'est pas le cas des architectures traditionnelles. Les techniques nouvelles sont nécessaires mais il faut adapter et améliorer les acquis". Ou encore, la célèbre politologue Susan George, spécialiste des questions du développement des sociétés les moins avancées, qui dans l'un de ses plus récents livres intitulé "Jusqu'au cou" (1990 Editions La Découverte pour la version française), analyse la situation de la dette des pays du Sud et s'efforce de formuler les bases d'une problématique de réponse positive en s'orientant notamment sur des solutions de remboursement en valeur "créative" ou "en nature", et non strictement monétaire. Elle propose à l'issue de son analyse un ensemble de onze solutions envisageables pour impulser un programme cohérent de développement des sociétés les moins avancées. L'une de ces recommandations stipule clairement qu'il faudrait développer "l'étude et les relevés (et, si nécessaire, amélioration) des techniques de construction locales, en particulier l'architecture de terre - "pisé" ou "banco" - et de nouvelles constructions, en particulier de bâtiments publics, employant ces techniques.

## **II - Enjeux actuels :**

### **Recherche, Formation, Documentation et Normalisation**

Les développements, au cours des quinze dernières années, de la recherche scientifique et architecturale, sur le matériau terre pour construire, sur les techniques de production des matériaux et les techniques et systèmes de construction, les avancées de la formation universitaire et professionnelle et leurs débouchés sur la mise en place de cursus et de centres de formation spécialisés, la diffusion internationale de la documentation scientifique et technique, l'investissement des industriels et des entreprises du bâtiment dans le montage de "filiales terre" pour le développement de l'habitat et des équipements publics, la structuration de la question de la normalisation,

convergent aujourd'hui vers l'émergence et la consolidation de politiques et de stratégies nationales qui intègrent le potentiel très réaliste et prometteur des architectures de terre, au plan économique et social (artisanat, industrie et emploi), environnemental et culturel (écologie et question des patrimoines).

Il importe donc, ici, dans les axes de réflexion posés par ce séminaire, de faire le point, général, sur les principaux enjeux liés au développement actuel et futur des architectures de terre. On situera notre propos dans quatre principaux axes :

- la recherche scientifique et architecturale : axes développés et voies futures
- la formation universitaire et professionnelle : offre actuelle et voies futures
- la question de la documentation et de la diffusion de l'information scientifique
- la question de la normalisation des matériaux et des techniques.

On laissera ici volontairement de côté les aspects qui sont abordés par d'autres contributions (question des patrimoines et question de l'industrialisation abordées par M. Alva - ICCROM - et M. Houben - CRATerre-EAG, notamment, question de la coopération technique abordée par d'autres intervenants universitaires italiens). Par ailleurs, on ne relèvera que les tendances "lourdes" afin de restituer un propos synthétique et le plus clair possible.

## **II.1. La recherche scientifique et architecturale : l'état général de la situation, les voies de la recherche pour le futur**

En 1982, Le Plan Construction, organisme ministériel français de soutien à la recherche dans les domaines de la construction, l'architecture et l'urbanisme, confiait au CRATerre une recherche visant à dresser l'état de l'art de construire en terre et à définir les voies de la recherche à développer pour les prochaines années. Cette recherche exploratoire s'efforçait d'aborder la question à la dimension internationale en dépouillant et analysant un important fonds documentaire et en collaborant avec le réseau de recherche connu de l'équipe.

Cette recherche, qui constitue toujours à ce jour la seule tentative d'approche globale et la plus exhaustive possible de la question, permettait de dégager 70 thèmes à développer avec des priorités diverses, pour un coût alors évalué à 23 400 000 FF. Les thèmes retenus couvraient trois types d'actions de recherche classiques d'une programmation programmée :

- Connaître : la recherche fondamentale, avec 8 thèmes, pour un coût total de 3 670 000 FF ;
- Appliquer : recherche opérationnelle, avec 22 thèmes, pour un coût total de 6 850 000 FF ;
- Divulguer : la recherche pédagogique, avec 40 thèmes, pour un coût total de 12 880 000 FF.

La conclusion générale qui se dégagait alors de cette recherche exploratoire était que le développement des recherches opérationnelles et pédagogiques devait primer sur le développement de la recherche fondamentale.

On laissera ici de côté l'aspect de la recherche pédagogique car il sera traité par la suite aux points formation et documentation. De plus, les conclusions qui étaient émises dans le rapport de 1983 ne sont, non seulement pas démenties, mais confirmées par les tendances qui se sont affirmées au cours de ces 10 dernières années, cela justifiant un traitement plus particulier.

Si l'on reprend les aspects de la recherche scientifique (fondamentale) et opérationnelle, et si l'on isole ici un ordre de priorité pour le développement des recherches qui était proposé (en ne retenant ici que les priorités absolue, très forte et forte), on relèvera les aspects suivants :

### **- Recherche scientifique (fondamentale) :**

Priorité absolue :

La protection de surface : perméance et perméabilité ;

Priorité très forte :

Le matériau de construction en terre : les caractéristiques du matériau ;

La stabilisation : l'exploration des stabilisants moins connus ;

La protection de surface : les enduits naturels ;

Priorité forte :

La protection de surface : enduits modernes.

Il apparaît clairement que les axes protection de surface et stabilisation étaient prioritaires. Ils le sont toujours aujourd'hui, notamment pour une meilleure adaptation du matériau et des constructions aux contraintes des environnements climatiques ainsi que d'usage (protection intérieure).

Qu'a-t-il été fait dans ces directions ?

L'aspect caractérisation du matériau de construction a été assez bien couvert, avec une synthèse des données connues issues de la littérature scientifique et par plusieurs recherches engagées par les laboratoires dont les résultats ont été restitués lors de colloques et séminaires nationaux et internationaux. La caractérisation mécanique, statique, hydrique et physique est correctement énoncée avec toutefois une meilleure connaissance du matériau bloc de terre comprimée qui a fait l'objet des recherches les plus spectaculaires au cours des dix ans passés. L'adobe et le pisé sont relativement bien caractérisés, avec encore des inconnues, alors que les matériaux plus traditionnels tels que torchis et bauge (les plus économiques) demeurent quasiment inconnus. D'autres aspects demeurent encore très négligés, notamment la caractérisation thermophysique du matériau terre qui n'a principalement été traitée que sous les aspects propriétés d'isolation et d'amortissement en rapport de l'épaisseur des murs et à la masse volumique. Il est vrai que les programmes de recherche thermo-physiques exigent l'utilisation de matériels de test et de contrôle assez sophistiqués et des approches comparatives à l'échelle grandeur et en situation climatique (différents matériaux, différents modules testés) ainsi qu'un long suivi. De tels programmes coûtent fort cher. Les investissements des USA (Thermal Masse Study Program au Nouveau Mexique) dans cette direction, dans les années 70, alors favorisés par le contexte du développement de l'architecture bioclimatique, l'avaient déjà montré.

Sur l'aspect protection de surface, beaucoup de recherches sont en cours de développement, avec des programmes de tests sur des murets en ambiance climatique réelle, avec des essais et expérimentations directement menées sur les chantiers de construction neuve ou de restauration. Les bilans ne sont pas encore totalement réalisés mais on commence à mieux connaître le comportement des enduits, des badigeons ou peintures à base de liants hydrauliques conventionnels (ciment, chaux, plâtre) alors que tout doit être encore exploré dans le domaine des enduits à base de terre ou enduits "naturels".

Sur l'aspect stabilisation, là encore, l'emploi des liants hydrauliques conventionnels (ciment, chaux) est assez bien cerné, notamment, pour ce qui concerne le bloc de terre comprimée, ainsi que pour la stabilisation au bitume pour l'adobe (USA). Mais, tout doit être encore fait sur l'identification des produits et des pratiques traditionnels, du comportement des matériaux stabilisés de façon traditionnelle. Ces produits et pratiques sont légion et il conviendrait d'isoler ceux qui sont encore les plus pratiquées (p.e. la stabilisation au jus de néré, au Nord Nigéria, au Niger et au Burkina, les enduits en terre et fibres végétales en Europe).

La question évoquée de l'étude scientifique et opérationnelle des enduits naturels ainsi que des modes de stabilisation traditionnels est toujours au premier plan des voies prioritaires de recherche à développer, mais dans une approche transversale, aux plans technique (efficacité) comme économique (coûts) et culturel (savoir-faire). On ne peut aujourd'hui envisager le développement de telles recherches qu'en rapport direct avec les terrains et donc avec l'analyse, in situ, des cultures constructives. L'approche "fondamentale", en laboratoire, est de fait moins prioritaire et vient en second plan.

#### **- Recherche opérationnelle**

Priorité absolue :

- Les éléments de construction : toitures en terre ;
- Les éléments de construction : arcs, voûtes, coupoles ;
- Les éléments de construction : toitures plates et inclinées.

Priorité très forte :

- La production : presses et unités de production ;
- La production : optimisation du séchage ;
- La stabilisation : vérification des stabilisants connus ;
- La protection de surface : badigeons et peintures ;
- La protection de surface : accrochage et application des enduits ;
- L'architecture de terre : la rénovation ;

Priorité forte :

- La terre pour construire : matériel d'analyse et d'essais ;
- La production : pulvérisateurs - cribleurs ;
- La production : coffrages et dames ;
- La production : malaxeurs ;
- La production : étireuses ;

## La production fabrication de l'adobe.

Il apparaît ici que les recherches opérationnelles sur les éléments de construction sont prioritaires et notamment la question des toitures en terre. Les recherches à caractère opérationnel sur la vérification des stabilisants connus (ciment, chaux) ont été considérablement développées avec les avancées de la technologie du bloc de terre comprimée alors que celles menées sur la protection de surface demandent encore à être légitimées par les résultats de terrain autorisant des applications en nombre. La production est également une forte priorité, principalement sur les matériels de production et, dans ce domaine, l'ouverture concrète des marchés a permis un réel progrès technologique associé à une diversification du potentiel.

Considérant plus particulièrement les recherches opérationnelles sur les toitures en terre, on peut dire aujourd'hui qu'elles n'ont pas vraiment avancé, à l'exception peut-être du domaine des applications sur les toitures en voûtes et coupoles qui ont eu la faveur de bon nombre d'architectes, sur des projets très variés, d'habitat (de luxe ou économique) et d'équipement publics. Les programmes qui étaient réalisés par l'ADAUA, au Burkina et en Mauritanie, dans les années 70, sont relativement bien connus et ont démontré qu'un savoir-faire spécifique sur les voûtes et les coupoles pouvait être aisément transmissible. Par contre, la question de la faisabilité économique, de l'acceptabilité culturelle et de l'adaptation climatique (notamment pour les régions à climat humide, avec des solutions de protection de surface adaptées) de ces modèles de toitures reste problématique. Un débat s'est fait jour, de nature conceptuelle, qui oppose désormais, pour les voûtes et les coupoles les notions de "structure" et de "couverture". Pour ce qui concerne les autres domaines d'application de ces solutions de toitures, celui de l'architecture de luxe (exemples des réalisations de Elie Mouyal au Maroc, p.e.) ouvrent un marché qui connaît un réel succès tendant à réactualiser le potentiel architectural de la qualité esthétique des formes, des espaces ainsi que du détail constructif (systèmes de coupoles sur trompes aux formes multiples, modénatures diverses p.e.). Les applications les plus récentes situées dans le domaine de l'habitat économique (Programme "Construire sans bois" du Niger p.e.) montrent que des études préalable de faisabilité sont nécessaires où l'on devrait distinguer six points d'étude importants :

- l'aspect socio-culturel : analyse de la demande, acceptabilité par la population ;
- l'aspect économique : le standing des constructions, les coûts, l'accessibilité, les crédits, l'état du marché ;
- les aspects techniques : matériaux de structure et d'étanchéité, résistance, normes en vigueur ;
- l'aspect climatique et géographique : climat, environnement, risques naturels (séismes, p.e.) ;
- l'aspect institutionnel, public / privé : les institutions et leur rôle, les politiques, les moyens et les capacités ;
- l'aspect formation et savoir-faire : niveau, expérience, capacités de formation ou de transfert.

Dans ces six points, ceux de l'acceptabilité culturelle, de l'adaptation climatique et de la formation professionnelle sont essentiels.

Pour les recherches opérationnelles sur les autres types de toitures en terre, plates ou inclinées, très peu a été fait, à l'exception de quelques opérations à caractère expérimental qui ont permis de tester des solutions de structures de toitures plates avec poutrelles en béton armé et voûtains en blocs de terre. Ces solutions semblent fiables du point de vue structural, bien que des recherches doivent être encore poussées sur l'optimisation du rapport flèche/portée des voûtains (par le calcul et l'expérimentation). Quant à la question des finitions et de la protection de surface des toitures plates, elle rejoint celle de la protection des voûtes et coupoles et met en avant le problème de l'adaptation aux contraintes climatiques ainsi que le problème de l'entretien.

Les recherches sur les solutions de toitures inclinées en terre n'ont pas été développées alors qu'un potentiel existe dans le legs des cultures constructives traditionnelles de nombreuses régions du monde. La problématique doit notamment aborder les points du renforcement des structures porteuses de charpente et de l'allègement de la charge de ces solutions de toitures qui mettent en oeuvre des éléments lourds du type bardeaux de terre-paille (tradition germanique et nordique), des fuseaux de terre ou plus récemment des dalles de terre-paille ou de torchis armées de bois (solutions plus légères). Les recherches menées en Allemagne sur les éléments de toiture en terre-paille avec l'optimisation du rapport légèreté et isolation thermique mériteraient d'être poussées mais en privilégiant une réponse à des objectifs d'application économique, outre l'aspect séduisant de la réponse "écologique".

Concernant l'axe de recherche opérationnelle sur la production, on doit relever ici qu'une importante avancée a été opérée au cours de la dernière décennie, particulièrement pour ce qui relève de la technologie du bloc de terre comprimée. Le lancement régulier, sur le marché, de presses et de matériels périphériques (broyeurs, cribleurs, malaxeurs), offre désormais une gamme très complète de matériel qui se caractérise par sa grande flexibilité d'utilisation, de l'échelle artisanale à l'échelle industrielle. La vraie question qui est posée par cette "prolifération" des nouveaux matériels de production est celle du contrôle de leur qualité et de leur productivité car on observe de grands écarts entre ce qui est annoncé par les constructeurs et les réalités

d'utilisation. L'utilisation concrète de ces matériels, sur les terrains d'application, ne devrait pas tolérer - compte tenu des objectifs stratégiques actuels de revalorisation de la construction en terre et d'efficacité du ratio investissement/production - les déficiences de fiabilité. Cette question primordiale renvoie en fait à la nécessité de développer une recherche spécifique qui déboucherait sur la définition de cahiers des charges pour la mise au point de matériels de production, sorte de norme de qualité industrielle. Pour l'instant, la connaissance des matériels existants sur le marché est bien couverte, notamment par les actions d'inventaire systématique qui ont été développées ces dernières années par le service EAS (Earth Architecture Service) du réseau BASIN. Ce travail débouche sur l'édition de catalogues de matériels édités par le CDI (Centre du Développement Industriel, Bruxelles, Belgique). L'utilisation des matériels, en rapport avec la production des matériaux est elle-même bien cadrée et des guides d'utilisation mettant en valeur les principes d'organisation des lignes de production, en rapport avec la faisabilité technico-économique, ainsi que la question du contrôle de la qualité, seront disponibles dès l'année 1995 (éditions GATE/GTZ).

Pour les autres types de matériels de production, et notamment pour les matériels de la technologie du pisé (coffrages et dames) ainsi que pour les matériels de la technologie de l'adobe, la recherche doit être développée avec comme objectif immédiat de faire le point sur ce qui est utilisé dans le monde. Les terrains privilégiés de cette recherche sont notamment les USA et l'Australie pour le pisé et les USA, pour l'adobe industrielle. Les procédés de production traditionnels de l'adobe (pays d'Europe continentale et méditerranéenne, pays africains, pays d'Amérique latine, Inde, Chine, ...) mériteraient aussi de faire l'objet d'une recherche plus poussée, notamment axée sur les savoir-faire (choix des terres, dimensions des matériaux, utilisation constructive). D'une manière générale l'analyse des procédés et savoir-faire du pisé et de l'adobe doit être une priorité de recherche car elle constitue un énorme potentiel utile pour les applications sur l'habitat économique dans les pays en développement. Une documentation spécifique doit être préparée pour l'avenir qu'il faut d'ores et déjà associer à une stratégie de large diffusion des informations.

#### **- Recherche architecturale**

Plusieurs axes de recherche à caractère plus spécifiquement architectural doivent être engagés dans les prochaines années et à notre sens constituer une priorité directement utile à l'amélioration du potentiel existant.

Nous pointons ici quatre grandes directions : la recherche sur les dispositions constructives du projet d'architecture de terre, la recherche sur les cultures constructives "vivantes", la recherche sur l'architecture de terre pour l'habitat économique et la recherche sur l'architecture de terre en situation sismique.

Pour ce qui concerne la recherche sur les dispositions constructives du projet d'architecture de terre, on doit relever que le domaine du projet en maçonnerie de petits éléments de terre a bénéficié de l'avancée des recherches sur la technologie du bloc de terre comprimée. Les dispositions constructives des projets utilisant ces matériaux sont aujourd'hui bien connues avec un large registre de solutions, des fondations à la toiture. Des ouvrages de référence sont en passe d'être diffusés qui apporteront des éléments de connaissances appréciés des opérateurs (architectes et entrepreneurs), notamment pour la conception de projets d'habitat et d'équipements publics en situation de développement. Par contre, les recherches sur les dispositions constructives du projet d'architecture en adobe et en pisé doivent être développées ayant été mises de côté au cours de ces dernières années. La littérature nord-américaine et sud-américaine sur l'adobe constitue un fonds important et très varié mais assez ancien (années 70). Il devrait être réactualisé en prenant en compte l'activité de projets réalisée durant ces 15 dernières années. La diffusion d'ouvrages de synthèse est nécessaire mais au-delà de la restitution d'un savoir technique commun à l'ensemble des cultures constructives et architecturales utilisant l'adobe (typologie des structures, solutions d'appareillage, etc...), il demeure important de laisser une place à la valorisation du caractère régional, voir local, des typologies constructives et architecturales dans le domaine des réalisations traditionnelles autant que récentes qui constituent une source d'information utile considérable. Le choix des exemples doit rester une préoccupation centrale de façon à valoriser le caractère architectural des ouvrages et à couvrir la plus large typologie des systèmes constructifs. Pour le pisé, le fonds documentaire est relativement ancien et mériterait d'être réactualisé par l'analyse constructive et architecturale des réalisations "récentes" de l'histoire de la technologie, histoire que nous situons à partir de la reconstruction de l'après Seconde Guerre Mondiale, en Europe (avec les expériences allemandes notamment) et jusqu'à nos jours avec l'analyse des réalisations nord-américaines et australiennes.

La recherche "terre" sur les savoir-faire des cultures constructives et architecturales traditionnelles "vivantes" (et de fait contemporaines), constitue une grande priorité. D'une part pour faire état de cultures qui sont menacées de disparition rapide dans beaucoup de pays - et qu'il faut inventorier d'urgence - et d'autre part pour analyser et valoriser un potentiel de savoir et de savoir-faire directement utile sur le terrain d'application de l'architecture d'habitat économique, dans les situations de développement où la réponse des matériaux et des savoir-faire traditionnels doit être revalorisée. Il s'agit là non pas d'une recherche sur les typologies des architectures traditionnelles, bien que celle-ci, de caractère "académique", doive encore être poursuivie, mais

plutôt d'une recherche sur les pratiques "situées" de conception et d'exécution. Cette recherche doit être problématisée sur un questionnement transversal, de nature "ethnologique", à la fois technique, économique et socio-culturel. Il s'agit de restituer un état "dynamique" des connaissances, particulièrement pour ce qui concerne l'organisation sociale et économique de la production des matériaux (analyse des savoirs, des savoir-faire, organisation sociale des métiers, les coûts matériaux et main d'oeuvre, etc...). Il s'agit aussi de pointer et d'analyser le plus clairement possible les tendances d'évolution de ces pratiques situées et des modèles constructifs et architecturaux, de façon à pouvoir mieux répondre aux attentes et aux besoins des sociétés. Une telle recherche doit mobiliser la communauté scientifique internationale et se doter des moyens adaptés permettant une présence durable sur les terrains d'études et l'utilisation des techniques les plus actuelles de relevés, d'entretiens et de traitement par l'image (photographies, vidéos, films). Nous ne voyons comme possibilité de développer un tel type de recherche que la commande volontaire des gouvernements et des organisations de l'aide au développement de l'habitat, comme étude indispensable en préalable de tout lancement de projets.

La recherche architecturale sur l'habitat économique est un questionnement indispensable et fortement prioritaire qui sous-tend directement ceux précédemment évoqués (dispositions constructives et cultures vivantes du projet construit en terre). Dans ce domaine, l'approche doit être là encore directement "située" (échelles régionales et locales) pour dépasser les limites de propositions qui relevaient jusqu'alors, principalement, du transfert des technologies et des modèles constructifs et architecturaux, depuis les pays industrialisés vers les pays en développement ou depuis les milieux centralisés ou urbains vers les milieux ruraux. L'analyse fine des pratiques constructives et architecturales actuellement liées à la production située de l'habitat, l'analyse des tendances lourdes d'évolution des sociétés locales (attentes, besoins, moyens), des potentiels locaux utiles au plan technologique, économique, social et culturel deviennent incontournables pour assurer le passage vers un nouveau seuil de qualité des réponses, *in situ*. Là encore, la commande volontariste des gouvernements et des organisations de l'aide au développement de l'habitat, est la voie nécessaire qu'il faut encourager et concrétiser dans les faits des études préalables au lancement de projets qui devront intégrer l'utilité des potentiels régionaux et locaux, repérés et analysés.

Enfin, le quatrième aspect concernant les recherches sur l'architecture de terre en régions exposées au risque sismique. On doit relever ici que cette préoccupation est devenue majeure pour les institutions gouvernementales et les organisations de la recherche de plusieurs des pays concernés mais loin s'en faut de tous. Les recherches qui sont notamment menées aux USA (Californie) et en Amérique latine (Pérou) ainsi que les occasions d'échange des idées lors de colloques internationaux (Albuquerque, 1982, Lima, 1983, Las Cruces, 1990, Silves, 1993) ont contribué à des avancées. On peut ainsi constater que la recherche expérimentale et opérationnelle a privilégié l'approche du renforcement des structures (maçonnerie armée, chaînages horizontaux et verticaux, peaux renforcées) au détriment de l'approche de la stabilité des ouvrages (étude des dispositions structurelles et constructives associées à l'étude de la morphologie des ouvrages). Les tests dynamiques réalisés en laboratoire sont encore trop rarement menés sur des prototypes ou modèles d'ouvrages à échelle grandeur et encore rarement poussés jusqu'à effondrement des structures testées, ne permettant pas une analyse complète des mécanismes et des phénomènes de destruction. Par ailleurs, la recherche visant à définir des cadres de législation normative et préventive n'a pratiquement pas avancé contraignant ainsi les pays exposés à n'agir qu'en situation dramatique d'urgence (restaurer et reconstruire). Enfin, il faut constater que les recherches menées sur le terrain concernant les cultures constructives et architecturales parasismiques traditionnelles et les recherches sur la caractérisation des dommages causés à la suite d'événements sismiques, ont guère avancé n'ayant pas constitué une priorité des opérateurs de ce champ de recherche. Il y a pourtant, à l'évidence des observations de terrain, un potentiel culturel très important qu'il conviendrait d'analyser et de réactualiser tout en apportant les améliorations issues des développements de la science et de la technologie constructive parasismiques contemporaines.

Enfin, nous concluons ici cette approche de la situation générale et des voies futures de la recherche par l'évocation de la nécessité d'un développement plus globalisant et coordonné des actions, au plan international. Des plateformes de réflexion, nationales et intergouvernementales, à l'échelle des continents sont désormais plus que indispensables. D'une part pour éviter les doublages inutiles des efforts financiers et intellectuels et d'autre part pour contribuer à une avancée plus performante de la recherche dans toutes ses dimensions (scientifique, opérationnelle, architecturale). Des tentatives de coordination internationale ont été faites, notamment avec la création en 1987 d'une commission technique de la RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherche sur les Matériaux et les Constructions) et le CIB (Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, l'Etude et la Documentation). Cette commission technique sur la construction en terre (RILEM : TC-96-EB "Earth Buildings" et CIB : W90 "Earth Technologies") visait notamment le développement d'une activité coordonnée, intercontinentale, sur l'élaboration de normes et de spécifications techniques pour la construction en terre. Les travaux de cette commission sont menés avec difficulté car les moyens et les fréquences de confrontation des idées et des expériences ne sont pas adaptés. En outre, devant l'ampleur de la question abordée, la commission a changé son intitulé pour devenir celui de "Comité RILEM/CIB Science et Technologie du bloc de terre comprimée", marquant par cela une restriction du champ de

préoccupation. Il conviendrait peut être, dans un proche avenir de dynamiser les comités de réflexion nationaux puis de passer à une échelle continentale avant d'envisager le développement d'échanges intercontinentaux. La mise en place d'une plateforme européenne sur la question de la recherche dont la première mission serait la publication d'un "Index" de la recherche (bibliographie et définition des priorités), en faisant remonter des contributions préalables de comités nationaux des pays d'Europe, serait sans doute fort utile et appréciée. Cet exemple pourrait ensuite être suivi par d'autres régions du monde. On notera que, dans le domaine spécifique du Projet GAIA sur la préservation des architectures de terre, la coordination de la recherche et la publication d'un index spécifique sont déjà avancés. Un exemple à suivre dans d'autres champs de la recherche.

## **II.2. - la formation universitaire et professionnelle : offre actuelle et voies futures**

### **La situation actuelle de la formation dans les pays industrialisés (Europe, USA).**

La formation "spécialisée" sur la construction et l'architecture de terre, en tant que savoir constitué transmissible, est une préoccupation historique récente. On peut la faire remonter, en Europe, à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle et au début du XIX<sup>ème</sup> siècle avec les tentatives de François Cointeraux qui installait par plusieurs fois, à Lyon et à Paris, des "Ecoles d'Architecture Rurale" destinées à valoriser l'emploi de son "nouveau pisé". Ces expériences ne trouvaient pas les soutiens politiques et financiers nécessaires à leur épanouissement et étaient très vite avortées. A la même époque, d'autres promoteurs "illuministes" de l'architecture de terre, en Europe, tentaient des expériences similaires. Tel fut le cas de David Gilly, en Allemagne, fondateur de la *Bauakademie* de Berlin qui, outre une production abondante de littérature, à l'instar de Cointeraux, essaya de développer des formes d'enseignement utiles à l'amélioration de l'habitat rural où la construction en terre prenait place. Mais, de fait, les savoirs et les savoir-faire liés à la construction en terre n'ont été principalement transmis, depuis cette époque, que par le geste des bâtisseurs, sans école autre que celle de l'expérience du terrain.

On ne retrouve cette préoccupation d'un enseignement spécialisé qu'au vingtième siècle, notamment dans les années 20, en Allemagne. A cette période une littérature technique est diffusée (Engelhardt, Jobst, Kuntzel, Ritgen) et les régions de Prusse et de Saxe encouragent vivement la construction en terre en créant des écoles spécialisées, en organisant un réseau de centres de conseils établis dans chaque district et rattachés au Centre de recherche géologique de Berlin. Un grand centre spécialisé de recherche et de formation était créé dans la ville de Sorau. Cette préoccupation a resurgi à la veille de la Seconde Guerre Mondiale (1939) du fait d'un rationnement des matériaux de construction industrialisés à cause de la politique de guerre du régime nazi. Par la suite, Albert Speer et Heinrich Himmler furent les idéologues d'un programme de construction en terre lié à l'installation des populations allemandes dans les territoires annexés (Pays Baltes, Russie et Pologne). Le centre de Posen éditait en 1943 des guides de construction en terre qui préparaient l'édition des normes DIN de 1944. Aux lendemains de la Seconde Guerre Mondiale, l'Allemagne dévastée par les bombardements et faisant face à un immense besoin de reconstruction allait mobiliser en priorité, par volonté politique, le recours aux matériaux locaux. Il faut rappeler ici toute l'importance prise alors par la formation des hommes concrétisée dans les faits par la création d'écoles spécialisées délivrant un enseignement intensif sur la construction en terre à des maçons et contremaîtres du bâtiment. Par exemple, à Sachsen, une association locale organisait des stages permanents de 2 semaines de formation professionnelle dont bénéficièrent près de 150 architectes et ingénieurs ajoutés de 600 artisans, jusqu'en 1950. Cette école contribuait à la construction d'environ 200 logements. Un programme de cours sur la technologie de construction en terre fut introduit dans toutes les écoles du bâtiment jusque vers 1953 lorsque l'Allemagne fut à nouveau dotée d'une capacité industrielle de production des matériaux pour l'habitat. Il est aujourd'hui confirmé que l'Allemagne (ex RDA) a reconstruit plusieurs dizaines de milliers de logements en terre aux lendemains de la Seconde Guerre Mondiale (on en comptait environ 37 000 à la périphérie de Berlin, en 1948).

Ce n'est que 25 années plus tard que l'on voit à nouveau émerger cette tendance à la mise en place d'une formation spécialisée, en Europe, notamment à partir de l'expérience française qui prend place à l'Ecole d'Architecture de Grenoble sous l'impulsion de l'équipe CRATerre. On connaît aujourd'hui l'ampleur qu'a pris dans cette école le programme d'enseignement supérieur (CEAA-Terre) et de formation professionnelle (cours intensifs internationaux sur la technologie du bloc de terre et sur la préservation des patrimoines), pour ne pas avoir à y revenir.

La percée de la formation spécialisée s'opère aussi dans d'autres pays mais principalement sous forme de stages ou de séminaires, d'ateliers de courte durée organisés dans quelques rares universités (en Allemagne avec le GHK de Kassel et désormais par une association nationale des constructeurs en terre) et en Italie (Milan, Turin, Udine, Ancone), en Espagne (Navapalos), en Belgique (PGC-HS de Leuven). Ailleurs, aux USA par exemple, ce ne sont que des "Summer Workshops", organisés par des associations de constructeurs et très ciblés

sur l'adobe. L'Université du Nouveau Mexique, à Belen, aurait intégré un cursus de 40 heures de cours sur la technologie des maisons solaires en adobe au cours des années 80.

Il faut ici relever l'importante décision politique récemment prise par le Portugal, dans le cadre de son récent programme national des arts et des métiers traditionnels qui s'est ouvert, à la suite de la Conférence TERRA 93 (Silves) sur la mise en place d'un cours spécialisé de 3 ans pour maîtres de construction civile traditionnelle, dans l'Ecole Nationale des Arts et Métiers Traditionnels de Serpa (Sud-Est du pays). Ce cours mis en place grâce à une collaboration du Projet GAIA développe sur les trois ans de formation trois thèmes dominants : les matériaux et leur mise en oeuvre (1ère année), les éléments et systèmes constructifs (2ème année) et la construction du bâtiment (3ème année) avec une ouverture sur des séminaires de restauration du patrimoine au-delà des trois années du cursus général. La part d'enseignement théorique, sur les 3 ans cumule 270 heures alors que la part d'enseignement pratique couvre 990 heures.

Dans les autres pays d'Europe, excepté la France et le Portugal, on ne connaît pas pour l'instant d'initiative similaire mais des projets sont actuellement formulés qui visent à intégrer cette préoccupation d'une formation spécifique dans les cursus de quelques centres de formation technique aux métiers du bâtiment et dans quelques écoles d'architecture. Rien n'est vraiment concrétisé pour l'instant. On observe également l'émergence d'une activité de sensibilisation et de formation de base portée par des associations qui touche très directement les milieux professionnels régionaux et qui se situe dans une tendance "environnement-écologie" répondant à l'attente d'un public d'autoconstructeurs. Cette activité mériterait d'être mieux coordonnée pour être plus performante et mieux soutenue quant aux contenus qui sont encore trop souvent "basiques".

### **La situation actuelle de la formation dans les pays en développement.**

Dans les pays en développement, il n'existe pas vraiment d'écoles ou de centres de formation spécialisés "institutionnalisés" connus à ce jour. Des initiatives ont été prises par certains pays comme au Mexique p.e. (expériences de la CONESCAL, au début des années 80) ou le CCL de Cacavelli au Togo, le CNPAR au Burkina (à l'époque de l'ex Haute Volta), mais ont périclité ou n'ont pas été reconduites faute de soutien adapté. Divers programmes ont été récemment lancés dans quelques rares pays, comme au Nigéria, p.e. avec la mise en place du CECTech de Jos (Centre for Earth Construction Technology, Etat du Plateau) qui propose désormais en programme de 4 cours de courte durée (1 semaine) par an sur la technologie du bloc de terre, pour architectes et ingénieurs d'une part, pour maçons et coordinateurs de travaux, d'autre part. En Algérie, le CNERIB (Alger) a préparé la mise en place d'un programme de formation de formateurs sur la technologie du bloc de terre comprimée mais la situation politique actuelle rend très difficile sa mise en oeuvre concrète. En Inde, le "Building Centre" de Auroville, soutenu par l'HUDCO (Housing and Urban Development Corporation), a établi un Centre d'information et de documentation spécialisé qui propose des actions de formation sous forme de stages liés à des chantiers formation de production des matériaux et de construction. On sait par ailleurs que plusieurs universités de pays d'Amérique latine (Pérou, Brésil, Vénézuéla), et le Mexique, ont appuyé l'intégration de cours sur la construction en terre dans leurs départements d'architecture et de Construction (expériences situées à Lima, Pérou, à Sao Paulo, et à Picacicaba, Brésil, à l'Université de Guadalajara, Mexique et prochainement à Caracas, Vénézuéla). Il faut relever ici que toutes ces initiatives sont à porter au crédit d'architectes qui ont été formés dans le cadre du CEAA-Terre de l'Ecole d'Architecture de Grenoble. A Cuba également, un projet vient d'être lancé avec une première phase de soutien du CNUEH (Habitat), projet qui cherche d'ores et déjà les voies d'une amplification plus conséquente sur un axe formation de formateurs en liaison avec les 4 principales écoles d'architecture de l'île (La Havane, Santa Clara, Camaguey et Santiago de Cuba). Un autre projet tente d'émerger au Maroc, formulé depuis déjà une dizaine d'année avec le soutien de l'ERAC-Tensift (Marrakech), qui viserait à installer un "Institut de la Construction en Terre" mais la volonté politique doit être là encore considérée comme "frileuse".

Le type d'action pédagogique qui prédomine actuellement dans les pays en développement, est la formation sur chantier production-construction, réalisée dans le cadre de projets de mise en place de lignes de production avec des partenariats industriels ou d'entreprises (projets ONUDI dans plusieurs pays africains p.e.) ou dans le cadre de programmes d'urgence liés au relogement de populations déplacées par des conflits (projet du GATE en Erythrée p.e.), ou encore dans le cadre d'un soutien technique apporté par des Organisations Non Gouvernementales pour la mise en place d'équipements scolaires ou de la santé (projets soutenus par Misereor dans les pays africains p.e.). Ces projets ont un impact généralement très local, parfois régional, mais apportent des contributions concrètes à une stratégie de valorisation de la construction en terre et de conscientisation des milieux professionnels et des populations.

### **Quelques voies futures pour la formation**

La création de centres de formation professionnelle et l'intégration de cours spécialisés dans les cursus courants des centres de formation aux métiers du bâtiment et des universités (Départements d'Architecture et

d'Ingénierie), dans les pays industrialisés comme dans les pays en développement, est un enjeu capital pour les prochaines décennies. La demande d'information, de documentation à caractère pédagogique est de plus en plus pressante mais les volontés politiques exprimées pour financer la définition des enseignements sont encore pour l'instant, majoritairement, des vœux pieux qui ne se concrétisent que très rarement dans les faits décisionnels et de mise en oeuvre. Il s'agit donc d'appuyer les stratégies de conscientisation des milieux politiques et de décision dans les institutions nationales de l'éducation sur cette nécessité absolue du développement de la formation spécialisée dans les universités, les centres techniques et sur les terrains d'application. Créer les conditions favorables à la claire compréhension de cet enjeu de la formation des compétences et à l'émergence d'une volonté d'attribution des moyens matériels, financiers et humains.

Pour ce qui concerne l'expérience et l'offre de formation déjà existante en France (Ecole d'Architecture de Grenoble), il convient désormais d'élargir l'offre actuelle des contenus (plus large éventail de techniques et plus large typologie de "niveaux" de formation intégrant aussi les formations supérieures spécialisée telles que DESS, DEA et formations doctorales), d'adapter cette offre à un plus large public et de développer un effort complémentaire d'amélioration des matériels didactiques. On observera, pour ce qui concerne ce contexte français que l'adaptation nécessaire de la formation devrait trouver un cadre mieux adapté avec la création du futur "Pôle d'Enseignement, de Recherche et de Développement de la Construction" qui est d'ores et déjà préfiguré sur la Ville Nouvelle de l'Isle d'Abeau (près de Lyon) qui intégrera le volet terre et matériaux locaux au même titre que les autres matériaux (acier, béton, bois, ...). Ce premier projet inter-établissement (écoles d'architecture, d'ingénieurs et d'arts) montre que des actions coordonnées commencent à émerger qui permettront une gestion plus optimale des moyens et un renforcement de l'efficacité de l'offre actuelle pour les milieux de l'enseignement supérieur et professionnel. L'ouverture européenne d'un tel projet est d'ores et déjà une option envisagée.

Un troisième axe lié au développement plus conséquent de la formation est la préparation et la diffusion de matériels pédagogiques et didactiques adaptés non seulement à des publics cibles différents mais aussi à des contextes d'utilisation différents. Il s'agit bien en effet de toucher le plus large registre des opérateurs, depuis les milieux décisionnels jusqu'aux milieux techniques opérationnels mais surtout de mieux "coller" aux spécificités des cultures régionales, voire locales (intégration des préoccupations liées aux langues nationales et parfois même vernaculaires, intégration des références aux potentiels des cultures constructives et architecturales). Cet enjeu lié à "l'intégration" de la formation est d'autant plus important dans la préparation des contenus d'enseignement qui seront utilisés dans les pays en développement car ceux-ci connaissent actuellement une fracture entre les savoir-faire liés à l'utilisation constructive des matériaux traditionnels et les savoir-faire conventionnels liés à l'utilisation constructive des matériaux modernes. L'héritage de la qualification professionnelle des pays en développement est menacé de disparaître sous la pression de pratiques de plus en plus déqualifiées qui laminent les cultures alors que leur revalorisation apparaît être un enjeu de plus en plus central. Par ailleurs, on observe de plus en plus une demande de contenus de formation très situés dans le cadre de projets précis. Il faudra donc adopter la plus grande flexibilité de préparation de ces contenus, intégrer une connaissance réelle des terrains de formation. Il faudra aussi renverser les tendances actuelles qui se contentent trop souvent d'appuyer des transferts de "Kit-formation" ou de formations "clés en main" ainsi que du "soupondrage" de contenus basiques, à la demande et au coup par coup. L'intégration, en matière de formation, est la voie future d'une large démultiplication des compétences et de la consolidation de leur efficacité "située", sur le long terme.

### **II.3. - la question de la documentation et de la diffusion de l'information technique et scientifique**

Le fonds documentaire existant sur la construction et l'architecture en terre est immense. Le long travail patient, méthodique et systématique mené par l'équipe CRATerre depuis ces quinze dernières années a permis d'inventorier et de classer plus de 8 000 références bibliographiques et de constituer une médiathèque (diapositives, films et vidéos) de plusieurs milliers de documents. Sur la question des patrimoines, le regroupement des fonds du CRATerre et de l'ICCROM a permis de constituer un fonds exceptionnel. Même si ces fonds documentaires sont aujourd'hui accessibles pour des travaux de troisième cycle, mémoires de CEAA-Terre, thèses doctorales (dans le cadre spécifique de conventions institutionnelles inter-établissements), ils demeurent encore inaccessibles au plus large réseau de chercheurs, d'enseignants et de professionnels faute de moyens adaptés. L'enjeu de cette accès est central pour les prochaines années dans la mesure où ce fonds documentaire, unique au monde, constitue la base d'un centre d'information et de documentation de référence dont la vocation est bien sûr, nous le souhaitons, l'exploitation utile par les opérateurs du champ de recherche, du domaine de l'enseignement et de la pratique opérationnelle.

Beaucoup a été fait ces dernières années pour produire des documents permettant de situer les sources documentaires utiles. Il s'agit notamment de l'édition de bibliographies parmi lesquelles on doit citer celles

produites aux USA sur l'adobe (Rex Hopson, Albuquerque, Nouveau Mexique), sur le pisé (REII, David et Lydia Miller, Greeley, Colorado), celles produites avec le soutien de CNUEH (Habitat) et du GATE/GTZ, celle sur la question de la préservation des patrimoines (Bibliographie du projet GAIA). Les références multilingues de ces bibliographies leur donnent une vocation d'usage international. Néanmoins, on perçoit toujours le besoin d'une amplification de cette activité de publication bibliographique avec des classements thématiques (recherche, formation, matériaux, construction, architecture, ...) et géographiques (continentales et régionales).

La production d'ouvrages sur la production des matériaux de construction en terre et sur l'architecture de terre a connu une période faste aux cours des années 80 et depuis ce début des années 90. Plusieurs titres de référence ont été édités et traduits en plusieurs langues. Tel est le cas de "Construire en Terre" (initialement publié en France par les éditions Alternatives, Paris, en 1979 puis traduit en espagnol et en anglais au cours des années 80). Cet ouvrage a été ainsi réédité 5 fois et une nouvelle demande a été récemment reformulée pour la version française par les éditions de l'Harmattan (Paris). Tel est aussi le cas du "Traité de Construction en terre" (initialement publié par les éditions Parenthèses en 1989 et récemment publié en anglais par ITDG en 1994). Tel est encore le cas du catalogue de l'exposition "Des Architectures de terre" accompagnant l'exposition du Centre Georges Pompidou (fin 1981 - début 1982) qui a été traduit dans les principaux idiomes internationaux (anglais, allemand, espagnol, portugais). Le catalogue des publications techniques disponible prendra une nouvelle ampleur avec tout ce qui concerne le champ de la technologie du bloc de terre comprimée (publications prochainement éditées par le GATE et le réseau BASIN, publications du CDI). Le domaine des patrimoines architecturaux en terre, dans les dimensions nationales a donné lieu à l'édition de nombreux titres de grande qualité dans plusieurs pays, y compris pour ce qui concerne les patrimoines des pays en développement (on relève ici l'excellente publication sur le patrimoine du Nigéria publié à l'initiative de la NCMM, Lagos, et de Ethnografica, Londres, p.e.) mais beaucoup reste encore à faire pour sortir les recherches de leur "confidentialité" institutionnelle et nationale. Une publication de synthèse sur l'histoire des architectures de terre dans le monde doit aussi constituer une priorité pour les prochaines années afin de valoriser l'ampleur de la question dans sa perspective historique et intercontinentale (pays industrialisés et pays en développement). On doit aussi observer que les contributions éditoriales de grande qualité qui résultent des colloques internationaux et de colloques nationaux réalisés ces dernières années (Adobe' 90, Terra' 93, colloques et séminaires réalisés en France - Isle d'Abeau -, en Italie -Cagliari), constituent des références très sérieuses et valorisantes. Il en va de même pour certains travaux de thèses doctorales (Allemagne, Etats-Unis) qui mériteraient d'être plus largement connues et être finalisées sous forme d'ouvrages de large diffusion. D'autres manifestations internationales déjà programmées (8ème Conférence sur la préservation des patrimoines en 1997, p.e.) viendront augmenter ces contributions d'excellence et alimenteront cet effort de coordination et de synthèse qui est aujourd'hui indispensable.

L'autre aspect de la diffusion de l'information et de la documentation concerne les matériels didactique et pédagogiques utiles à la mise en place de cours ou d'enseignements spécialisés. Il est évident que leur édition et leur diffusion doivent prendre de l'ampleur afin de soutenir l'effort international d'enseignement supérieur et de formation professionnelle qui s'impose comme l'un des grands enjeux du futur immédiat. Il est non moins évident que les techniques et les supports de diffusion doivent être adaptés à l'enjeu de l'internationalisation de la diffusion des savoirs avec la mise au point de banques de données multilingues cablées en réseaux, de logiciels de conception architecturale spécifiques aux différentes technologies de construction en terre (maçonnerie en petits éléments, structures monolithiques et systèmes en ossature et remplissage) et de didacticiels exploitant les ressources du potentiel des techniques de communication et médiatiques les plus actuelles ou celles préfigurant déjà les futurs modes de diffusion des savoirs. L'investissement dans ce domaine sera l'un des grands enjeux de cette fin de siècle et de la première décennie du XXIème siècle.

Enfin, on doit relever aussi l'émergence d'une nouvelle demande qui exprime le besoin d'une délocalisation des savoirs constitués pour faciliter les accès nationaux et régionaux aux connaissances. Cette demande se traduit par la mise en place de "centres de ressources documentaires" qui prennent le plus souvent place dans le cadre de programmes pluriannuels de coopération valorisant les actions de formation professionnelle. Des expériences de ce type ont été réalisées dans le cadre d'un projet franco-nigérian (avec la création du CECTech de Jos), franco-algérien (avec le CNERIB) et d'autres sont envisagées pour les prochaines années (Cuba p.e.). Ce type de demande deviendra sans aucun doute de plus en plus pressant et rejoint nos réflexions amont sur la nécessité de développer des stratégies de "documentation intégrée" qui viendront soutenir les futurs programmes de "formation intégrée".

#### **II.4 - la normalisation des matériaux et des techniques.**

La question de la normalisation des matériaux et des technologies de construction en terre est en train d'accéder au premier plan des préoccupations des opérateurs du terrain et des institutions du contrôle technique du secteur bâtiment comme des maîtres d'ouvrages (financeurs). Les propos liés à cette question sont à double

tranchant. D'une part, on reconnaît la nécessité de poser des règles de contrôle de la qualité et d'autre part on s'inquiète de l'existence de telles règles qui risqueraient d'exclure une grande partie du potentiel technologique existant, notamment tout ce qui relève du domaine des matériaux et des cultures constructives traditionnels dont le potentiel doit être valorisé. Il s'agit donc bien d'aborder cette question de la normalisation avec un mode de pensée adapté aux enjeux du contrôle de qualité mais sans renforcer les obstacles déjà existants et en prenant fondamentalement en compte les intérêts des producteurs de matériaux et des constructeurs, en visant la définition de références scientifiques et techniques, d'outils pratiques (spécifications, règles de l'art) prioritairement utiles aux opérateurs. Une approche trop "institutionnelle" ou "étatique" de cette question risquerait de créer des inerties préjudiciables à l'avancée de cette question.

Beaucoup d'obstacles et de problèmes majeurs concernant cette question de la normalisation doivent être levés et des attitudes de pensée des codificateurs de la production du bâtiment doivent être clarifiées. On peut ici les resituer :

- la dévalorisation ou l'ignorance du matériau terre qui n'apparaît pas dans les textes ;
- la construction en terre est jugée "connue" et relève de l'évidence, il n'est pas utile de la normaliser ;
- des exigences trop poussées sont réclamées qui risquent de faire obstacle aux développements de la technologie ;
- d'autres pensent que les codes à établir doivent être assez souples et mettre en avant un caractère didactique, être adaptables en permanence aux réalités des contextes d'application.

Les recherches scientifiques et opérationnelles qui ont été développées de par le vaste monde au cours des dernières décennies (depuis les années 40) ont été associées à une grande activité de publication, dans presque tous les principaux idiomes et fournissent les éléments directement utiles à une approche raisonnée autant que raisonnable et utile de cette question. Plusieurs organismes spécialisés sont aujourd'hui en mesure, en s'appuyant sur ces références issues du travail ancien ou plus récent, de préparer des codifications "intelligentes" et utiles. Parmi les textes de qualité qui existent déjà, on a pu en repérer plusieurs qui méritent d'être cités.

Aux USA, les textes du NBS (National Bureau of Standards) sur la caractérisation de l'adobe, du bloc de terre comprimée et du pisé, publiés en 1941. Plusieurs textes régionaux dans les "Uniform Building Codes", en Californie, au Nouveau Mexique, en Arizona, en Utah, au Colorado, au Nevada et au Texas, publiés au début des années 70.

En Australie, avec la quatrième édition, révisée, du fameux "Build Your House of Earth" de G.F. Middleton (1952), de nouveau diffusée en 1987 sous l'intitulé "Bulletin 5, Earth-Wall Construction", dans une adaptation de L.M. Schneider du National Building Technology Centre de Chastwood, Sydney. Document remarquable dans son approche constructive et architecturale plus que seulement matériaux.

En Allemagne avec les textes des normes DIN qui étaient publiés en 1944 et qui sont restés en vigueur jusqu'en 1971. Les constructeurs allemands réclament aujourd'hui leur remise en circulation et leur adaptation aux nouvelles réalités des pratiques constructives et architecturales.

Au Pérou, avec des normes Intotec publiées entre 1977 et 1978 sur la construction antisismique en adobe.

En Inde avec des normes sur les blocs de terre stabilisés au ciment publiées en 1960 par le Indian Standards Institute de New Delhi.

Dans quelques pays d'Afrique, avec la Côte d'Ivoire par exemple et les spécifications publiées par le LBTP d'Abidjan, en 1980. D'autres textes existent dans d'autres pays du continent africain (Tanzanie, Ghana, Mozambique, Maroc) ainsi que dans d'autres pays du monde (Turquie, Mexique, Brésil) mais qui n'ont pas valeur de codifications officielles. De nouvelles initiatives sont actuellement prises avec l'appui de la Communauté Européenne et du Centre de Développement Industriel, qui devraient déboucher sur la préparation d'un guide de normalisation sur la technologie du bloc de terre comprimée pour plusieurs pays.

En Europe, comme en Allemagne, les rares textes à caractère normatif qui existaient, ont disparu de la situation. Tel est le cas de la France qui dans les années suivant la Seconde Guerre Mondiale, lors de la reconstruction, publiait en 1945 trois textes dans le REEF sur la construction en béton de terre. Ces textes basés sur des expériences du Génie militaire de Versailles dans les territoires africains, précédaient des expérimentations qui étaient réalisées à l'initiative du MRU (Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme), à Ivry, près de Paris (Murs d'essais en pisé stabilisé) puis en milieu rural, en Picardie, près d'Amiens, sous la direction de l'architecte Paul Dufournet (Fermes du Bosquel). Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), récemment créé aux lendemains de la guerre, rendait compte de ces expériences avec la publication d'un cahier n°8, au cours du 2ème trimestre de 1950. Sans constituer une codification, ce cahier du CSTB

apportait des éléments pouvant fonder les bases d'une spécification générale. Il aurait néanmoins fallu un prolongement significatif des expérimentations sur le territoire français pour déboucher sur l'édition de règles de l'art de bâtir en béton de terre. Or ce renouveau de la construction en terre a très vite été avorté au début des années 50 lorsque la France rétablissait son potentiel industriel.

Bien qu'ayant réactualisé la construction en terre dans les années 80 avec l'expérience du projet du "Domaine de la Terre de l'isle d'Abeau" (63 logements construits en blocs de terre, en pisé et en terre-paille) et avec plusieurs autres expériences développées dans le cadre d'actions de coopération (programme Rexcoop au Maroc, p.e.) ou dans les DOM-TOM (Mayotte, p.e.), bien qu'ayant assuré le développement concret de la recherche scientifique et opérationnel, notamment dans le cadre d'une collaboration entre le CRATerre et le CSTB, la France n'a toujours pas édité à ce jour des textes normatifs de référence pour les maîtres d'ouvrage, les maître d'oeuvre et les entrepreneurs. En l'état actuel de cette situation, qui ne gêne pas le développement de projets réalisés dans plusieurs régions du pays (Bretagne, Poitou, Aquitaine, Champagne, Dauphiné, Corse), se sont les textes préparés pour le projet de l'Isle d'Abeau qui constituent les références pour la rédaction des cahiers des charges et des spécifications techniques des projets. Néanmoins, on peut ici reconnaître que sans gêner une réelle forme de renouveau de la construction en terre en France, l'absence de textes normatifs contient l'expansion d'un mouvement.

On doit relever ici une nouvelle initiative européenne, avec la présentation d'un nouveau texte pré-normatif, en Suisse, lors d'un colloque qui s'est tenu à Zürich, en mars 1994. Ce texte a été préparé par la SIA (Société des Ingénieurs et Architectes). Le document intitulé "Regeln zum Bauen mit Lehm, Dokumentation D 0111" est donc le produit d'une initiative professionnelle qui se situe en marge des actions des institutions fédérales chargées du contrôle technique. On peut également penser qu'une telle initiative pourrait être renouvelée, en Allemagne, sous l'instigation de la toute récente association nationale des constructeurs en terre allemands qui vient de se créer.

La situation actuelle marquée par l'émergence d'un mouvement pour le renouveau des architectures de terre dans plusieurs pays d'Europe (Portugal, Espagne, France, Italie, Suisse, Allemagne, Belgique, Angleterre, Tchécoslovaquie, Moldavie), est favorable au développement d'actions coordonnées menées dans le cadre de réseaux de compétences organisant des plateformes ou comités de travail sur les thèmes très porteurs de la recherche, la formation, la documentation, la normalisation, les patrimoines. De telles initiatives, bien préparées et valorisant les motivations autant que les nécessités désormais communes à plusieurs pays, devraient pouvoir retenir l'attention des plus hautes instances européennes pour un soutien institutionnel et financier.

Nous voulons ici souhaiter que de telles collaborations et coordinations pourront être concrétisées dans un proche avenir afin de contribuer à un avancement plus décisif des questions que nous avons abordées et pour une meilleure valorisation utile du potentiel des cultures constructives des architectures de terre, en Europe et par voie d'exemple dans les pays en développement.

Hubert GUILLAUD,  
architecte, enseignant-chercheur,  
Ecole d'Architecture de Grenoble,  
Laboratoire CRATerre-EAG, novembre 1994.

## QUELQUES REPERES BIBLIOGRAPHIQUES

CRATerre : Doat P., Hays A., Houben H., Matuk S., Vitoux F. Construire en terre. Editions Alternatives, Paris, 1979, 1983, 1986, France. Livre : 180 x 255 mm, 287 pages, ill., tab., graph., bibl.

CRATerre : Belmans D., Dayre M., Doat P., Guillaud H., Houben H. ; Groupe pisé : Balas G., Barthoux L., Bourgin J., Buet G., Decousus P., Esclatine D., Landry P., Mégard Ch. ; Pénicaud H. CRATerre, Groupe pisé, Penicaud H., Recommandations pour la conception des bâtiments du quartier en terre de l'Isle d'Abeau. AGRA, Plan Construction, Paris, 1982, France, Rapport : 210 x 297 mm, 191 pages + annexes, ill., tab., graph.

AGRA-CRATerre, Houben, H. et Guillaud, H., avec Dayre, M. et Doat, P., Recherche Terre. Recherche Exploratoire sur le Matériau Terre. Volume 1, Les Voies de la Recherche, 198 p., Volume 2, l'Etat de l'Art de Construire, 453 p., Plan Construction, Janvier 1983

CRATerre, Guillaud, Hubert et Al., CAUE de l'Ain, Singier, Nicole et Al. et Groupe Pisé, l'Architecture de Terre, Bâtiments caractéristiques de la Région Rhône-Alpes, éditions SME Résonances, Lyon, 1983, 176 p. Livre : 210 x 297 mm, ill., graph., bibl.

CRATerre, Houben, H. et Guillaud, H., Earth Construction Primer, UNCHS (Habitat), PGC-HS, CRA et AGCD, Bruxelles, Belgique, décembre 1984, 361 p. : Livre : 210 x 297 mm, ill.

CRATerre - EAG, Guillaud, H., A l'Isle d'Abeau : le Domaine de la Terre, In Monographies de projets, MELATT, Plan-Construction, janvier 1987, 8 p. Et version en langue anglaise, In l'Isle d'Abeau : Le Domaine de la Terre, In Project Monographs, MELATT, Plan-Construction, janvier 1987, 8 p.

CRATerre-EAG : Guillaud, H., Modernité de l'architecture de terre en Afrique, réalisations des années 80, éditions CRATerre, Grenoble, novembre 1988, 100 p. Livre : 238 x 158 mm, ill., graph. Ouvrage financé par le Plan construction dans le cadre du programme REXCOOP.

CRATerre : Guillaud, H. et Houben, H., An international survey of earth construction activities : the future of the know-how, In International Symposium on Self-Help Housing, Melbourne et Sydney, Australie, 11-17 novembre 1987. Communication In, Technical Papers Volume, éditions Ministry of Housing of Victoria State et University of Melbourne, Architecture Department, 1988.

CRATerre : Houben, H. et Guillaud, H., Traité de Construction en Terre, l'Encyclopédie de la Construction en Terre, éditions Parenthèses, Marseille, France, mai 1989, 355 p. Livre : 210 x 297 mm, ill. graph., bibl.

CRATerre-EAG : Guillaud, H., La terre crue : des matériaux, des techniques et des savoir-faire au service de nouvelles applications architecturales, in Encyclopédie du Bâtiment, remise à jour n° 46, éditions Techniques-éditions Eyrolles, Paris, 1990. Cahiers techniques 2135, 16 p., 2135-1, 16 p., 2135-2, 16 p. et 2135-3, 18 p.

ICCROM/CRATerre-EAG, Alva, A., Doat, P., Guillaud, H., Houben, H., Joffroy, Th., Odul, P., Teutonico, J.M., Trappeniers, M., CRATerre-EAG/ICCROM Long Term-Plan for the préservation of the earthen architectural heritage : the GAIA Project, in 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture, Getty Conservation Institute, Marina del Reys, New Mexico, USA, octobre 1990. Actes de la Conférence, communication.

Guillaud, H., Les conditions essentielles à la réhabilitation d'une modernité des architectures en terre, In, Seminario : Un approccio multi disciplinare alla terra cruda e le metodologie per il recupero, Università Degli Studi di Cagliari, Facoltà di Ingegneria, Laboratorio Larterra, ICCROM/CRATerre-EAG/Progetto GAIA, Oristano, Sardaigne, Italie, 17-18 octobre 1991, 21 p. Communication.

Guillaud, H., La terre crue, des matériaux, des techniques et des savoir-faire au service de nouvelles applications architecturales, article, in Architettura in Terra Tipologia Tecnologia Progetto, a cura di Antonelle Sanna, pp. 93-121. Ed. CUEC Editrice, Cagliari, Italie, 175 p. Actes de Colloque, Livre : 220 x 220 mm., ill., graph., tab.

CRATerre-EAG et NCMM Nigeria, Guillaud, H., Joffroy, Th., Ogunsusi, V., Une Commission Nationale des Musées et Monuments, Fer de lance d'une utilisation actualisée de l'architecture de terre, communication, pp. 628-633, in, 7 a Conferência Internacional Sobre O Estudo e Conservação de Terra, TERRA 93, Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais, DGEMN, du Portugal, ICCROM/CRATerre-EAG/Projet GAIA, Silves, Portugal, octobre 1993, 659 p. Actes du Colloque, Livre : 210 x 297 mm, ill., graph., bibl.

